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

(11) **EP 3 091 176 A1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
09.11.2016 Patentblatt 2016/45

(51) Int Cl.:
F01C 1/22 *(2006.01)* ***F01C 20/04*** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **16161942.4**

(22) Anmeldetag: **23.03.2016**

(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 Erstreckungsstaaten:
BA ME
Benannte Validierungsstaaten:
MA MD

(30) Priorität: **26.03.2015 DE 102015205533**

(71) Anmelder: **RWE Deutschland AG**
45128 Essen (DE)

(72) Erfinder:
- **SCHAARSCHMIDT, Gunnar**
  45770 Marl (DE)
- **LENTH, Burkhard**
  44575 Castrop-Rauxel (DE)

(74) Vertreter: **Kierdorf Ritschel Richly**
Patentanwälte PartG mbB
Sattlerweg 14
51429 Bergisch Gladbach (DE)

(54) **VERFAHREN ZUR REGELUNG DES GASDRUCKS IN EINEM GASLEITUNGSNETZ, GAS-DRUCKREGELSTATIONE SOWIE ROTATIONSKOLBENMASCHINE**

(57) Verfahren zur Regelung des Gasdrucks in einem Gasleitungsnetz, wobei das Verfahren eine Anpassung des Gasdrucks von einem ersten auf einen zweiten Gasdruck durch Entspannung des Gases und/oder eine Anpassung des Gasdrucks von dem zweiten auf den ersten Gasdruck durch Verdichtung des Gases umfasst, wobei das Verfahren unter Verwendung einer Rotationsströmungsmaschine durchgeführt wird, über welche die Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck ausgeglichen wird, wobei die Rotationsströmungsmaschine bidirektional mit dem Gas durchströmbar ist und wahlweise zwecks Verdichtung des Gases als Arbeitsmaschine oder zwecks Entspannung des Gases als Kraftmaschine betrieben wird.

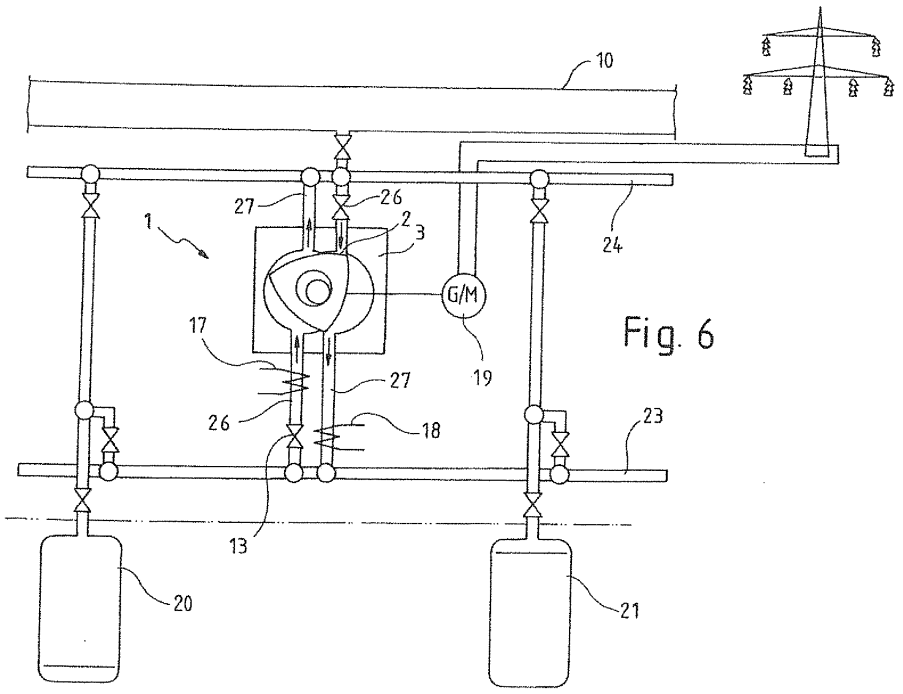


Fig. 6

EP 3 091 176 A1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Gasdrucks in einem Gasleitungsnetz oder in eine Gasspeicheranordnung, wobei das Verfahren eine Anpassung des Gasdrucks von einem ersten auf einen zweiten Gasdruck durch Entspannung des Gases und oder eine Anpassung des Gasdrucks von dem zweiten auf den ersten Gasdruck durch Verdichtung des Gases umfasst.

[0002] Die Erfindung betrifft weiterhin eine Gas-Druckregelstation in einem Gasleitungsnetz oder in einer Gasspeicheranordnung. Die Erfindung betrifft auch eine Rotationskolbenmaschine.

[0003] Heutige Gastransport- und Gasverteilnetze sowie Gasspeicher nutzen Turbo- oder Kolbenmaschinen, um unter Zuführung von externer Energie Gas zum Transport oder zur Speicherung auf ein höheres Druckniveau zu verdichten. Eine Verdichtung des Gases ist beispielsweise zur Aufrechterhaltung eines Transportdruckgefälles, zur Einspeicherung in Gasspeicher oder zur Rückverdichtung von Gas, welches aus einem Gasverteilnetz in ein Gastransportnetz zurück gespeist wird, erforderlich.

[0004] Häufig ist auch eine Entspannung von Gas von einem höheren Druckniveau auf ein niedrigeres Druckniveau erforderlich.

[0005] Eine Entspannung des Gases erfolgt in der Regel bei der Entnahme von Gas aus einem Gastransportnetz oder aus einem Gasspeicher in ein Gasverteilnetz.

[0006] In Gastransportnetzen herrschen Drücke bis zu 70 bar Überdruck vor, wohingegen in Gasverteilnetzen Drücke von etwa 17 bar bis zu 1 bar Überdruck vorherrschen.

[0007] Bislang wurde bei der Entspannung von Gas beispielsweise in sogenannten GDRM Anlagen (Gas-Druckregel und Messanlagen) das vorhandene Druckgefälle nicht zur Energieerzeugung genutzt, vielmehr muss der Entspannung des Gases eine Gasvorwärmung vorgeschaltet sein, zu deren Betrieb Energie aufgewendet werden muss.

[0008] Es sind diverse Ansätze bekannt, das in einem Gasnetz vorhandene Druckgefälle bei der Entspannung des Gases in elektrische Energie umzuwandeln, beispielsweise unter Verwendung von Expandern, die einen Generator treiben und so elektrische Energie in ein Stromnetz einspeisen.

[0009] Der Entnahme und Entspannung von Gas aus einem Gasleitungsnetz mit einem ersten hohen Druckniveau in ein zweites Gasleitungsnetz mit einem geringeren Druckniveau sowie die Rückspeisung von Gas aus einem Gasleitungsnetz mit einem geringen Druckniveau in ein Gasleitungsnetz mit einem höheren Druckniveau erfolgt in der Regel über verschiedene Leitungsstränge, in denen jeweils Expander oder Entspannungsventile sowie Einrichtungen zur Gasvorwärmung und Verdichter sowie Einrichtungen zur Gaskühlung vorgesehen sind. Aufgrund einer zunehmenden Einspeisung von aufbereitetem Biogas in Gasverteilnetze ist immer häufiger eine Rückspeisung von Gas aus Gasverteilnetzen in Gastransportnetze erforderlich.

[0010] Immer häufiger ist auch ein bidirektionaler Betrieb von Gastransportleitungen in Gastransportnetzen wünschenswert.

[0011] Solche Anforderungen werden bislang jeweils mit getrennten Strängen bzw. getrennten Gasleitungen für verschiedene Gastransportrichtungen erfüllt.

[0012] Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art bereitzustellen welches eine besonders einfache bidirektionale Förderung von Gas unter Druckerhöhung oder Druckminderung ermöglicht.

[0013] Der Erfindung liegt weiterhin die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zur Regelung des Gasdrucks in einem Gasleitungsnetz bereitzustellen, insbesondere eine Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens bereitzustellen.

[0014] Die Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1, vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

[0015] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst mit den Merkmalen der nebengeordneten Vorrichtungsansprüche.

[0016] Ein Gesichtspunkt der Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung des Gasdrucks in einem Gasleitungsnetz oder in eine Gasspeicheranordnung, wobei das Verfahren eine Anpassung des Gasdrucks an einem ersten auf einen zweiten Gasdruck durch Entspannung des Gases und oder eine Anpassung des Gasdrucks von dem zweiten auf den ersten Gasdruck durch Verdichtung des Gases umfasst, wobei das Verfahren unter Verwendung einer Rotationsströmungsmaschine durchgeführt wird, über welche die Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck ausgeglichen wird, wobei die Rotationsströmungsmaschine bidirektional mit dem Gas durchströmbar ist und wahlweise zwecks Verdichtung des Gases als Arbeitsmaschine oder zwecks Entspannung des Gases als Kraftmaschine betrieben wird.

[0017] Der Erfindung liegt der Gedanke zugrunde, eine bidirektionale Förderung von Gas in einer Gasleitung oder zwischen verschiedenen Gasleitungsnetzen oder zwischen einem Gasleitungsnetz und einem Gasspeichervolumen oder zwischen verschiedenen Gasspeichervolumina mit einem Minimum an Leitungssträngen zu bewerkstelligen, wobei dies insbesondere durch die Verwendung wenigstens einer Strömungsmaschine erfolgt, die wahlweise als Kraftmaschine oder als Arbeitsmaschine betreibbar ist und die in zwei verschiedenen Richtungen gasdurchströmbar ist.

[0018] Der Begriff Rotationsströmungsmaschine im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst auch und insbesondere sogenannte Verdrängermaschinen.

[0019] Unter einem Gas im Sinne der Erfindung ist insbesondere Erdgas, insbesondere Methan zu verstehen. Der Begriff Erdgas im Sinne der vorliegenden Erfindung umfasst auch aufbereitetes Biogas mit einem entsprechend hohen Anteil an Methan, mit Wasserstoff angerei-

chertes Methangas oder synthetisch hergestelltes Erdgas.

[0020] Ein Gasleitungsnetz im Sinne der vorliegenden Erfindung kann beispielsweise ein Gastransportnetz oder ein Gasverteilnetz sein.

[0021] Ein Gasspeichervolumen einer Gasspeicheranordnung im Sinne der Erfindung kann beispielsweise eine Gaskaverne oder ein Druckbehälter oder eine Gasleitung sein.

[0022] Bei einer bevorzugten Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass als Rotationsströmungsmaschine eine Rotationskolbenmaschine Anwendung findet, die wahlweise als Verdichter oder als Expander betrieben wird.

[0023] Eine solche Rotationskolbenmaschine kann beispielsweise einen oder mehrere exzentrisch rotierende Kreiskolben/Rotationskolben in einem entsprechend geformten, feststehenden Gehäuse aufweisen. Der rotierende Kolben verdichtet und entspannt Gasvolumina bei jeder Umdrehung, sodass sich bei geeigneter Wahl der Einlass- und Auslassöffnungen ein Volumenstrom von der Niederdruckseite zu der Hochdruckseite unter Aufnahme von Energie und von der Hochdruckseite zu der Niederdruckseite unter Abgabe von Energie ergibt.

[0024] Eine Rotationskolbenmaschine im Sinne der vorliegenden Erfindung zeichnet sich insbesondere dadurch aus, dass eine Umkehr der Förderrichtung ohne Drehrichtungsumkehr der Maschine möglich ist.

[0025] Unter Verwendung einer solchen Rotationskolbenmaschine ist es möglich, eine bidirektionale Förderung von Gas in einem vorhandenen Gasleitungsnetz zu bewerkstelligen.

[0026] Nach einer Variante des Verfahrens ist vorgesehen, dass ausschließlich die Anpassung des Gasdrucks im Sinne einer Verdichtung erfolgt, wobei eine Verdichtung des Gases sowohl in einer ersten Förderrichtung des Gases von einem ersten Gasleitungsabschnitt in einen zweiten Gasleitungsabschnitt eines Gasleitungsnetzes als auch in eine zweite Förderrichtung von dem zweiten Gasleitungsabschnitt in den ersten Gasleitungsabschnitt des Gasleitungsnetzes erfolgt. Diese Variante des Verfahrens trägt dem Wunsch Rechnung, mit möglichst einfachen Mitteln innerhalb des Gasleitungsnetzes, beispielsweise in einer Gastransportleitung, eine Transportrichtungsumkehr zu bewerkstelligen.

[0027] Bei einer anderen Variante des Verfahrens kann vorgesehen sein, dass die Anpassung des Gasdrucks durch Entspannung von Gas erfolgt, das einem ersten Gasleitungsnetz entnommen wird und in ein zweites Gasleitungsnetz eingespeist wird oder dass die Anpassung des Gasdrucks durch Rückverdichtung von Gas erfolgt, das dem zweiten Gasleitungsnetz entnommen wird und dass in das erste Gasleitungsnetz zurück gespeist wird.

[0028] Beispielsweise kann vorgesehen sein, dass das erste Gasleitungsnetz ein Gastransportnetz mit einem ersten höheren Gasdruck ist und dass das zweite Gasnetz ein Gasverteilnetz mit einem zweiten niedrigeren Gasdruck ist.

[0029] Eine andere Variante des Verfahrens umfasst das Umschlagen von Gas von wenigstens einem ersten Gasspeichervolumen in wenigstens ein zweites Gasspeichervolumen unter Ausnutzung eines Druckgefälles zwischen den Speichervolumina unter Verwendung der Rotationsströmungsmaschine als Kraftmaschine sowie das Umschlagen des Gases von wenigstens einem ersten Gasspeichervolumen in ein zweites Gasspeichervolumen unter erzeugen eines Druckgefälles unter Verwendung der Rotationsströmungsmaschine als Arbeitsmaschine.

[0030] Das Umschlagen von Gas von dem ersten Gasspeichervolumen in das zweite Gasspeichervolumen unter Ausnutzung des Druckgefälles zwischen den Gasspeichervolumina kann beispielsweise unter Verwendung eines Generators erfolgen, der von der Rotationsströmungsmaschine angetrieben wird und elektrischen Strom in ein Stromnetz einspeist.

[0031] Das Umschlagen von Gas von dem ersten Gasspeichervolumen in das zweite Gasspeichervolumen erfolgt vorzugsweise in Abhängigkeit eines tageszeitlich schwankenden Strombedarfs im Stromnetz. Die Erzeugung eines Druckgefälles kann beispielsweise bei einem Überangebot von Strom im Stromnetz vorgesehen sein, wohingegen die Ausnutzung eines Druckgefälles bei einer hohen Netzlast im Stromnetz vorgesehen sein kann.

[0032] Das zuvor beschriebene Verfahren kann darüber hinaus zusätzlich ein Einspeichern von Gas aus einem Gastransportnetz in wenigstens ein Gasspeichervolumen in Abhängigkeit eines jahreszeitlich bedingten Gasbedarfs und/oder ein Ausspeichern von Gas aus wenigstens einem Gasspeichervolumen in das Gastransportnetz in Abhängigkeit eines jahreszeitlich bedingten Gasbedarfs umfassen.

[0033] Die Gasspeichervolumina können beispielsweise mit einem Mindestfülldruck von 10 bar, vorzugsweise von 30-50 bar und/oder einem Maximalfülldruck von 200bar, vorzugsweise von 200 bis zu 220 bar betrieben werden.

[0034] Bei einer vorteilhaften Variante des Verfahrens gemäß der Erfindung kann vorgesehen sein, dass eine Verdichtung des Gases und/oder eine Entspannung des Gases jeweils mehrstufig erfolgt.

[0035] Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung ist eine Gas-Druckregelstation in einem Gasleitungsnetz vorgesehen, mit wenigsten einer Rotationsströmungsmaschine in Form einer Rotationskolbenmaschine, die mit einem ersten Leitungsverteiler an einen ersten Gasleitungsabschnitt mit einem ersten Gasdruck und mit einem zweiten Leitungsverteiler an einen zweiten Gasleitungsabschnitt mit einem zweiten Gasdruck angeschlossen ist, wobei die Rotationskolbenmaschine eine Einlassventilanordnung und eine Auslassventilanordnung umfasst und in den ersten und zweiten Leitungsverteilern wenigstens erste und zweite Steuerventile vorgesehen sind, wobei die Steuerventile über eine Steuereinrichtung betätigbar sind und diese so schaltbar sind,

dass die Rotationskolbenmaschine wahlweise unter Entspannung des Gases als Kraftmaschine oder unter Verdichtung des Gases als Arbeitsmaschine betreibbar ist.

[0036] Die Konfiguration der Rotationsströmungsmaschine ist von der Konstruktion des Wankelmotors inspiriert, jedoch ohne Zündung und Verbrennung. Mit jeder Umdrehung eines Rotationskolbens wird ein Verdichtungstakt und ein Entspannungstakt erzeugt, sodass es auf diese Art und Weise ohne Drehrichtungsumkehr der Maschine möglich ist, in zwei verschiedene Richtungen eines Gasleitungsnetzes oder zwischen mehreren Gasleitungsnetzen oder mehreren Gasspeichervolumina Gas zu fördern, und zwar mit einem Druckgefälle und gegen ein Druckgefälle.

[0037] Zweckmäßigerweise umfasst die Rotationskolbenmaschine eine Kolbenwelle, die mit dem Rotor einer elektrischen Maschine gekoppelt ist, wobei die elektrische Maschine sowohl als Elektromotor als auch als Generator betreibbar ist.

[0038] Die elektrische Maschine kann beispielsweise als Asynchronmaschine ausgebildet sein.

[0039] Die Rotationskolbenmaschine gemäß der Erfindung kann mehrere Verdichtungsstufen und mehrerer Entspannungsstufen umfassen, die vorzugsweise auf eine einzige Kolbenwelle wirken.

[0040] Bei einer zweckmäßigen Variante der Gas-Druckregelstation gemäß der Erfindung ist vorgesehen, dass die Rotationskolbenmaschine mindestens einen feststehenden Kolbenraum mit einer trochoidenförmigen Hüllkurve sowie wenigstens ein Rotationskolben mit einer exzentrisch gelagerten Kolbenwelle umfasst.

[0041] Nach einem weiteren Gesichtspunkt der Erfindung ist eine Rotationskolbenmaschine vorgesehen, mit einem feststehenden Kolbenraum, mit einer trochoidenförmigen Hüllkurve sowie mit einem Rotationskolben, der auf einer exzentrisch gelagerten Kolbenwelle angeordnet ist, mit zwei Einströmkanälen und zwei Ausströmkanälen, mit einer Einlassventilanordnung und einer Auslassventilanordnung, wobei die Einströmkanäle und die Ausströmkanäle jeweils beiderseits des Kolbenraums an diesen angeschlossen sind und die Einlassventilanordnung sowie die Auslassventilanordnung so ausgebildet sind, dass der Kolbenraum bidirektional gasdurchströmbar ist. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Einströmkanäle und die Ausströmkanäle bezüglich des Kolbenraums symmetrisch angeordnet sind. Auf einer Seite der Rotationskolbenmaschine kann jeweils ein Einströmkanal und ein Ausströmkanal an eine Hochdruckgasleitung angeschlossen sein, wohingegen auf der anderen Seite der Rotationskolbenmaschine ein Einströmkanal und ein Ausströmkanal an eine Niederdruckgasleitung angeschlossen ist.

[0042] Die Erfindung wird nachstehend anhand mehrerer in den Zeichnungen dargestellte Ausführungsbeispiel erläutert.

[0043] Es zeigen:

Figur 1 eine schematische Darstellung der Rotationskolbenmaschine bei Verdichterbetrieb,

Figur 2 eine schematische Darstellung der Rotationskolbenmaschine gemäß Figur 1 bei Expanderbetrieb,

Figur 3 eine schematische Darstellung einer Rotationskolbenmaschine zwischen einer Hochdruckgasleitung und einer Niederdruckgasleitung mit einer Einlassventilanordnung und einer Auslassventilanordnung,

Figur 4 eine schematische Darstellung einer Rotationskolbenmaschine in einer Anlage eines Gastransportnetzes,

Figur 5 eine schematische Darstellung einer Gas-Druckregelstation zwischen einem Gastransportnetz und einem Gasverteilnetz,

Figur 6 eine schematische Darstellung einer Anordnung einer Rotationskolbenmaschine zwischen einem Gastransportnetz und mehreren Gasspeichervolumina und

Figur 7 eine Parallelschaltung verschiedener Verdichterstufen und Expanderstufen zwischen einer Hochdruckgasleitung und einer Niederdruckgasleitung.

[0044] In den Figuren 1 und 2 ist schematisch das Funktionsprinzip einer Rotationskolbenmaschine 1 gemäß der Erfindung veranschaulicht, wobei jede der Darstellungen eine andere Winkelstellung eines Rotationskolbens 2 in einem Kolbengehäuse 3 zeigt.

[0045] Die Rotationskolbenmaschine 1 umfasst in bekannter Art und Weise einen dreieckigen Rotationskolben 2, der innerhalb des Kolbengehäuses 3, welches einen Kolbenraum umschließt, der eine trochoidenförmige Hüllkurve für den Rotationskolben 3 definiert, drehbar gelagert ist, und zwar um ein feststehendes Zahnrad 4.

[0046] Der Rotationskolben 2 ist Teil einer nicht dargestellten Exzenterwelle. Der Rotationskolben 2 umfasst drei Dichtkanten 5, die gegen die Wände des Kolbengehäuses 3 innenseitig dichtend anliegen und die jeweils Volumina V1, V2 und V3 für das Arbeitsmedium definieren.

[0047] Ein vollständiger Arbeitszyklus der Rotationskolbenmaschine 1 umfasst eine 360°-Drehung des Rotationskolbens 2 im Uhrzeigersinn, wobei dabei sowohl eine Verdichtung des Arbeitsmediums als auch eine Entspannung des Arbeitsmediums in den unterschiedlichen Volumina V1, V2, V3 stattfindet.

[0048] Die Rotationskolbenmaschine 1 gemäß der Erfindung umfasst zwei Einströmkanäle 6a, 6b sowie zwei Ausströmkanäle 7a, 7b sowie eine Einlassventilanordnung umfassend die Einlassventile 8a und 8b und eine Auslassventilanordnung umfassend die Auslassventile

9a und 9b.

[0049] Aus Gründen der Veranschaulichung ist in den Figuren 1 und 2 jeweils der Verdichterbetrieb und der Expanderbetrieb getrennt dargestellt. Wie bereits vorstehend erwähnt, umfasst ein Arbeitszyklus sowohl eine Verdichtung als auch eine Entspannung. Dementsprechend sind die Darstellungen in Figuren 1 und 2 hinsichtlich der Einströmkanäle 6a, 6b, der Ausströmkanäle 7a, 7b sowie der Einlassventilanordnung 8 und der Auslassventilanordnung 9 vereinfacht.

[0050] Der Arbeitszyklus ist jeweils anhand verschiedener Winkelstellungen des Rotationskolbens 2 veranschaulicht, die verschiedenen Winkelstellungen sind jeweils im Uhrzeigersinn aufeinanderfolgend dargestellt.

[0051] Betrachtet wird zum Zweck der Veranschaulichung zunächst das Volumen V3 als Funktion der Zykluszeit, beginnend in der untersten Darstellung der Figur 1, bei dem das Arbeitsmedium in das Kolbengehäuse 3 einströmt. Eine weitere Drehung des Rotationskolbens 2 im Uhrzeigersinn bewirkt eine Verdichtung des Volumens V3, solange bis dieses gegen den Schließdruck des Auslassventils 9b über den Ausströmkanal 7 abgefördert wird.

[0052] Zur Veranschaulichung des Expanderbetriebs wird Bezug genommen auf die Figur 2, und zwar dort auf das Volumen V1 in der rechten Abbildung der Figur 2. Das Arbeitsmedium strömt zunächst in der verhältnismäßig kleine Volumen V1 des Kolbengehäuses 3 ein, und zwar unter verhältnismäßig hohem Druck durch den Einströmkanal 6b bis der Rotationskolben 2 die in Figur 2 oben dargestellte Winkelstellung eingenommen hat, in der das Arbeitsmedium durch den Ausströmkanal 7b das Kolbengehäuse 3 verlässt.

[0053] In Figur 3 ist der vollständige prinzipielle Aufbau einer Rotationskolbenmaschine 1 gemäß der Erfindung zwischen einer Hochdruckgasleitung 10 und einer Niederdruckgasleitung 11 veranschaulicht. Die Hochdruckgasleitung 10 kann beispielsweise Teil eines Gastransportnetzes sein, wohingegen die Niederdruckgasleitung 11 Teil eines Gasverteilnetzes sein kann.

[0054] Sowohl die Hochdruckgasleitung 10 als auch die Niederdruckgasleitung 11 sind über einen Leitungsverteiler 10a und 11a an das Kolbengehäuse 3 angeschlossen. Der Leitungsverteiler 10a verbindet die Hochdruckgasleitung 10 hochdruckseitig mit dem Ausströmkanal 7b und dem Einströmkanal 6b, der Leitungsverteiler 11a verbindet die Niederdruckgasleitung 11 auf der Niederdruckseite mit dem Einströmkanal 6a und dem Ausströmkanal 7a. Dem Einstromkanal 6a ist ein Einlassventil 8a zugeordnet, dem Ausströmkanal 7a ist ein Auslassventil 9a zugeordnet.

[0055] Auf der Hochdruckseite ist dem Ausströmkanal 7b ein Auslassventil 9b zugeordnet und dem Einströmkanal 6b ein Einlassventil 8b.

[0056] Der Leitungsverteiler 10a umfasst einen Leitungsabzweig, der an den Einströmkanal 6b angeschlossen ist und einen Leitungsabzweig, der an den Ausströmkanal 7b angeschlossen ist.

[0057] Der Leitungsverteiler 11a umfasst ebenfalls einen Leitungsabzweig, der an den Einströmkanal 6a angeschlossen ist und einen weiteren Leitungsabzweig, der an den Ausströmkanal 7a angeschlossen ist.

[0058] Auf der Hochdruckseite umfasst jeder Leitungsabzweig des Leitungsverteilers 10a einen Wärmetauscher 12, mit welchem entweder eine Kühlung oder eine Heizung des Arbeitsmediums, im vorliegenden Falle Erdgas, durchführbar ist.

[0059] Auf der Hochdruckseite ist darüber hinaus in dem Leitungsverteiler 10a ein Entspannungsventil13 vorgesehen, dass in dem Leitungsabzweig angeordnet ist, der in den Einströmkanal 6b führt.

[0060] Auf der Niederdruckseite ist in demjenigen Leitungsabzweig des Leitungsverteilers 11a, der an den Einströmkanal 6a angeschlossen ist, ein Verdichterventil 14 vorgesehen.

[0061] Die Ventile der Einlassventilanordnung 8a, 8b und die Ventile der Auslassventilanordnung 9a, 9b öffnen jeweils in Richtung der in Figur 3 eingezeichneten Pfeile. Die Ventile sind beispielsweise federdruckbelastet und werden mittels Federdruck in der geschlossenen Stellung gehalten.

Bei Entspannung des Arbeitsmediums aus der Hochdruckgasleitung 10 in die Niederdruckgasleitung 11 wird beispielsweise das Entspannungsventil 13 geöffnet. Mittels des in Strömungsrichtung hinter dem Entspannungsventil 13 angeordneten Wärmetauschers 12 wird eine Gasvorwärmung vorgenommen. Das Gas strömt in das Kolbengehäuse 3 ein und versetzt den Rotationskolben 2 in Drehung. Der Rotationskolben 2 ist mit einer Generatorwelle gekoppelt, der angeschlossene Generator erzeugt elektrischen Strom, der in ein Stromnetz eingespeist wird.

[0062] Das Gas tritt aus dem Ausströmkanal 7a aus, dabei ist das Verdichterventil 14 geschlossen.

[0063] Ist eine Verdichtung des Gases aus der Niederdruckgasleitung 11 in Richtung auf die Hochdruckgasleitung 10 erforderlich, so wird das Verdichterventil 14 geöffnet und das Entspannungsventil 13 geschlossen. Das Gas wird innerhalb des Kolbengehäuses 3 verdichtet und über den Ausströmkanal 7b in die Hochdruckgasleitung 10 eingespeist, wobei sowohl bei Verdichtung als auch bei Entspannung der Rotationskolben 2 den gleichen Drehrichtungssinn vollzieht. Bei dem Wärmetauscher 12 in dem an den Ausströmkanal 7b angeschlossenen Leitungsabzweig erfolgt eine Kühlung des verdichteten Gases. In diesem Fall wird der Rotationskolben 2 von einer elektrischen Maschine angetrieben, die als Generator wirkt.

[0064] Die elektrische Maschine kann beispielsweise als Asynchronmotor beziehungsweise Asynchrongenerator ausgebildet sein. Eine solche Maschine lässt sich ohne weiteres sowohl als Motor als auch als Generator betreiben.

[0065] Das in Figur 3 gezeigte Funktionsprinzip gilt für verschiedene andere Varianten des Verfahrens gemäß der Erfindung, die anhand der folgenden Figuren 4 bis 6

veranschaulicht werden.

[0066] Wie anhand der Verschaltung der Rotationskolbenmaschine 1 gemäß Figur 3 ohne weiteres erkennbar ist, lässt sich die Rotationskolbenmaschine 1 ohne weiteres durch eine entsprechende Ventilsteuerung bei gleicher Drehrichtung nicht nur wechselweise als Expander und Verdichter betreiben, sondern kann auch in verschiedene Richtungen als Verdichter betrieben werden.

[0067] Die Figur 4, in der gleiche Bauteile mit gleichen Bezugszeichen versehen sind, veranschaulicht die Anordnung einer Rotationskolbenmaschine 1 gemäß der Erfindung in einer Anbindungsleitung 15 einer Gastransportleitung 16. In der Anbindungsleitung 15 sind jeweils Leitungsverteiler 10a und 11a angeordnet, die jeweils ein Verdichterventil 14 umfassen. Über eine entsprechende Schaltung der Verdichterventile 14 lässt sich ein bidirektionaler Verdichterbetrieb in der Gastransportleitung 16 bewerkstelligen.

[0068] Mit 28 ist in Figur 4 ein Bypassventil bezeichnet, dass geöffnet werden kann, wenn die Rotationskolbenmaschine 3 ausfällt. Das Bypassventil 28 ist bei jeder Betriebsweise der Rotationskolbenmaschine 3 geschlossen. Die Einlassventilanordnung und die Auslassventilanordnung ist aus Vereinfachungsgründen in Figur 4 nicht dargestellt.

[0069] Über die Wärmetauscher 12 in der Anbindungsleitung 15 würde dann jeweils eine Gaskühlung auf der einen oder anderen Seite der Rotationskolbenmaschine 1 erfolgen.

[0070] Figur 5 veranschaulicht, ebenso wie die Figur 4, den Anwendungsfall einer bidirektional betreibbaren Gas-Druckregelstation zwischen einem Gastransportnetz mit einer Hochdruckgasleitung 10 und einem Gasverteilnetz mit einer Niederdruckgasleitung 11.

[0071] Gleiche Bauteile sind wiederum mit gleichen Bezugszeichen versehen, wobei in der Darstellung gemäß Figur 5 aus Vereinfachungsgründung die Einlassventilanordnung und die Auslassventilanordnung nicht dargestellt ist.

[0072] Die Gas-Druckregelstation, die in Figur 5 dargestellt ist, umfasst auf der Hochdruckseite eine Gasvorwärmung 17 und eine Gaskühlung 18 sowie ein Entspannungsventil 13. Auf der Niederdruckseite ist ein Verdichterventil 14 vorgesehen. Eine elektrische Maschine 19, die sowohl als Generator als auch als Motor betreibbar ist, ist nur andeutungsweise dargestellt.

[0073] Eine Entnahme von Gas aus dem Gastransportnetz, das heißt aus der Hochdruckgasleitung 10 und einer Einspeisung von entspanntem Gas in das Gasverteilnetz, das heißt in die Niederdruckgasleitung 11, stellt den Normalbetrieb der Gas-Druckregelstation dar. Dabei arbeitet die elektrische Maschine 19 als Generator. Sofern eine Gasrückspeisung aus der Niederdruckgasleitung 11 in die Hochdruckgasleitung 10 erforderlich und sinnvoll ist, erfolgt die über eine Umsteuerung der Rotationskolbenmaschine 1 in der zuvor beschriebenen Art und Weise. Dann arbeitet die elektrische Maschine als Motor.

[0074] Figur 6 veranschaulicht das Verfahren gemäß der Erfindung, bei welcher ein Umschlagen von Gas von wenigstens einem ersten Gasspeichervolumen 20 in ein zweites Gasspeichervolumen 21 vorgesehen ist, und zwar unter Ausnutzung des Druckgefälles zwischen den Speichervolumina 20, 21. Das erste und das zweite Gasspeichervolumen 20, 21 können beispielsweise als Kavernen ausgebildet sein, die über eine erste Sammelleitung 23 miteinander verbunden sind. An die erste Sammelleitung 23 ist eine Gasdruckregeleinrichtung, wie sie beispielsweise in Figur 5 dargestellt ist, angeschlossen. Diese Gasdruckregeleinrichtung verbindet die erste Sammelleitung 23 mit einer zweiten Sammelleitung 24, die wiederum an ein Gastransportnetz mit einer Hochdruckgasleitung 10 angeschlossen ist.

[0075] Die Hochdruckgasleitung 10 kann, wie in den zuvor beschriebenen Fällen, ebenfalls als Brenngastransportleitung aus einem Gastransportnetz zum Transport von Methan mit beispielsweise einem Überdruck von etwa 70 bar vorgesehen sein.

[0076] In den Gasspeichervolumina 20, 21 wird beispielsweise zur Sommerzeit Brenngas beziehungsweise Heizgas eingelagert. Während der Heizperiode im Winter werden die Gasspeichervolumina 20, 21 entleert, wobei das zwischengespeicherte Methan über das Entspannungsventil 13 freigegeben, mittels der Gasvorwärmung 17 vorgewärmt und in der Rotationskolbenmaschine 3 entspannt wird und in das Gastransportnetz beziehungsweise in die Hochdruckgasleitung 10 zurückgespeist wird.

[0077] In den Gasspeichervolumina 20, 21 herrscht ein Überdruck von bis zu etwa 200 bar vor, sodass die kinetische Energie bei der Entnahme aus den Gasspeichervolumina 20, 21 und der Rückführung des Gases in die Hochdruckgasleitung 10 mittels der Rotationskolbenmaschine 1 und der elektrischen Maschine 19 in elektrischen Strom umgesetzt werden kann.

[0078] Außerhalb der Heizperiode wird kontinuierlich aus der Hochdruckgasleitung 10 Gas entnommen und über die zweite Sammelleitung 24 der Rotationskolbenmaschine 1 zugeführt, die dann als Verdichter betrieben wird. Die Rotationskolbenmaschine 1 verdichtet das Gas auf einen Speicherdruck zwischen 70 bar und etwa 200 bar, wobei dabei eine Kühlung mittels der Gaskühlung 18 vorgesehen ist. Die Gasspeichervolumina 20, 21 werden dabei vorzugsweise parallel mit dem aus der Hochdruckleitung 10 entnommenen Gas beschickt.

[0079] Dabei kann vorgesehen sein, dass das erste Gasspeichervolumen 20 und das zweite Gasspeichervolumen 21 beispielsweise nur halb mit Gas befüllt werden, wobei dann der Fülldruck beispielsweise in jedem der Gasspeichervolumina 20, 21 etwa 135 bar betragen kann. Die Druckdifferenz zwischen den Gasspeichervolumina 20, 21 betrüge dann 0.

[0080] Zu Schwachlastzeiten in einem Stromnetz kann nun beispielsweise mittels der Rotationskolbenmaschine 1 Gas aus dem ersten Gasspeichervolumen 20 in das zweite Gasspeichervolumen 21 umgeschlagen werden,

solange, bis beispielsweise der in Figur 6 veranschaulichte Zustand erreicht ist und das erste Gasspeichervolumen 20 ein Druckniveau von 70 bar aufweist und das zweite Gasspeichervolumen 21 ein Druckniveau von 200 bar aufweist. Ist dieser Zustand erreicht, kann das in dem zweiten Gasspeichervolumen 21 vorhandene Gas von dem Druckniveau von 200 bar zurück auf das Druckniveau von 135 bar entspannt werden, und zwar unter Ausnutzung des Druckgefälles zwischen dem zweiten Gasspeichervolumen 21 und dem ersten Gasspeichervolumen 20. Das Verdichten des Gases erfolgt unter Aufwendung elektrischer Energie, die Entspannung unter Einspeisung von elektrischer Energie in das Stromnetz.

[0081] Bei der in Figur 6 gezeigten Anordnung ist es besonders vorteilhaft, dass die zwischen der ersten und der zweiten Sammelleitung 23, 24 angeordnete Gas-Druckregelstation unter Verwendung einer Rotationskolbenmaschine 1 bidirektional betreibbar ist, bei einer vergleichbaren Anordnung wären sonst ein separater Verdichterstrang, ein separater Expanderstrang, ein Generator und ein Motor erforderlich.

[0082] Die Gasspeichervolumina 20, 21 sind jeweils an die erste Sammelleitung 23 und an die zweite Sammelleitung 24 angeschlossen, die Rotationskolbenmaschine 1 ist auf jeder Seite jeweils mit einer Einströmleitung 26 und einer Ausströmleitung 27 an die erste und die zweite Sammelleitung 23, 24 angeschlossen.

[0083] Figur 7 zeigt eine Parallelschaltung verschiedener Rotationskolben 2 und jeweils zugehörige Kolbengehäuse 3 jeweils unterschiedlicher Volumina, die alle auf eine gemeinsame Kolbenwelle wirken, wobei jede Stufe etwa das doppelte Verdrängervolumen der vorhergehenden Stufe aufweist. Die Rotationskolbenmaschine 1 ist so ausgebildet, dass die einzelnen Rotationskolben 2 und deren zugehörige Verdrängervolumina jeweils zwischen einer Hochdruckgasleitung 10 und einer Niederdruckgasleitung 11 einzeln ansteuerbar sind. Dies ermöglicht es, die Druckregelung auf stark variierende Volumenströme zwischen der Hochdruckseite und der Niederdruckseite einzustellen.

Bezugszeichenliste

[0084]

1	Rotationskolbenmaschine
2	Rotationskolben
3	Kolbengehäuse
4	Feststehendes Zahnrad
5	Dichtkanten
6a, 6b	Einströmkanäle
7a, 7b	Ausströmkanäle
8	Einlassventilanordnung
8a, 8b	Einlassventile
9	Auslassventilanordnung
9a, 9b	Auslassventile
10	Hochdruckgasleitung
11	Niederdruckgasleitung
10a, 11a	Leitungsverteiler
12	Wärmetauscher
13	Entspannungsventil
14	Verdichterventil
15	Anbindungsleitung
16	Gastransportleitung
17	Gasvorwärmung
18	Gaskühlung
19	Elektrische Maschine
20	Erstes Gasspeichervolumen
21	Zweites Gasspeichervolumen
23	Erste Sammelleitung
24	Zweite Sammelleitung
26	Einströmleitung
27	Ausströmleitung
28	Bypassventil

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung des Gasdrucks in einem Gasleitungsnetz oder in einer Gasspeicheranordnung, wobei das Verfahren eine Anpassung des Gasdrucks von einem ersten auf einen zweiten Gasdruck durch Entspannung des Gases und/oder eine Anpassung des Gasdrucks von dem zweiten auf den ersten Gasdruck durch Verdichtung des Gases umfasst, wobei das Verfahren unter Verwendung einer Rotationsströmungsmaschine durchgeführt wird, über welche die Druckdifferenz zwischen dem ersten und dem zweiten Druck ausgeglichen wird, wobei die Rotationsströmungsmaschine bidirektional mit dem Gas durchströmbar ist und wahlweise zwecks Verdichtung des Gases als Arbeitsmaschine oder zwecks Entspannung des Gases als Kraftmaschine betrieben wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1 **dadurch gekennzeichnet, dass** als Rotationsströmungsmaschine eine Rotationskolbenmaschine (1) Anwendung findet, die wahlweise als Verdichter oder als Expander betrieben wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, umfassend die Anpassung des Gasdrucks im Sinne einer Verdichtung, wobei eine Verdichtung des Gases sowohl in einer ersten Förderrichtung des Gases von einem ersten Gasleitungsabschnitt in einen zweiten Gasleitungsabschnitt eines Gasleitungsnetzes als auch in eine zweite Förderrichtung von dem zweiten Gasleitungsabschnitt in den ersten Gasleitungsabschnitt des Gasleitungsnetzes erfolgt.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anpassung des Gasdrucks wahlweise durch Entspannung von Gas erfolgt, dass einem ersten Gasleitungsnetz entnommen wird und das in ein zweites Gasleitungsnetz

eingespeist wird oder wahlweise durch Rückverdichtung von Gas erfolgt, dass dem zweiten Gasleitungsnetz entnommen wird und das in das erste Gasleitungsnetz zurück gespeist wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Gasleitungsnetz ein Gastransportnetz mit einem ersten höheren Gasdruck ist und dass das zweite Gasnetz ein Gasverteilnetz mit einem zweiten niedrigeren Gasdruck ist.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, umfassend das Umschlagen von Gas von wenigstens einem ersten Gasspeichervolumen (20) in wenigstens ein zweites Gasspeichervolumen (21) unter Ausnutzung eines Druckgefälles zwischen den Speichervolumina unter Verwendung der Rotationsströmungsmaschine als Kraftmaschine sowie das Umschlagen des Gases von wenigstens dem ersten Gasspeichervolumen (20) in das zweite Gasspeichervolumen (21) unter Erzeugen eines Druckgefälles unter Verwendung der Rotationsströmungsmaschine als Arbeitsmaschine.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Verdichtung des Gases und/oder Entspannung jeweils mehrstufig erfolgt.

8. Gas-Druckregelstation in einem Gasleitungsnetz oder in einer Gasspeicheranordnung mit wenigstens einer Rotationsströmungsmaschine in Form einer Rotationskolbenmaschine (1), die mit einem ersten Leitungsverteiler an einen ersten Gasleitungsabschnitt mit einem ersten Gasdruck und mit einem zweiten Leitungsverteiler an einen zweiten Gasleitungsabschnitt mit einem zweiten Gasdruck angeschlossen ist, wobei die Rotationskolbenmaschine eine Einlassventilanordnung (8) und eine Auslassventilanordnung (9) umfasst und in den ersten und zweiten Leitungsverteilern wenigstens erste und zweite Steuerventile vorgesehen sind, wobei die Steuerventile über eine Steuereinrichtung betätigbar sind und diese so schaltbar sind, dass die Rotationskolbenmaschine (1) wahlweise unter Entspannung des Gases als Kraftmaschine oder unter Verdichtung des Gases als Arbeitsmaschine betreibbar ist.

9. Gas-Druckregelstation nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationskolbenmaschine (1) eine Kolbenwelle umfasst, die mit dem Rotor einer elektrischen Maschine (19) gekoppelt ist, wobei die elektrische Maschine (19) sowohl als Elektromotor als auch als Generator betreibbar ist.

10. Gas-Druckregelstation nach einem der Ansprüche 8 oder 9 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationskolbenmaschine (1) mehrere Verdichtungsstufen und Entspannungsstufen umfasst, die vorzugsweise auf eine einzige Kolbenwelle wirken.

11. Gas-Druckregelstation nach einem der Ansprüche 8 bis 10 **dadurch gekennzeichnet, dass** die Rotationskolbenmaschine (1) wenigstens einen feststehenden Kolbenraum mit einer trochoidenförmigen Hüllkurve sowie wenigstens einen Rotationskolben (2) mit einer exzentrisch gelagerten Kolbenwelle umfasst.

12. Rotationskolbenmaschine (1) mit einem feststehenden Kolbenraum, der eine trochoidenförmige Hüllkurve aufweist, sowie mit einem Rotationskolben (2), der auf einer exzentrisch gelagerten Kolbenwelle angeordnet ist, mit zwei Einströmkanälen (6a, 6b) und zwei Ausströmkanälen (7a, 7b), mit einer Einlassventilanordnung (8) und einer Auslassventilanordnung (9), wobei die Einströmkanäle (6a, 6b) und die Ausströmkanäle (7a, 7b) jeweils beiderseits des Kolbenraums an diesen angeschlossen sind und die Einlassventilanordnung (8) sowie die Auslassventilanordnung (9) so ausgebildet sind, dass der Kolbenraum bidirektional gasdurchströmbar ist.

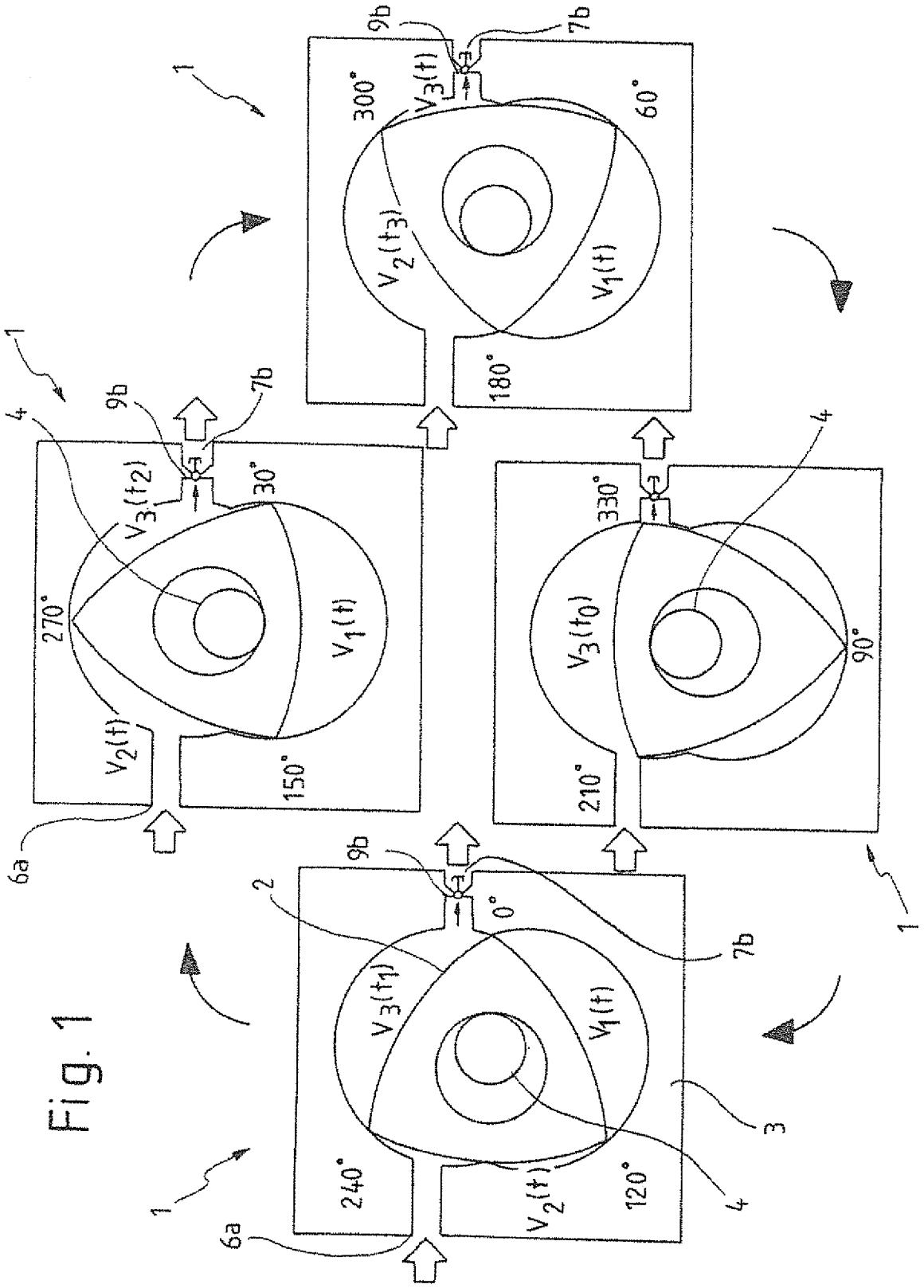
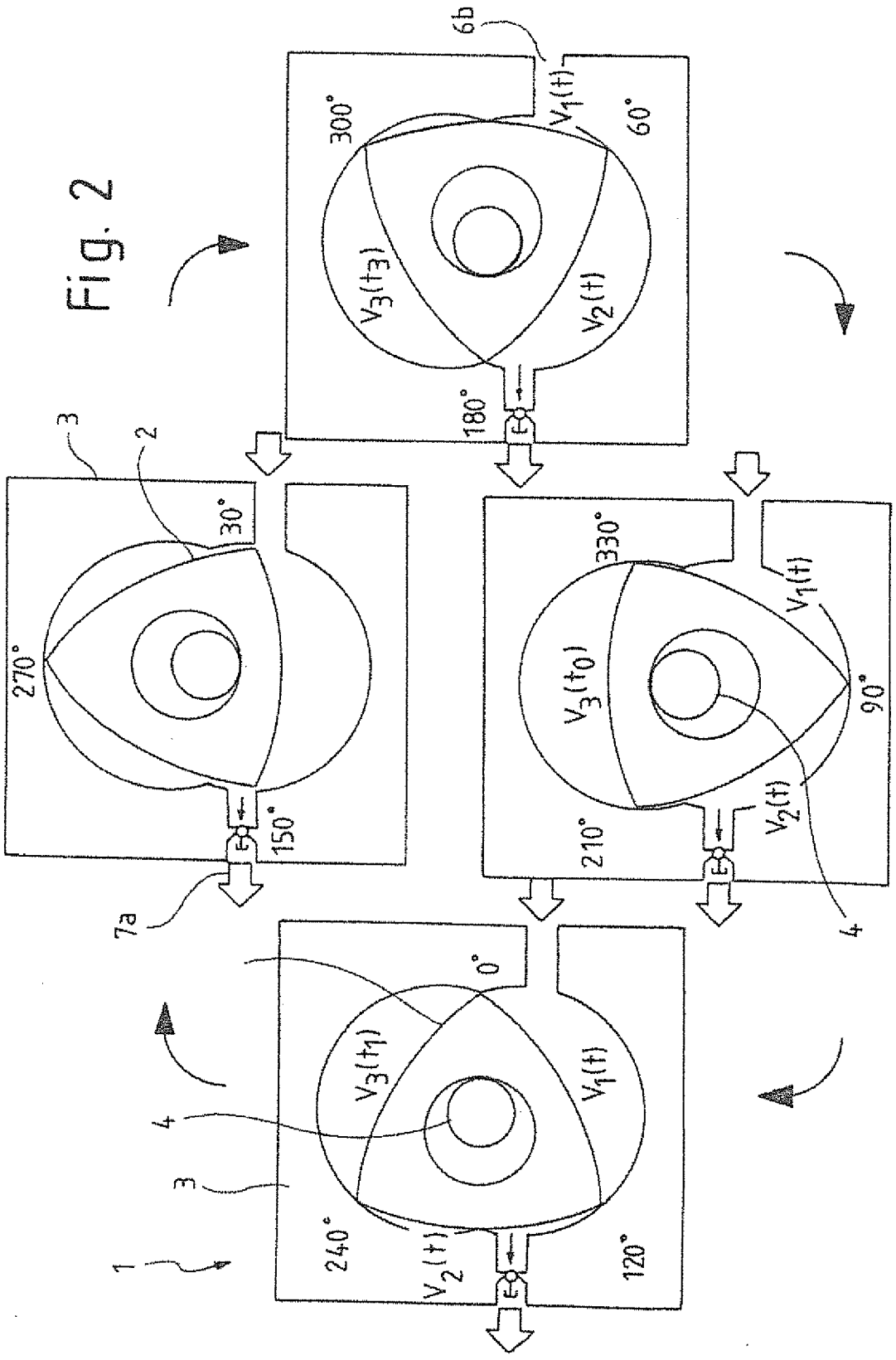

1
9b
7b
300°
60°
$V_3(t)$
$V_2(t_3)$
$V_1(t)$
180°
4
30°
$V_3(t_2)$
270°
$V_1(t)$
$V_2(t)$
150°
6a
330°
$V_3(t_0)$
90°
210°
2
0°
$V_3(t_1)$
$V_1(t)$
240°
$V_2(t)$
120°
3

Fig. 1

Fig. 2


6b
300°
60°
$V_1(t)$
$V_3(t_3)$
$V_2(t)$
180°
3
2
30°
270°
150°
7a
330°
$V_1(t)$
$V_3(t_0)$
90°
210°
$V_2(t)$
4
0°
$V_3(t_1)$
$V_1(t)$
4
3
1
240°
$V_2(t)$
120°

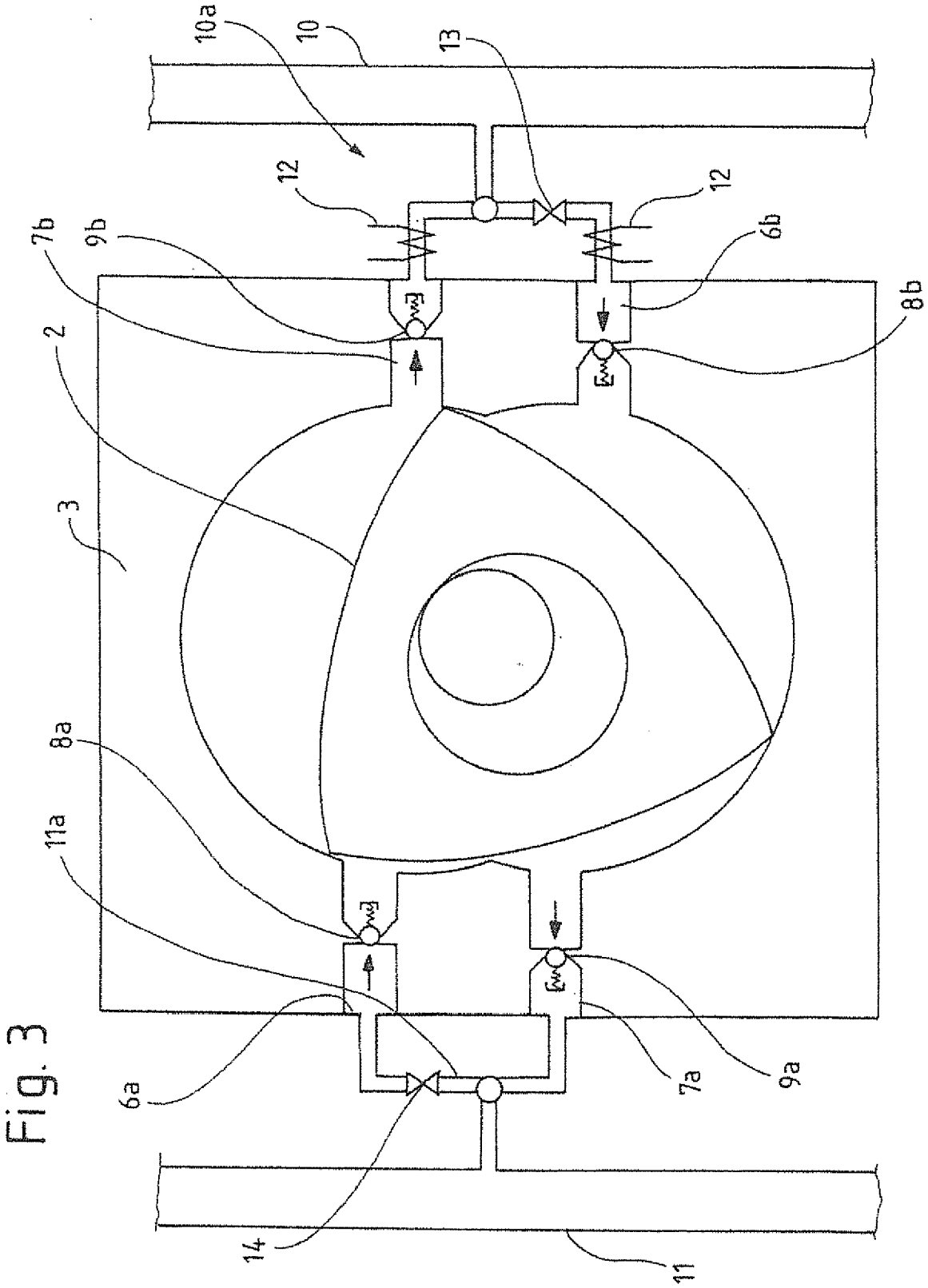
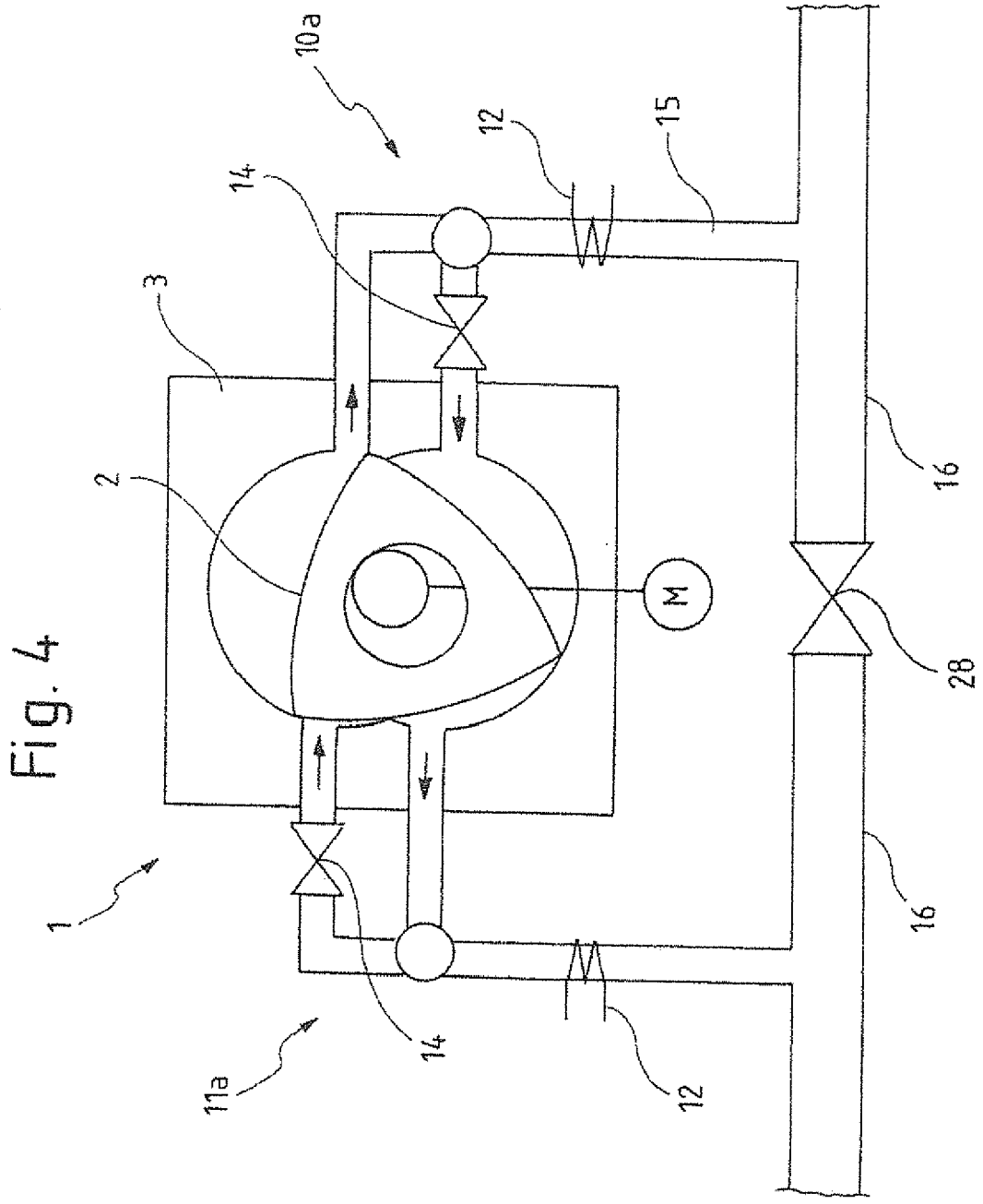


Fig. 3

Fig. 4



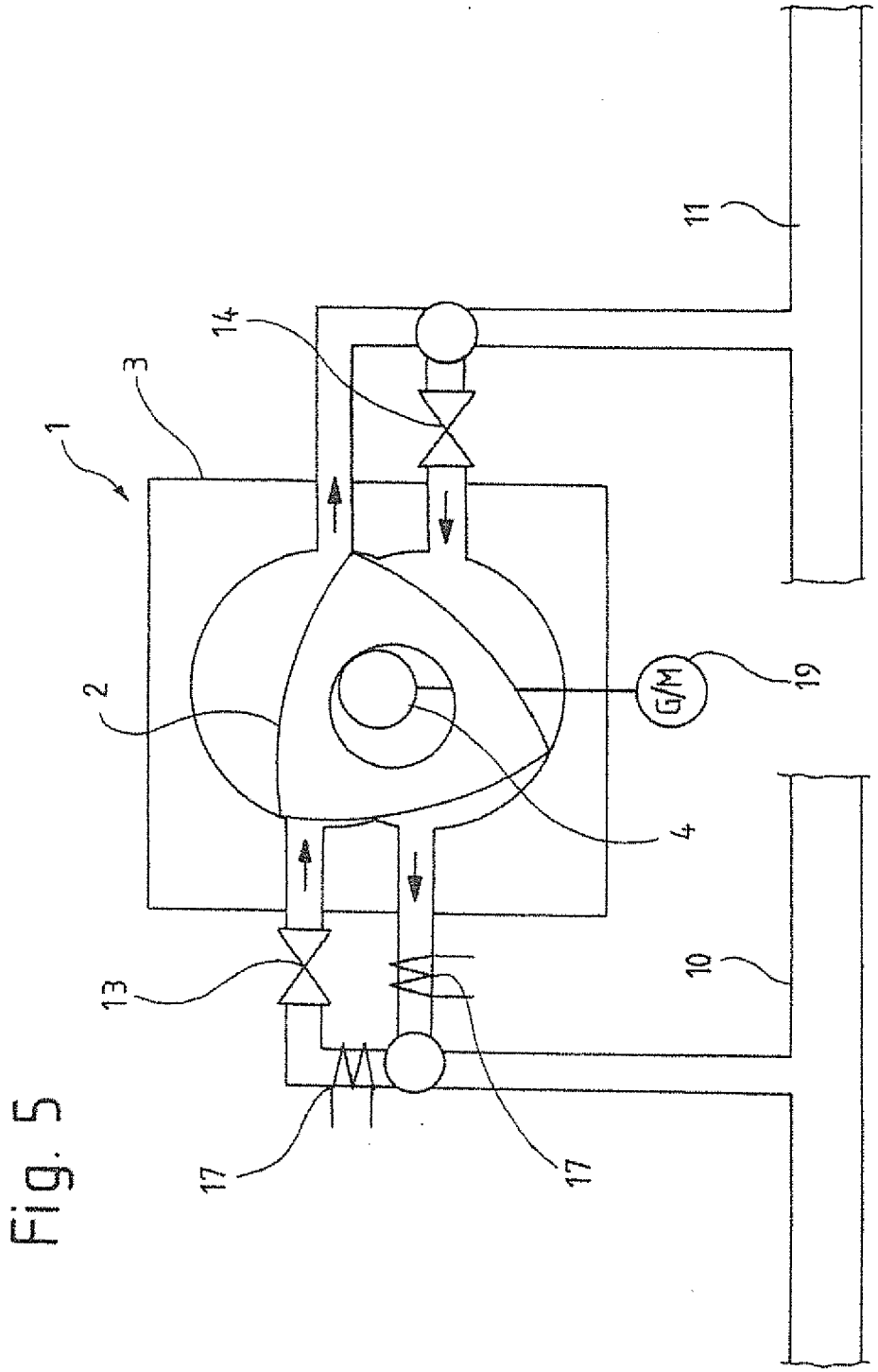


Fig. 5

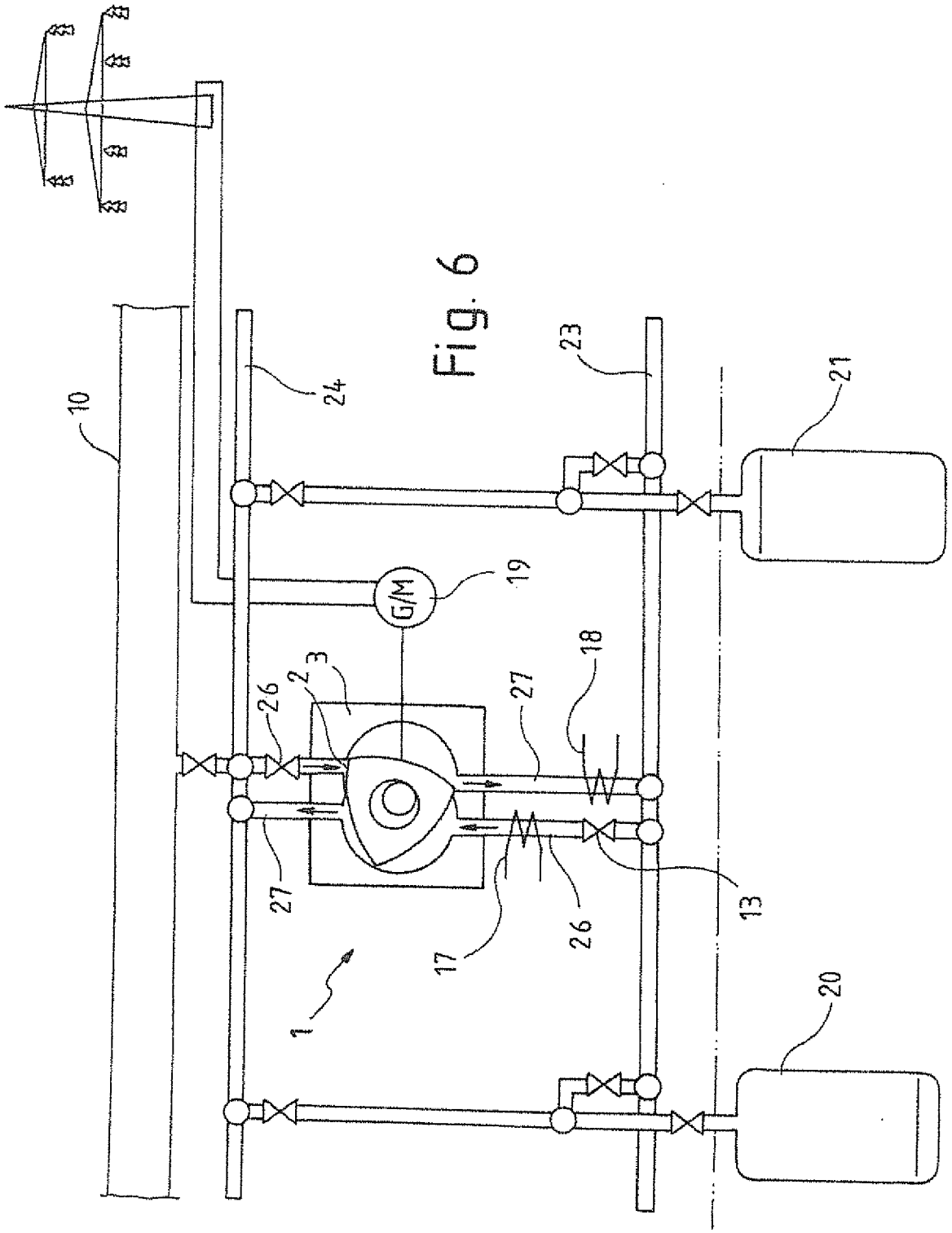


Fig. 6

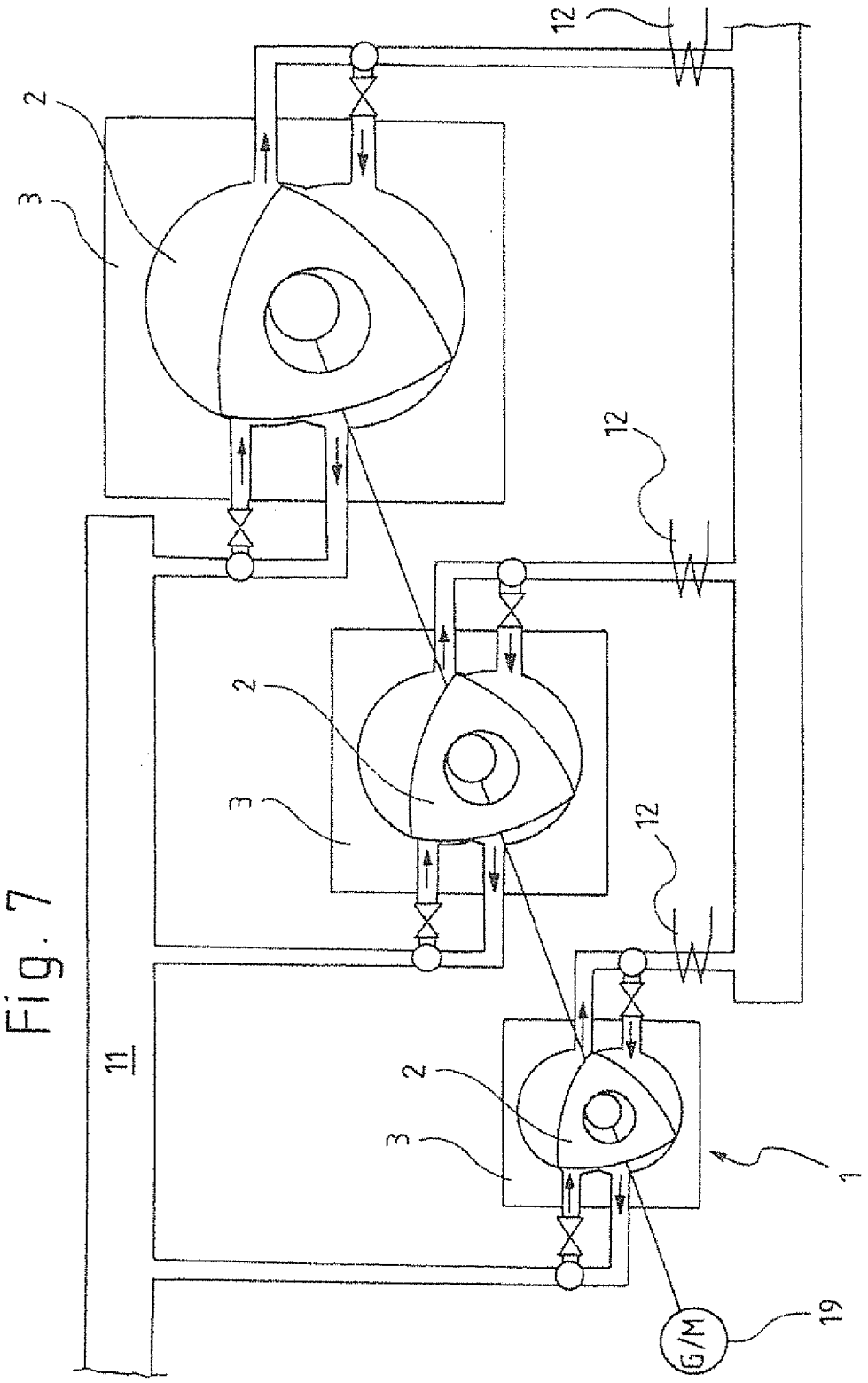


Fig. 7

Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 16 16 1942

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE

Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	DE 10 2008 058736 B3 (UNIV CLAUSTHAL TECH [DE]) 5. August 2010 (2010-08-05) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	1-11	INV. F01C1/22 F01C20/04
A	EP 1 801 683 A2 (E ON RUHRGAS AG [DE]) 27. Juni 2007 (2007-06-27) * Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung * -----	1-7	
X	US 4 367 638 A (GRAY DAVID A) 11. Januar 1983 (1983-01-11) * Spalte 4, Zeile 24 - Spalte 5, Zeile 6; Abbildungen 3,4 * -----	12	
X	US 2011/209477 A1 (FRAZIER SCOTT R [US] ET AL) 1. September 2011 (2011-09-01) * Absatz [0025] - Absatz [0032]; Abbildungen 1,3 * * Absatz [0040] * -----	12	
A	US 4 389 172 A (GRIFFITH MICHAEL J) 21. Juni 1983 (1983-06-21) * Anspruch 1; Abbildung 1 * -----	12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) F01C F04C F17D

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt

Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München	27. September 2016	Descoubes, Pierre

KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE

X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie
A : technologischer Hintergrund
O : nichtschriftliche Offenbarung
P : Zwischenliteratur

T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze
E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
D : in der Anmeldung angeführtes Dokument
L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument

& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR. EP 16 16 1942

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

27-09-2016

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102008058736 B3	05-08-2010	KEINE	
EP 1801683 A2	27-06-2007	AT 520066 T	15-08-2011
		DE 102005062161 A1	28-06-2007
		EP 1801683 A2	27-06-2007
US 4367638 A	11-01-1983	CA 1146370 A	17-05-1983
		US 4367638 A	11-01-1983
US 2011209477 A1	01-09-2011	CA 2805220 A1	09-09-2011
		CN 102859118 A	02-01-2013
		EP 2542761 A1	09-01-2013
		JP 2013521433 A	10-06-2013
		KR 20130064724 A	18-06-2013
		US 2011209477 A1	01-09-2011
		US 2011209480 A1	01-09-2011
		US 2011217197 A1	08-09-2011
		WO 2011109449 A1	09-09-2011
US 4389172 A	21-06-1983	KEINE	

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82