

(19)



(11)

**EP 1 632 650 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des  
Hinweises auf die Patenterteilung:  
**15.05.2013 Patentblatt 2013/20**

(51) Int Cl.:  
**F01K 7/18** *(2006.01)* **F01K 7/20** *(2006.01)*

(21) Anmeldenummer: **04020807.6**

(22) Anmeldetag: **01.09.2004**

(54) **Dampfturbine**

Steam turbine

Turbine à vapeur

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR  
HU IE IT LI LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**08.03.2006 Patentblatt 2006/10**

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft  
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Arndt, Olaf**  
**90482 Nürnberg (DE)**  
• **Tielcke, Udo**  
**90455 Nürnberg (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:  
**GB-A- 228 920** **US-A- 4 658 590**  
**US-A- 4 953 355** **US-A- 5 215 436**  
**US-A1- 2002 081 191** **US-B1- 6 308 407**

**EP 1 632 650 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 Dampfturbine mit mehreren Stufenteilen und mit einer vor dem ersten Stufenteil angeordneten Vorrichtung zur Leistungsregelung der Dampfturbine.

Eine solche Dampfturbine ist z.B. in Dokument US 6 308 407 B1 offenbart.

**[0002]** Dampfturbinen sollen über einen möglichst großen Leistungsbereich zuverlässig und mit konstant hohem Wirkungsgrad betrieben werden können. Diese Anforderungen können von Dampfturbinen herkömmlicher Bauart nicht in vollem Umfang erfüllt werden.

**[0003]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Dampfturbine bereitzustellen, die sowohl im Normalbetrieb als auch im Teillastbereich mit Leistungen, die deutlich unter der Nennleistung liegen, mit guten Wirkungsgraden betreibbar ist. Außerdem soll die erfindungsgemäße Dampfturbine auch im Betrieb mit Überlast einen guten Wirkungsgrad aufweisen.

**[0004]** Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den technischen Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

**[0005]** Dadurch, dass im Überlastbetrieb zusätzlicher Dampf in die Dampfturbine eingebracht werden kann und mit diesem zusätzlichen Dampf das zweite MD-Regelrad beaufschlagt wird, kann die Leistung der erfindungsgemäßen Dampfturbine ohne nennenswerte Einbußen beim Wirkungsgrad signifikant erhöht werden.

**[0006]** Die Optimierung des Prozesses wird durch eine problemlose Mischung des wieder eingegliederten Dampfes nach dem MD-Regelrad beeinflusst. Es zeigt sich, dass bei hohen Frischdampfzuständen (HD-Dampf) der vierfache Massenstrom im Überlastbetrieb verarbeitet werden kann, ohne nennenswerte Einbußen im Wirkungsgrad bei normalen und Teillastbetrieben.

**[0007]** Dies wird vor allem dann erreicht werden, wenn eine geeignete Aufteilung der beiden Dampfströme vorgenommen wird und die Regelräder und Stufengruppen so ausgelegt werden, dass in der Kammer des MD-Regelrades die beiden Dampfströme annähernd die gleichen Dampfdaten besitzen. Unterschiedliche Dampftemperaturen aus den beiden Dampfströmen sind akzeptabel.

**[0008]** Die Konstruktion der Turbine mit dem optimierten zusätzlichen MD-Regelrad mit Zusp eisung über Düsen ist bei hohen Dampfpesometer sinnvoll, sodass das HD-Regelrad voll zum Einsatz kommen kann, allerdings ohne aufwendige Innengehäusekonstruktionen.

**[0009]** Die erfindungsgemäße Anordnung eines zweiten Regelrades mit den zugehörigen steuerbaren Düsen in einer Kammer zwischen dem ersten Stufenteil Teil der Dampfturbine und dem zweiten Stufenteil Teil der Dampfturbine kann sowohl bei Trommelturbinen als auch bei Kammerturbinen erfolgreich eingesetzt werden.

**[0010]** Die Erfindung kann bei Turbinen mit Gleichdruckbeschaufelung und bei Turbinen mit Überdruckbeschaufelung in den mehreren Stufen der Dampfturbine gleichermaßen erfolgreich eingesetzt werden.

**[0011]** Das HD-Regelrad sowie das MD-Regelrad kann sowohl einkrännig wie auch zweikrännig (Curtisrad) ausgeführt werden.

**[0012]** Die Konstruktion der Turbine mit HD-Regelrad und nachfolgendem Stufenteil ist oftmals optimal. Allerdings ist diese Konstruktion nicht erfindungsnotwendig. Das HD-Regelrad kann auch als Stufenteil mit einem eventuellen Innengehäuse und einer Drosselregelung im Bypass-/innerem Bypassbetrieb oder als Kombination aus beiden, HD-Regelrad und Bypassbetrieb im Innengehäuse ersetzt werden. Das Grundprinzip ändert sich deshalb nicht, da das MD-Impulsrad mit Düse über das Druckgefälle zwischen HD-Eintrittszustand zum gewählten, optimierten MD-Zustand zusätzlich bei Bedarf leistungssteigernd in Betrieb gesetzt werden kann. Das Prinzip des MD-Impulsrades mit Düsen kann auch als Nachrüstung oder Umbau in einer bestehenden Turbine ausgeführt werden.

Wenn die Dampfturbine im Überlastbetrieb gefahren werden soll, wird erfindungsgemäß die geforderte oder gewünschte Überlastleistung durch den erforderlichen HD-Dampf über die nachgeschaltete zusätzlich integrierte Impulsstufe eingebracht. Die Einspeisung dieses zusätzlichen HD-Dampfes erfolgt über herkömmliche Düsensteuerungen, sodass das Impulsrad wie ein freies Regelrad über die Düsen in Gleitdruckbetrieb zusätzliche Leistung einbringt. Die Zusatzleistung ergibt sich aus der Enthalpiedifferenz zwischen HD-Dampfzustand und dem örtlichen Dampfzustand nach dem MD-Regelrad und der zu optimierenden Dampfmenge.

**[0013]** Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind der nachfolgenden Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen entnehmbar. Alle in der Zeichnung, deren Beschreibung und den Patentansprüchen offenbarte Merkmale können sowohl einzeln als auch in Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

## Zeichnung

**[0014]** Es zeigen:

Figur 1 einen Längsschnitt durch ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Dampfturbine und

Figur 2 ein Ausführungsbeispiel eines Regelrades mit einer Gruppe von steuerbaren Düsen.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

**[0015]** Die Figur 1 zeigt eine Dampfturbine mit einem Gehäuse 3 und einem Rotor 5 im Längsschnitt. Die Dampfturbine 1 weist einen ersten Stufenteil 7 und einen zweiten Stufenteil 9 auf.

**[0016]** Jede der Stufen 7 und 9 besteht aus einer Gruppe von Laufschaufeln 11, die am Rotor 5 befestigt sind und einer Gruppe von Leitschaufeln 13, die üblicherweise

se über Leitschaufelträger am Gehäuse 3 der Dampfturbine 1 befestigt sind. In Figur 1 sind aus Gründen der Übersichtlichkeit nicht alle Laufschaufeln und nicht alle Leitschaufeln mit dem Bezugszeichen versehen worden. In Strömungsrichtung vor dem ersten Stufenteil 7 ist ein erstes Regelrad 15 am Rotor 5 befestigt. Die in Figur 1 nicht einzeln dargestellten Laufschaufeln des Regelrades 15 sind als Gleichdruckschaufeln ausgeführt.

**[0017]** In unmittelbarer Nähe des ersten Regelrades 15 ist ein Düsenring 17 vorgesehen, welcher über den Umfang verteilt mehrere Düsen 19 aufweist. Der Düsenring 17 wird über eine Frischdampfleitung 21 mit den Teilleitungen 21a und 21b mit Dampf beaufschlagt. In den Teilleitungen 21a und 21b ist jeweils ein erstes Regelventil 23 vorgesehen. Über die steuerbaren Düsen 19 wird der dem Düsenring 17 zugeführte Frischdampf auf das erste Regelrad 15 geleitet und gelangt anschließend in einen ersten Radraum 25, welcher vom Rotor 5 und vom Gehäuse 3 begrenzt wird.

**[0018]** Daran anschließend gelangt der Frischdampf (nicht dargestellt in Figur 1) in den ersten Stufenteil 7 der Dampfturbine 1 und wird dort entspannt.

**[0019]** Im Anschluss an den ersten Stufenteil 7 ist am Rotor 5 ein zweites MD-Regelrad 27 vorgesehen. Das MD-Regelrad 27 ist bei dem hier gezeigten Ausführungsbeispiel ebenfalls als Impulsrad ausgebildet. Das zweite MD-Regelrad 27 wird von einer oder mehreren Düsen 29, von denen in Figur 1 nur eine dargestellt ist, mit zusätzlichem Dampf beaufschlagt und wirkt dadurch wie eine Regelradstufe im Gleitdruckbetrieb. Dieser Zusatzdampf, welcher in Figur 1 durch einen Pfeil 31 angedeutet ist, vermischt sich vor dem Eintritt in den zweiten Stufenteil 9 mit dem teilweise entspannten Frischdampf, der aus dem ersten Stufenteil 7 ausgetreten ist. Dieser teilweise entspannte Frischdampf ist in Figur 1 mit dem Bezugszeichen 33 versehen worden. Der zwischen erstem Stufenteil 7 und zweitem Stufenteil 9 vorhandene Raum, in dem sich das zweite MD-Regelrad 27 befindet, wird im Folgenden als zweiter Radraum 35 bezeichnet.

**[0020]** Die Düse 29 ist ebenfalls steuerbar und kann beispielsweise über ein zweites Regelventil 37 oder eine nicht dargestellte Ventilgruppe optimiert werden. Über dieses zweite Regelventil 37 kann die Zufuhr von Zusatzdampf in die Dampfturbine 1 durch die Düse 29 geregelt werden.

**[0021]** Nachdem die gesamte Dampfmenge durch den zweiten Stufenteil geströmt ist und sich dabei entspannt hat, wird der Abdampf über einen Auslass 39 aus der Dampfturbine 1 abgeführt.

**[0022]** Im Normalbetrieb, das heißt wenn die Dampfturbine mit ihrer Nennleistung oder im Teillastbereich betrieben wird, ist das zweite Regelventil 37 oder die Ventilgruppe geschlossen und die Dampfturbine 1 arbeitet wie eine konventionelle Dampfturbine. Die Leistungsregelung der Dampfturbine 1 erfolgt ausschließlich über das erste Regelrad 15 beziehungsweise die Ansteuerung der Düsen 19, welche die Beaufschlagung des ersten Regelrades 15 steuern. Die Leistungsregelung der

Dampfturbine 1 im Nenn- oder Normalbetrieb und im Teillastbetrieb ist hinlänglich aus dem Stand der Technik bekannt und wird deshalb im Zusammenhang mit der Erfindung nicht im Detail erläutert. Vorteilhaft an dieser Leistungsregelung ist der gleichbleibend gute Wirkungsgrad der Dampfturbine 1 bei Nennlast ebenso wie im Teillastbetrieb ohne erheblichen Konstruktionsmehraufwand wie z. B. Innengehäuse, Turbinen mit Mitteneinströmung oder ähnliches.

**[0023]** Wenn nun die Dampfturbine 1 mit Überlast betrieben werden soll, wird erfindungsgemäß das zweite Regelventil 37 oder die nicht dargestellte Ventilgruppe geöffnet, so dass Zusatzdampf über die Düse 29 auf das zweite Regelrad 27 strömen kann. Dabei wird die Düse 29 so ausgeführt und optimiert, dass der Dampfzustand des Zusatzdampfes 31 möglichst dem Dampfzustand des teilweise entspannten Frischdampfes 33 entspricht, so dass im zweiten Radraum 35 eine gute und problemlose Mischung dieser beiden Teildampfströme erfolgen kann. Der teilweise entspannte Frischdampf 33 kann wegen eines vorzusehenden größeren Abstandes zwischen zweitem MD-Regelrad 27 und dem Gehäuse 3 der Dampfturbine 1 das zweite MD-Regelrad 27 mehr oder weniger ungehindert umströmen.

**[0024]** Die Ventilströmungsverluste im Umströmungsbetrieb werden durch eine übliche Ventilationsschutzeinrichtung gemindert. Falls die Ventilationsschutzeinrichtung nicht ausreicht, wird ein Beimischen über das zweite Regelventil 37 empfohlen.

**[0025]** Beide Teildampfströme 31 und 33 strömen nun durch den zweiten Stufenteil 9 und geben dort Arbeit beziehungsweise Leistung an den Rotor 5 ab. Bei geeigneter Auslegung sowohl des ersten Stufenteils 7 und des zweiten Stufenteils 9 als auch des ersten Regelrades 15 mit seinen Düsen 19 und des zweiten Regelrades 27 mit seinen Düsen 29 kann im Überlastbetrieb der vierfache Dampfstrom verglichen mit dem Auslegungspunkt der Dampfturbine 1 umgesetzt werden. Dies führt zu einer entsprechend wesentlich verbesserten Leistungssteigerung der Dampfturbine, ohne nennenswerte Wirkungsgradeinbußen der Dampfturbine.

**[0026]** Deshalb ist es mit der erfindungsgemäßen Dampfturbine 1 möglich, die Dampfturbine 1 vom Teillastbetrieb über den Betrieb bei Nennlast bis zum Überlastbetrieb mit einem guten annähernd konstanten Wirkungsgrad zu betreiben.

**[0027]** In Figur 2 sind das zweite Regelrad 27 sowie die Düsen 29 schematisch in einer Ansicht von vorne dargestellt. Das zweite Regelrad 27 weist Laufschaufeln 39 auf, die in Figur 2 nur schematisch dargestellt sind. Bei dem in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel sind drei Düsen 29, die in der Literatur auch als Düsensegmente bezeichnet werden, so angeordnet, dass durch die Austritte der Düse 29 die Laufschaufel 39 des zweiten MD-Regelrades 27 mit zusätzlichem Dampf beaufschlagt werden können. Dazu ist zwischen einem Einströmkasten 41 und den Düsen 29 jeweils ein Ventil 43 vorgesehen. Je nachdem wie viele der Ventile 43 geöffnet

net werden, strömt eine mehr oder minder große Menge von Zusatzdampf über die Düsen 29 auf das zweite MD-Regelrad 27 und vermischt sich anschließend mit dem teilweise entspannten Frischdampf (siehe Bezugszeichen 33 in Figur 1).

#### Bezugszeichenliste

#### [0028]

1	Dampfturbine
3	Gehäuse
5	Rotor
7	erster Stufenteil
9	zweiter Stufenteil
11	Laufschaufel
13	Leitschaufel
15	erstes Regelrad
17	Düsenring
19	Düse
21	Frischdampfleitung
23	Regelventil
25	erster Radraum
27	zweites MD-Regelrad
29	Düse
31	Zusatzdampf
33	teilweise entspannter Frischdampf
35	zweiter Radraum
37	zweites Regelventil
39	Laufschaufel
41	Einströmkasten
43	Ventil

#### Patentansprüche

1. Dampfturbine mit mehreren Stufenteilen (7, 9) und mit einer vor dem ersten Stufenteil (7) angeordneten Vorrichtung zur Leistungsregelung der Dampfturbine, wobei die vor dem ersten Stufenteil (7) angeordnete Vorrichtung zur Leistungsregelung der Dampfturbine als erstes Regelrad (15) mit einem Düsenring (17) und mit mehreren steuerbaren Düsen (19) ausgeführt ist, und nach dem ersten Stufenteil (7) ein zweites MD-Regelrad (27) mit Düsen (29) vorgesehen ist.
2. Dampfturbine nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** das erste Regelrad (15) und/oder das zweite MD-Regelrad (27) als Gleichdrucklaufrad, insbesondere in Curtis-Bauweise, oder als Impulsrad ausgeführt ist.
3. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das zweite Regelrad (27) über eine Gruppe von steuerbaren Düsen

(29) mit zusätzlichem Dampf aus einer Frischdampfleitung (21) beaufschlagbar ist.

4. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Dampfturbine (1) als Kammerturbine ausgeführt ist.
5. Dampfturbine nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Stufenteile (7, 9) der Dampfturbine (1) eine Gleichdruckbeschaufelung oder eine Überdruckbeschaufelung aufweisen.

#### Claims

1. Steam turbine with a plurality of stage sections (7, 9) and with a device for output control of the steam turbine, which is located upstream of the first stage section (7), the device for output control of the steam turbine, which is located upstream of the first stage section (7), being designed as a first control wheel (15) with a nozzle ring (17) and with a plurality of controllable nozzles (19), and a second IP control wheel (27), with nozzles (29), being provided downstream of the first stage section (7).
2. Steam turbine according to Claim 1, **characterized in that** the first control wheel (15), and/or the second IP control wheel (27), is designed as an impulse rotor wheel, especially in Curtis design, or is designed as an impulse wheel.
3. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the second control wheel (27) is subjected to admission of additional steam from a live steam line (21) through a group of controllable nozzles (29).
4. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the steam turbine (1) is designed as a chamber-type turbine.
5. Steam turbine according to one of the preceding claims, **characterized in that** the stage sections (7, 9) of the steam turbine (1) have an impulse blading or a reaction blading.

## Revendications

1. Turbine à vapeur comprenant plusieurs parties d'étage (7, 9) et un dispositif de régulation de la puissance de la turbine à vapeur disposé avant la première partie d'étage (7), ledit dispositif de régulation de la puissance de la turbine à vapeur disposé avant la première partie d'étage (7) étant réalisé sous la forme d'une première roue de réglage (15) dotée d'une couronne de tuyères (17) et de plusieurs tuyères (19) pilotables, et une seconde roue de réglage PM (27) dotée de tuyères (29) étant prévue après la première partie d'étage (7). 5  
10
2. Turbine à vapeur selon la revendication 1, 15  
**caractérisée en ce que**  
la première roue de réglage (15) et/ou la seconde roue de réglage PM (27) est réalisée sous la forme d'une roue mobile à pression constante, en particulier de type Curtis, ou sous la forme d'une roue à impulsions. 20
3. Turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, 25  
**caractérisée en ce que**  
la seconde roue de réglage (27) peut être alimentée par un groupe de tuyères (29) pilotables en vapeur supplémentaire provenant d'une conduite de vapeur fraîche (21). 30
4. Turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, 35  
**caractérisée en ce que**  
la turbine à vapeur (1) est réalisée sous la forme d'une turbine à compartiments. 35
5. Turbine à vapeur selon l'une des revendications précédentes, 40  
**caractérisée en ce que**  
les parties d'étage (7, 9) de la turbine à vapeur (1) ont un aubage à pression constante ou un aubage à surpression. 45  
50  
55

FIG 1

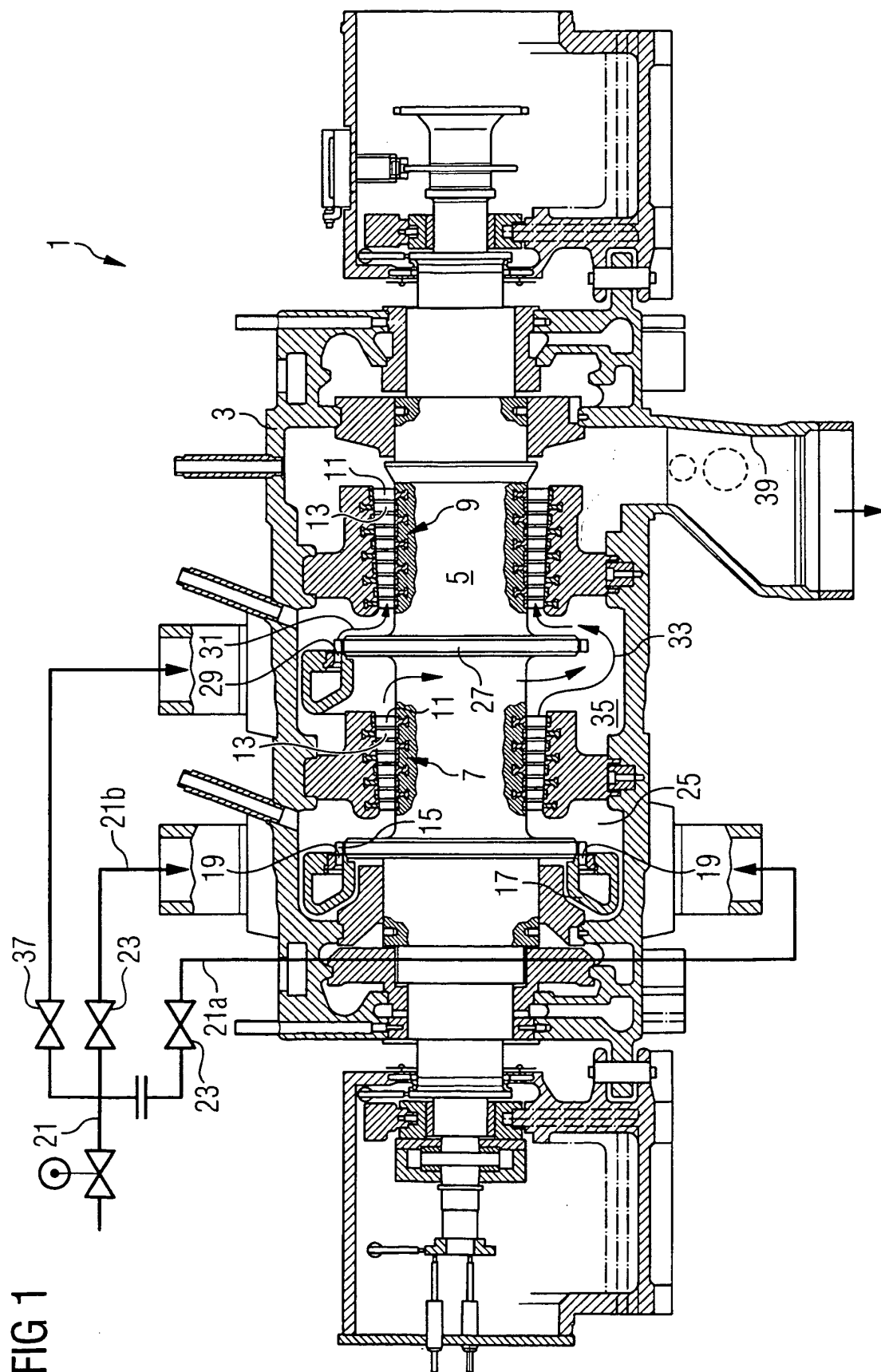
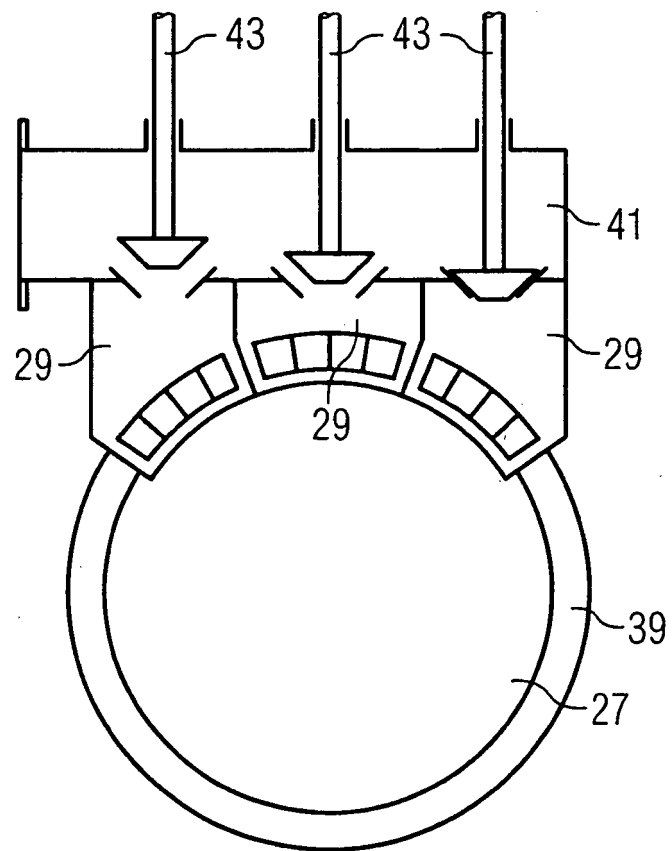


FIG 2



**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 6308407 B1 [0001]