



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
10.06.2009 Patentblatt 2009/24

(51) Int Cl.:
F01D 25/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **07017132.7**

(22) Anmeldetag: **31.08.2007**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL PL PT RO SE SI SK TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK RS

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
80333 München (DE)

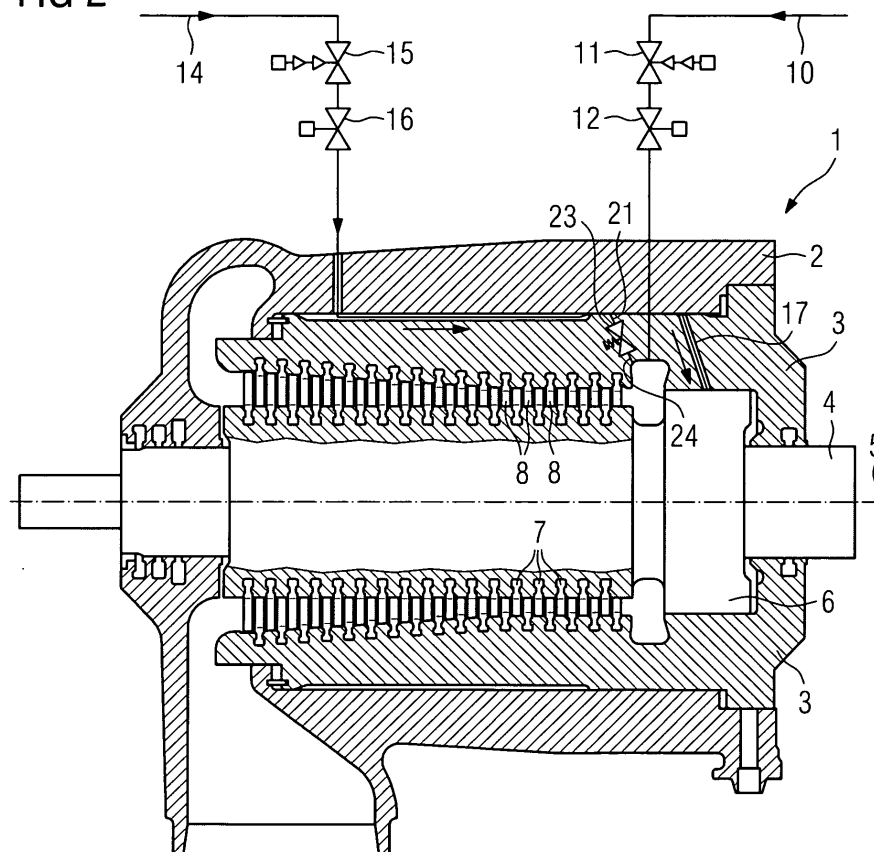
(72) Erfinder:
• **Pieper, Norbert**
47178 Duisburg (DE)
• **de Lazzer, Armin, Dr.**
45479 Mülheim an der Ruhr (DE)

(54) **Sicherheitskonzept für eine Dampfturbine**

(57) Die Erfindung betrifft eine Dampfturbinenanlage sowie ein Verfahren zur Kühlung einer Dampfturbine (1). Es ist vorgesehen, dass die Dampfturbine (1) über eine externe Kühldampfleitung (14) gekühlt wird, wobei zwischen der Kühldampfleitung (14) und einer Frischdampfzuführung (10) eine Querleitung (21) mit einem Querlei-

tungsventil (23) angeordnet wird, das bei einem plötzlichen Druckabfall öffnet, wodurch das unter hohem Druck stehende Kühlmedium in einen Einstrombereich (13) der Dampfturbine (1) abgezweigt wird, wodurch eine Schädigung von dünnwandigen Komponenten vermieden wird.

FIG 2



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Dampfturbinenanlage, umfassend eine Dampfturbine mit einem mit einem Strömungsmedium beströmbaren Strömungskanal, eine Frischdampfzuführung zum Zuführen von Frischdampf, einem in der Frischdampfzuführung angeordneten Frischdampfventil, eine Kühltampfleitung zum Zuführen von Kühltampf zur Dampfturbine, wobei die Dampfturbine mit der Kühltampfleitung verbunden ist, wobei die Dampfturbine derart ausgebildet ist, dass thermisch belastete Komponenten mit dem Kühltampf beströmbare sind und einem in der Kühltampfleitung angeordneten Kühltampfventil. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Kühlung einer Dampfturbine, wobei die Dampfturbine über eine externe Kühltampfleitung mit einem Kühltampf und über eine Frischdampfzuführung mit Frischdampf beströmt wird.

[0002] Dampfturbinen werden derzeit mit Frischdampf beströmt, der eine Frischdampftemperatur von bis zu 600°C aufweist. Höhere Frischdampftemperaturen erfordern eine gut funktionierende Kühleinrichtung. Thermisch belastete Komponenten der Dampfturbine müssen mittels eines Kühlmediums gekühlt werden. Das Kühlmedium wird der Dampfturbine über eine externe Kühltampfleitung zugeführt. Der Kühltampf wird beispielsweise aus dem Dampferzeuger entnommen oder aus der Frischdampfleitung vor den Frischdampfventilen abgezweigt, gekühlt und anschließend der Dampfturbine an den Stellen zugeführt, die thermisch belastet sind und daher gekühlt werden müssen. Bei Gasturbinen als Ausführungsform einer Strömungsmaschine wird das Kühlmedium über den Verdichter im jeweiligen Betriebszustand der Anlage entsprechend automatisch zur Verfügung gestellt. Bei Gasturbinen tritt der Effekt auf, dass bei einem geänderten Betrieb außerhalb des Nennbetriebs, beispielsweise bei einem Lastabwurf, verringerter Massenstrom an Kühltampf vorliegt. Solch ein Konzept, bei dem sich die Kühltampfmenge passiv an den Lastzustand der Anlage anpasst, ist für Dampfturbinenanlagen nicht ohne weiteres möglich. Bei einer externen Zuführung von Kühltampf zur Kühlung der Dampfturbine muss die Zuführung des Kühltampfs über mindestens ein Schnellschlussventil und mindestens ein Stellventil zugeführt werden. Der Frischdampf wird ebenfalls über ein Stell- und ein Schnellschlussventil der Dampfturbine zugeführt. In der Praxis kann es allerdings vorkommen, dass bei einem plötzlichen Eintritt einer Änderung des Lastzustandes der Dampfturbine der Massenstrom des Kühltampfs zur Dampfturbine hin nicht entsprechend schnell korreliert, d.h. dass nach der plötzlichen Laständerung der Massenstrom des Kühltampfs zunächst unerwünscht gleich groß bleibt. Eine schnelle Laständerung wäre beispielsweise ein Lastabwurf oder ein Turbinenschnellschluss. Der zunächst unerwünscht hohe Massenstrom des Kühltampfs führt allerdings temporär zu einer hohen Druckdifferenz zwischen der zu kühlenden Komponenten in der Dampfturbine und einem

Einstromraum der Dampfturbine. Besonders das trennende Bauteil bzw. die Dichtelemente zwischen diesen Räumen oder die zu kühlenden Komponenten selbst werden hierbei mechanisch stark beansprucht.

[0003] Fällt bei einer Gasturbine das Arbeitsmedium aus, so sinkt automatisch der Druck des Kühlmediums ebenfalls ab. Die dünnwandigen zu kühlenden Bauteile erfahren dadurch keine besondere mechanische Belastung. Bei der separaten Zufuhr des Kühlmediums, wie dies bei Dampfturbinen für hohe Frischdampftemperaturen der Fall sein wird, können in solch einem Fall, bei dem schnelle Laständerungen auftreten, temporäre Druckdifferenzen von mehreren 100 bar zwischen dem Kühlmedium und der ausgefallenen Komponente auftreten. Dünnwandige Kühlelemente können diesen Belastungen nicht standhalten und werden beschädigt. Da eine plötzliche Laständerung erfahrungsgemäß nicht auszuschließen ist, müssen Sicherheitsvorkehrungen getroffen werden, um eine Beschädigung der Dampfturbinenkomponenten zu vermeiden. Wünschenswert wäre es, solch eine Dampfturbinenanlage mit einem Sicherheitssystem auszubilden, das bei einem Versagen der vorhandenen Sicherheitssysteme, z.B. ein eigenes Schnellschlussventil für das Kühlmedium dennoch einen geeigneten Schutz bietet für mechanisch gefertigte Kühlkomponenten.

[0004] An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, eine Dampfturbinenanlage anzugeben, die bei einem plötzlichen Lastabwurf die Gefahr einer Beschädigung der Kühlkomponenten minimiert. Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren anzugeben, bei dem eine zu kühlende bzw. eine hinteraspülte Komponente in einer Dampfturbine bei einem Lastabwurf nicht beschädigt wird.

[0005] Die auf die Vorrichtung hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch eine Dampfturbinenanlage umfassend eine Dampfturbine mit einem mit einem Strömungsmedium beströmbaren Strömungskanal, eine Frischdampfzuführung zum Zuführen von Frischdampf, einem in der Frischdampfzuführung angeordneten Frischdampfventil, eine Kühltampfleitung zum Zuführen von Kühltampf zur Dampfturbine, wobei die Dampfturbine mit der Kühltampfleitung verbunden ist. Wobei die Dampfturbine derart ausgebildet, dass thermisch belastete Komponenten mit dem Kühltampf beströmbare sind, und einem in der Kühltampfleitung angeordneten Kühltampfventil, wobei eine Querleitung die Kühltampfleitung mit der Frischdampfzuführung strömungstechnisch miteinander verbindet, wobei in der Querleitung ein Querleitungsventil angeordnet ist.

[0006] Die auf das Verfahren hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Kühlung einer Dampfturbine, wobei die Dampfturbine über eine externe Kühltampfleitung mit einem externen Kühltampf beströmt wird und über eine Frischdampfzuführung mit Frischdampf beströmt wird, wobei eine Querleitung mit einem Querleitungsventil zwischen der Kühltampfleitung und der Frischdampfzuführung angeordnet wird, wobei das

Querleitungsventil öffnet, wenn in der Frischdampfzuführung ein plötzlich eintretender Druckabfall auftritt.

[0007] Die Erfindung geht von dem Aspekt aus, dass Schnellschlussventile in der Kühltampfleitung nicht schnell genug auf eine plötzliche Laständerung hin schließen und dadurch ein zu hoher Massenstrom des Kühlmediums in die Dampfturbine geleitet wird, wodurch ein zu hoher Druck in der Dampfturbine, insbesondere bei den zu kühlenden Komponenten auftritt. Ein Vorteil der Erfindung ist es, dass nunmehr zwischen der externen Kühltampfleitung und der Frischdampfzuführung eine Querleitung vorgesehen ist, die im Nennbetrieb mit einem Querleitungsventil geschlossen ist, so dass kein Kühlmedium über die Querleitung zur Frischdampfzuführung strömt. Bei einer plötzlichen Laständerung schließt das Schnellschlussventil in der Frischdampfzuführung, wodurch der Druck in der Frischdampfzuführung plötzlich abfällt. Wenn in der Kühltampfleitung das Schnellschlussventil im Vergleich zum Schnellschlussventil in der Frischdampfzuführung verzögert schließt, liegt für eine kurze Zeit ein Zustand vor, der unerwünscht ist, denn für diese kurze Zeit bis das Schnellschlussventil in der Kühltampfleitung schließt, führt der hohe Massenstrom in der Kühltampfleitung zu einem zu hohen Druck in den zu kühlenden Komponenten in der Dampfturbine. Das Querleitungsventil öffnet für diesen Fall und dadurch wird der Kühltampf von der Kühltampfleitung über die Querleitung zur Frischdampfzuführung geleitet. Die Frischdampfzuführung ist gegenüber der Kühltampfleitung derart dimensioniert, dass der Massenstrom des Kühlmediums in der Frischdampfzuführung zu keiner Beschädigung der Dampfturbine führt. Durch dieses Sicherheitskonzept, das passiv ausgeführt werden kann, ist eine zuverlässige Möglichkeit nunmehr vorgestellt, wie eine Dampfturbine zuverlässig mit einem externen Kühlmedium gekühlt werden kann.

[0008] Vorteilhafterweise wird das Querleitungsventil als ein federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet. Das federbelastete Rückschlagventil wird dabei derart dimensioniert, dass im Nennbetrieb das Querleitungsventil geschlossen bleibt. Im Nennbetrieb ist der Druck des Kühlmediums höher als der Druck des Frischdampfes. Bei einem plötzlichen Lastabwurf wird der Druck des Frischdampfes in der Frischdampfzuführung schlagartig geringer. Das federbelastete Rückschlagventil muss hierbei derart dimensioniert werden, dass bei diesen plötzlich auftretenden Druckunterschied zwischen dem Druck in der Kühltampfleitung und der Frischdampfzuführung das Ventil öffnet. Somit ist die Steuerung des Querleitungsventils sozusagen passiv ausgeführt. Das bedeutet, das Querleitungsventil muss nicht aktiv über eine Steuerungseinheit aktiviert werden. Als Regelgrößen dienen nunmehr die Drücke in der Kühltampfleitung und in der Frischdampfzuführung.

[0009] Statt eines federbelasteten Rückschlagventils kann jede Form eines passiven Überdruckventils, das oberhalb einer bestimmten Druckdifferenz öffnet, verwendet werden.

[0010] Vorteilhafterweise wird die Querleitung in Strömungsrichtung des Frischdampfes gesehen und in Strömungsrichtung des Kühltampfes gesehen hinter dem Frischdampfventil und dem Kühltampfventil angeordnet. Das Frischdampfventil und das Kühltampfventil werden üblicherweise als eine Ventilkombination aus einem Schnellschlussventil und einem Stellventil ausgeführt. Das Schnellschlussventil hat die Aufgabe bei einer Störung den Massenstrom durch die Kühltampfleitung zu schließen.

[0011] In einer vorteilhaften Weiterbildung ist die Querleitung innerhalb der Dampfturbine angeordnet. Dadurch lässt sich eine Dampfturbinenanlage herstellen, die ohne eine Querleitung aus beispielsweise Rohren besteht. Die Querleitung kann vorteilhafterweise im Innengehäuse angeordnet sein. Außerhalb der Dampfturbine angeordnete Querleitungen bieten die Gefahr einer Beschädigung durch Unfälle außerhalb der Dampfturbine. Durch die Anordnung der Querleitung im Innengehäuse ist diese Gefahr minimiert. Die Vorteile der auf das Verfahren hin gerichteten Lösung entsprechen den Vorteilen der zur Dampfturbinenanlage besprochenen Lösung.

[0012] Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel anhand von Figuren näher erläutert. Dabei haben Komponenten mit gleicher Funktionsweise gleiche Bezugszeichen.

[0013] Es zeigen:

FIG 1 eine Dampfturbinenanlage mit einer externen Querleitung,

FIG 2 eine Dampfturbinenanlage mit einer internen Querleitung.

[0014] In der FIG 1 ist eine Dampfturbine 1 umfassend ein Außengehäuse 2 und ein Innengehäuse 3 dargestellt. Innerhalb des Innengehäuses 3 ist ein Rotor 4 um eine Rotationsachse 5 drehbar gelagert. Der Rotor 4 weist einen Schubausgleichskolben 6 und mehrere Laufschaufeln 7 auf. Das Innengehäuse 3 weist mehrere Leitschaufeln 8 auf. Zwischen dem Rotor 4 und dem Innengehäuse 3 ist ein Strömungskanal 9 ausgebildet, der mit den Leitschaufeln 8 und den Laufschaufeln 7 bestückt ist. Im Betrieb strömt ein Frischdampf über die Frischdampfzuführung 10, über ein Schnellschlussventil 11 und ein Stellventil 12 in einen Einströmbereich 13 in die Dampfturbine 1. Der Frischdampf strömt durch den Strömungskanal 9 an den Leitschaufeln 8 und Laufschaufeln 7 entlang, expandiert auf einen niedrigeren Druck und kühlt dadurch ab. Die thermische Energie des Frischdampfes wird dabei in Rotationsenergie umgewandelt und über die Laufschaufeln 7 auf den Rotor übertragen. Ein thermisch besonders belasteter Bereich ist der Bereich in der Nähe des Schubausgleichskolbens 6. Zur Kühlung dieses Bereichs und des Raumes zwischen Innengehäuse 3 und Außengehäuse 2 ist vorgesehen, dass ein Kühltampf über eine externe Kühltampfleitung 14 über ein Schnellschluss- und ein Stellventil 15, 16 in

die Dampfturbine zu den ansonsten thermisch belasteten Bereichen geführt wird. Das Innengehäuse 3 weist hierbei mehrere Kühlbohrungen 17 auf. Das Kühlmedium strömt hierbei in einem Raum zwischen dem Innengehäuse 3 und dem Außengehäuse 2 zur Kühlbohrung 17. Das Außengehäuse 2 weist hierbei eine Außengehäusekühlbohrung 19 auf, durch den der Kühldampf in den Raum 18 gelangt. In Strömungsrichtung des Kühldampfes gesehen zweigt an der Stelle 20 die Querleitung 21 ab. Die Querleitung 21 verbindet die Stelle 20 mit der Stelle 22. Die Stelle 22 stellt eine Abzweigung dar von der Frischdampfzuführung 10 zur Querleitung 21. In der Querleitung 21 ist ein Querleitungsventil 23 angeordnet.

[0015] Das Querleitungsventil 23 ist hierbei als ein federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet, das dann öffnet, wenn in der Frischdampfzuführung 10 der Druck schlagartig abfällt. Dadurch wird das Kühlmedium über die Kühlmediumleitung 14 und über die Stelle 20 in den Einstrombereich 13 geführt. Somit wird über die Kühlbohrung 17 eine zu große Differenzdruckbelastung zwischen Kühlraum 18 und Einstrombereich 13 vermieden, wodurch eine mechanische Überbeanspruchung von Teilen des Innengehäuses 3 (beinhaltet auch Dichtelemente) vermieden wird.

[0016] In der FIG 2 ist eine alternative Ausführungsform zu der Dampfturbine gemäß FIG 1 dargestellt. Der Unterschied zu der Ausführungsform gemäß FIG 1 besteht darin, dass die Querleitung 21 nicht als eine externe Querleitung ausgeführt ist, sondern als eine interne Querleitung 24. Diese interne Querleitung 24 ist innerhalb des Innengehäuses 3 angeordnet. Die interne Querleitung 24 weist ebenfalls ein Querleitungsventil 23 auf, das als ein federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist. Somit entfällt in der FIG 2 die externe Querleitung 21, wodurch ein Gefahrenpotenzial durch schädigenden Einfluss auf eine externe Komponente vermieden bzw. vermindert ist.

Patentansprüche

1. Dampfturbinenanlage, umfassend eine Dampfturbine (1) mit einem mit einem Strömungsmedium beströmbaren Strömungskanal (9), eine Frischdampfzuführung (10) zum Zuführen von Frischdampf, einem in der Frischdampfzuführung (10) angeordneten Frischdampfventil (11, 12), eine Kühldampfleitung (14) zum Zuführen von Kühldampf zur Dampfturbine (1), wobei die Dampfturbine (1) mit der Kühldampfleitung (14) verbunden ist, wobei die Dampfturbine (1) derart ausgebildet ist, dass thermisch belastete Komponenten mit dem Kühldampf beströmbare sind, und einem in der Kühldampfleitung (14) angeordnetes Kühldampfventil (15, 16),

dadurch gekennzeichnet, dass

eine Querleitung (21) die Kühldampfleitung (14) mit der Frischdampfzuführung (10) strömungstechnisch miteinander verbindet, wobei in der Querleitung (21) ein Querleitungsventil (23) angeordnet ist.

2. Dampfturbinenanlage nach Anspruch 1, wobei das Querleitungsventil (23) als ein federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet ist.
3. Dampfturbinenanlage nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Querleitung (21) in Strömungsrichtung des Kühldampfes gesehen hinter dem Frischdampfventil (11, 12) und dem Kühldampfventil (15, 16) angeordnet ist.
4. Dampfturbinenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Querleitungsventil (23) derart ausgebildet ist, dass ein Druckabfall in der Frischdampfzuführung (10) zum Öffnen führt.
5. Dampfturbinenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Querleitung (21) innerhalb der Dampfturbine (1) angeordnet ist.
6. Dampfturbinenanlage nach Anspruch 5, wobei die Dampfturbine (1) ein Außengehäuse (2) und ein Innengehäuse (3) aufweist und die Querleitung (21) im Innengehäuse (3) angeordnet ist.
7. Verfahren zur Kühlung einer Dampfturbine (1), wobei die Dampfturbine (1) über eine externe Kühldampfleitung (14) mit einem externen Kühldampf beströmt wird und über eine Frischdampfzuführung (10) mit Frischdampf beströmt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Querleitung (21) mit einem Querleitungsventil (23) zwischen der Kühldampfleitung (14) und der Frischdampfzuführung (10) angeordnet wird, wobei das Querleitungsventil (23) öffnet, wenn in der Frischdampfzuführung (10) ein plötzlich einsetzender Druckabfall auftritt.
8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei der Kühldampf mit einem Druck oberhalb dem Druck des Frischdampfes betrieben wird.
9. Verfahren nach Anspruch 7 oder 8, wobei das Querleitungsventil (23) als ein federbelastetes Rückschlagventil ausgebildet wird.

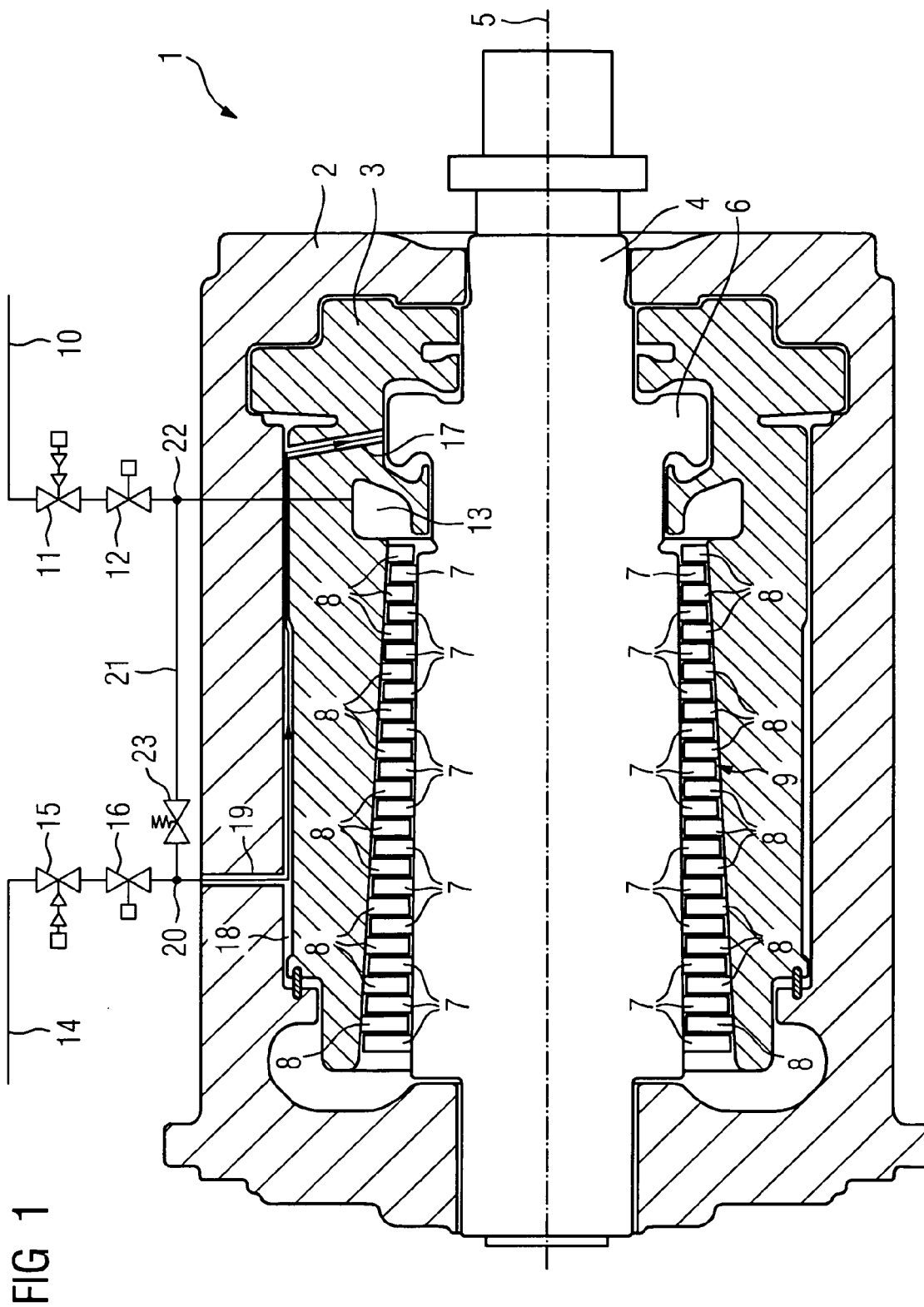


FIG 2

