

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
4. September 2008 (04.09.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/104465 A2

(51) Internationale Patentklassifikation:

Nicht klassifiziert

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2008/051834

(22) Internationales Anmeldedatum:
15. Februar 2008 (15.02.2008)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
07003922.7 26. Februar 2007 (26.02.2007) EP

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **GLOS, Stefan** [DE/DE]; Dorstener Str. 31, 45657 Recklinghausen (DE). **HEUE, Matthias** [DE/DE]; Willi-Geldmacher-Str. 140, 44879 Bochum (DE). **PFITZINGER, Ernst-Wilhelm**

[DE/DE]; Broicher Waldweg 67, 45478 Mülheim an der Ruhr (DE). **PIEPER, Norbert** [DE/DE]; Steinstr. 61, 47178 Duisburg (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

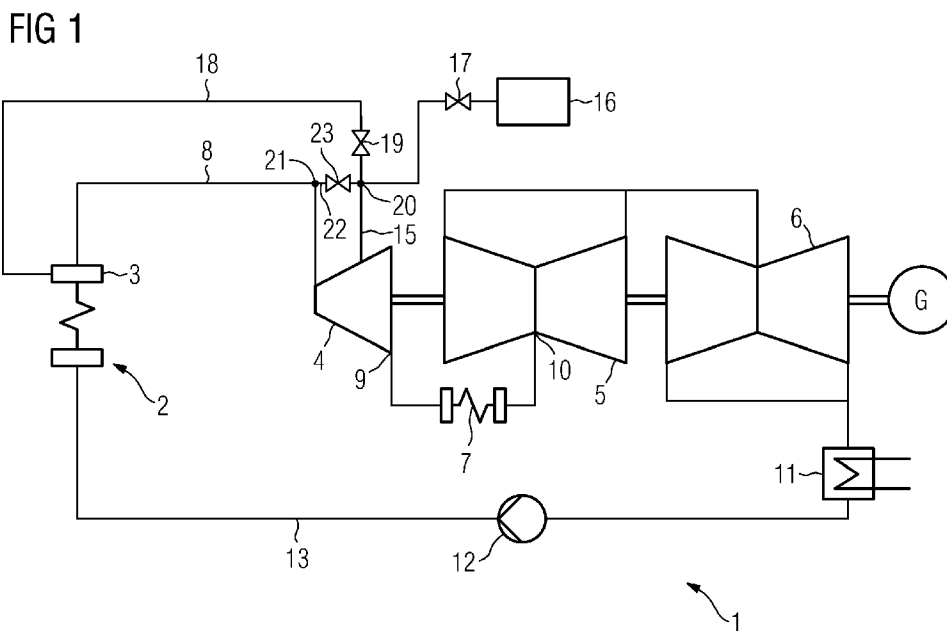
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A MULTI-STEP STEAM TURBINE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER MEHRSTUFIGEN DAMPFTURBINE



(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a multi-step steam turbine (4, 5, 6) that is suitable for high temperatures. The rotor (27) is embodied as a welded construction having a first component (33) and a second component (34) and a coolant is supplied to the steam turbine (4, 5, 6) after an intermediate stage (14) when said steam turbine (4, 5, 6) is in the light-load or no-load phase. As a result, the thermal loads in the outflow area (32) of the steam turbine (4, 5, 6) are reduced.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2008/104465 A2



GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer mehrstufigen Dampfturbine (4, 5, 6), wobei die Dampfturbine (4, 5, 6) für hohe Temperaturen geeignet ist, wobei der Rotor (27) als Schweißkonstruktion mit einer ersten Komponente (33) und einer zweiten Komponente (34) ausgeführt wird und der Dampfturbine (4, 5, 6) nach einer Zwischenstufe (14) ein Kühlmedium zugeführt wird, wenn die Dampfturbine (4, 5, 6) im Schwachlastbetrieb oder im Leerlaufbetrieb sich befindet. Dadurch werden die thermischen Belastungen im Abströmbereich (32) der Dampfturbine (4, 5, 6) gesenkt.

Beschreibung

Verfahren zum Betreiben einer mehrstufigen Dampfturbine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer mehrstufigen Dampfturbine sowie eine Dampfkraftanlage, umfassend eine mehrstufige Dampfturbine, einen Kessel und eine Kühlmediumzuführung.

10

Aus thermodynamischen Gründen ist es erforderlich die Frischdampftemperaturen zu erhöhen, um den Wirkungsgrad von modernen Dampfturbinenanlagen zu verbessern. Derzeit werden Dampfturbinen für Frischdampftemperaturen von ca. 630°C und

15

Frischdampfdrücke von ca. 300 bar konstruiert und gefertigt.

Die Auswahl der Materialien für den Rotor und das Gehäuse spielt eine bedeutende Rolle. Der Einsatz von Nickel-Basis-Legierungen als Hochtemperaturwerkstoff für Frischdampftemperaturen von geplanten 700°C scheint möglich. Der Rotor und

20

das Gehäuse einer für 700°C geeigneten Dampfturbine könnte somit aus einer Nickel-Basis-Legierung hergestellt werden, wobei dies eine sehr kostenintensive Lösung darstellen würde.

25

In Hochdruck-Teilturbinen werden die Materialien in der Umgebung des Einströmbereiches extrem thermisch belastet. Im Abdampfbereich der Hochdruck-Teilturbine ist die Temperatur und der Druck des Frischdampfes gering im Vergleich zu der Temperatur und dem Druck des Frischdampfes. Der Einsatz der teuren Nickel-Basis-Legierung im Abdampfbereich ist daher nicht

30

zwingend erforderlich.

35

Es ist daher üblich, Hochdruck-Teilturbinen aus unterschiedlichen Werkstoffen zu fertigen. So könnte beispielsweise der Rotor als Schweißkonstruktion ausgeführt werden, wobei im Frischdampfbereich eine Nickel-Basis-Legierung und im Abdampfbereich ein konventioneller Werkstoff verwendet wird. Dies würde zu insgesamt geringeren Herstellungskosten führen. Eine solch gefertigte Hochdruck-Teilturbine würde den im Be-

trieb auftretenden Belastungen standhalten. Allerdings sind die Dampftemperaturen im Abdampfbereich der Hochdruck-Teilturbine während eines Leerlaufbetriebes bzw. Schwachlastbetriebes vergleichsweise hoch, wodurch der konventionelle
5 Werkstoff thermisch zu sehr belastet wird. Dieses Problem tritt insbesondere bei einem Heißstart auf, da die Frischdampftemperaturen nicht beliebig abgesenkt werden können, um die thermische Belastung der Einströmung zu begrenzen.

10 In der DD 148 367 wird ein Verfahren zum Erniedrigen der Arbeitsfähigkeit des Dampfes bei einem Lastabwurf beschrieben, wobei die Lösung darin besteht, dem Frischdampf über Einspritzdüsen Wasser beizumengen, wodurch die Temperatur des Dampfes sinkt.

15 Wünschenswert wäre eine aus unterschiedlichen Materialien ausgebildete Hochdruck-Teilturbine, die für unterschiedliche Lastbedingungen, wie z. B. Schwachlast oder Hochlast geeignet ist.

20 An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein Verfahren zum Betreiben einer Dampfturbine und eine Dampfkraftanlage anzugeben, wobei die Dampfturbine kostengünstig hergestellt werden kann.

25 Die auf das Verfahren hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben einer mehrstufigen Dampfturbine, wobei der Dampfturbine Frischdampf und nach einer Zwischenstufe ein Kühlmedium zugeführt wird.

30 Die Erfindung geht von dem Aspekt aus, dass eine Hochdruck-Teilturbine im Abdampfbereich aus einem konventionellen Werkstoff ausgeführt werden kann, wenn der Abdampfbereich im Leerlauf oder Schwachlastbetrieb geeignet gekühlt wird. Die
35 erfolgt erfindungsgemäß, in dem nach der Zwischenstufe in der Dampfturbine ein Kühlmedium zugeführt wird. Somit wird der Bereich der Dampfturbine nach dieser Zwischenstufe abgekühlt. Der vor dieser Zwischenstufe vorhandene Bereich der Dampftur-

bine kann aus einer Nickel-Basis-Legierung ausgeführt sein, wobei der im Abdampfbereich eingesetzte Werkstoff aus einem konventionellen Werkstoff ausgeführt werden kann, da die Temperaturen im Abdampfbereich nunmehr gezielt gesenkt werden
5 können.

Somit wird im Gegensatz zur DD 148 367 nicht der gesamte Frischdampf durch das Einspritzen von Wasser abgekühlt, sondern lediglich ein bereits in der Dampfturbine abgekühlter
10 und entspannter Dampf weiter durch das Kühlmedium abgekühlt, wodurch eine sprunghafte Senkung der Temperatur des in der Dampfturbine befindlichen Dampfes erfolgt.

Vorzugsweise wird das Kühlmedium aus einem Gemisch aus Treib-
15 dampf und Wasser gebildet.

Dies ist eine vergleichsweise schnelle und günstige Lösung, ein geeignetes Kühlmedium bereitzustellen, denn durch die hohe Verdampfungswärme des Wassers erfährt die eingeschlos-
20 sene Dampfmenge eine starke Temperatur- und somit auch Druckabsenkung.

Vorzugsweise wird der Treibdampf aus dem Kessel entnommen. Dadurch kann in einer bestehenden Dampfkraftanlage ohne wei-
25 teres der Kessel, der auch als Dampferzeuger bezeichnet wird, leicht umgerüstet werden, um Treibdampf zu erhalten.

Alternativ dazu kann in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Treibdampf über eine Bypassleitung aus der
30 Frischdampfzuführung abgezweigt werden. Dies wäre neben der Abzweigung direkt aus dem Kessel eine weitere einfache und kostengünstige Möglichkeit, einen geeigneten Treibdampf bereitzustellen, der durch die Zumischung von Wasser als Kühlmedium in der Dampfturbine eingesetzt werden kann.

35

In einer bevorzugten Ausführungsform wird das Kühlmedium im Leerlaufbetrieb oder im Schwachlastbetrieb zugeführt.

Bevorzugterweise wird das Kühlmedium insbesondere zu Beginn eines Heißstarts zugeführt. Während eines Heißstarts ist die Temperatur der Materialien der Hochdruck-Teilturbine vergleichsweise hoch, so dass bei einem Heißstart der Frischdampf die gesamte Hochdruck-Teilturbine thermisch belastet. Insbesondere wird, da die Dampfturbine während des Anfahrens mit Schwachlast betrieben und somit der Dampf im Abströmbereich vergleichsweise hohe Temperaturen aufweist, die Hochdruck-Teilturbine während eines Heißstarts besonders thermisch belastet.

Bevorzugterweise wird das Kühlmedium während eines Anfahrvorgangs bis zur Erreichung einer Synchronisation und/oder einer Mindestleistung zugeführt. Dies hat den Vorteil, dass die Hochdruckdampftemperatur durch Regeln des Kühlmediummassenstroms konstant gehalten werden kann.

In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird die Dampfturbine derart weitergebildet, dass nach einer zweiten Stufe ein Zusatzkühlmedium zusätzlich zugeführt wird.

Dies hat den Vorteil, dass der Abströmbereich der Hochdruck-Teilturbine weiter abgekühlt wird, wodurch im Abströmbereich geeignete konventionelle Werkstoffe verwendet werden können.

Das Zusatzkühlmedium wird hierbei bevorzugterweise aus dem Kühlmedium abgezweigt, was eine kostengünstige Möglichkeit ist, eine bestehende Kraftwerksanlage umzurüsten.

In einer vorteilhaften Ausführungsform wird das Zusatzkühlmedium aus einem in einer Leitschaufel angebrachten Kanal ausgeströmt. Dadurch ist es möglich, Zusatzkühlmedium sozusagen schnell und großflächig in den Strömungskanal der Strömungsmaschine strömen zu lassen. Die Vermischung des Zusatzkühlmediums mit dem Strömungsmedium ist hierbei vergleichsweise hoch, so dass die Temperatur sprunghaft gesenkt wird.

Die auf die Dampfkraftanlage hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch eine Dampfkraftanlage, umfassend eine mehrstufige Dampfturbine, einen Kessel und eine Kühlmediumzuführung, wobei die Kühlmediumzuführung nach einer Zwischenstufe in die Dampfturbine mündet. Die Vorteile entsprechen im Wesentlichen den beim Verfahren erwähnten.

Vorzugsweise ist die Kühlmediumzuführung strömungstechnisch mit dem Kessel und einem Wasserreservoir verbunden.

In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist die Kühlmediumzuführung strömungstechnisch mit einer Bypassleitung aus einer Frischdampfzuführungsleitung und einem Wasserreservoir verbunden.

Bevorzugterweise weist die Dampfturbine eine zweite Stufe auf, die mit einer Zusatzkühlmediumzuführung strömungstechnisch verbunden ist.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen, die in den Figuren dargestellt sind, näher erläutert.

Es zeigen:

Figur 1 eine Darstellung einer Dampfkraftanlage,
Figur 2 eine Schnittdarstellung einer Hochdruck-Teilturbine,
Figur 3 Temperaturkurven innerhalb der Hochdruck-Teilturbine.

30

In der Figur 1 ist eine Dampfkraftanlage 1 zu sehen. Die Dampfkraftanlage 1 umfasst einen Dampferzeuger 2. Eine andere Bezeichnung für einen Dampferzeuger 2 lautet Kessel 2. Der Dampferzeuger 2 umfasst einen Sammelbehälter 3, in dem der Dampf gesammelt werden kann. Des Weiteren umfasst die Dampfkraftanlage 1 eine Hochdruck-Teilturbine 4, eine Mitteldruck-Teilturbine 5 und eine Niederdruck-Teilturbine 6. In der

Fachwelt ist die Einteilung in Hochdruck-, Mitteldruck- und Niederdruck-Teilturbine nicht einheitlich definiert. Es existiert eine DIN-Norm, nach welcher eine Hochdruck-Teilturbine 4 derart definiert ist, dass eine solche vorliegt, wenn der
5 aus der Hochdruck-Teilturbine 4 ausströmende Dampf in einem Zwischenüberhitzer 7 erhitzt wird und anschließend in eine Mitteldruck-Teilturbine 5 strömt.

In dem Dampferzeuger 2 wird Frischdampf erzeugt, der über
10 eine Leitung 8 der Hochdruck-Teilturbine 4 zugeführt wird. Die Hochdruck-Teilturbine 4, als Ausführungsform einer Dampfturbine, umfasst mehrere Stufen. Am Ausströmstutzen 9 strömt Dampf zum Zwischenüberhitzer 7 und wird dort erhitzt und anschließend zum Einströmstutzen 10 der Mitteldruck-Teilturbine
15 5 geführt. In der Mitteldruck-Teilturbine 5 entspannt sich der Dampf weiter, wobei er nach dem Austritt aus der Mitteldruck-Teilturbine 5 in die Niederdruck-Teilturbine 6 strömt. Nach der Niederdruck-Teilturbine 6 strömt der Dampf in einen Kondensator 11, wo er zu Wasser kondensiert.

20 Mittels einer Pumpe 12 wird das kondensierte Wasser über eine weitere Leitung 13 zum Dampferzeuger 2 geführt.

Die Hochdruck-Teilturbine 4 wird derart betrieben, dass nach
25 einer Zwischenstufe 14 ein Kühlmedium zugeführt wird. Dazu weist die Dampfkraftanlage 1 eine Kühlmediumzuführung 15 auf, die nach der Zwischenstufe 14 in die Hochdruck-Teilturbine 4 mündet.

30 Das Kühlmedium wird aus einem Gemisch aus Treibdampf und Wasser gebildet. Das Wasser wird aus einem Wasserreservoir 16 entnommen, das über einem Ventil 17 dem Treibdampf zugemischt werden kann. Der Treibdampf wird aus einer Abzweingleitung 18 entnommen, die in dem Sammelbehälter 3 des Dampferzeugers 2
35 mündet. Somit wird Frischdampf aus dem Dampferzeuger 2 über die Abzweingleitung 18 und einem Ventil 19 am Knotenpunkt 20 mit dem Wasser aus dem Wasserreservoir 16 vermischt und über

die Kühlmediumzuführung 15 nach der Zwischenstufe 14 in die Hochdruck-Teilturbine 4 geführt.

In einer alternativen Ausführungsform kann die Abzweigung 5 18 und das Ventil 19 entfallen und dafür der Treibdampf aus der Leitung 8 am Abzweigknotenpunkt 21 über eine Bypassleitung 22 und einem Ventil 23 dem Knotenpunkt 20 zugeführt werden.

10 Der Massenstrom des Treibdampfes und des Wassers kann über Drosseln, die nicht näher dargestellt sind und den Ventilen 17, 19, 23 eingestellt werden. Die Drosseln und/oder die Ventile 17, 19, 23 können an ein Steuersystem angekoppelt werden, das die Durchflussmenge regelt. Die Regelung kann hier-
15 bei derart ausgeführt werden, dass mit wachsender Zeit nach Erreichen einer Mindestlast die Durchflussmenge sukzessive reduziert wird und schließlich komplett ausgeschaltet wird.

Die Dampfturbine 4 wird hierbei derart betrieben, dass das
20 Kühlmedium im Leerlaufbetrieb oder im Schwachlastbetrieb der Hochdruck-Teilturbine 4 zugeführt wird.

Das Kühlmedium wird während eines Anfahrvorgangs bis zur Er-
reichung einer Synchronisation und/oder einer Mindestleistung
25 zugeführt. Unter einer Synchronisation ist die Synchronisa-
tion mit der Netzfrequenz zu verstehen. Unter Mindestleistung
ist eine Leistung zu verstehen, bei der die Hochdruckturbine
genügend Leistung abgibt und so niedrige Abdampftemperaturen
aufweist.

30

In der Figur 2 ist eine Querschnittsansicht der Hochdruck-
Teilturbine 4 zu sehen. Die Hochdruck-Teilturbine 4 umfasst
ein Außengehäuse 24 und ein Innengehäuse 25. Am Innengehäuse
25 sind mehrere Leitschaufeln 26 angeordnet, wobei aus Grün-
35 den der Übersichtlichkeit lediglich eine Leitschaufel mit dem
Bezugszeichen 26 versehen wurde. Innerhalb des Innengehäuses
25 ist ein Rotor 27 drehbar gelagert. Der Rotor 27 umfasst
mehrere Laufschaufeln 28, wobei aus Gründen der Übersicht-

lichkeit lediglich eine Laufschaufel mit dem Bezugszeichen 28
versehen wurde. Die Hochdruck-Teilturbine 4 weist eine Ein-
strömung 29 auf, in die der Frischdampf aus dem Dampferzeuger
2 zugeführt wird. Der somit zugeführte Frischdampf wird durch
5 die Leitschaufeln 26 und Laufschaufeln 28 geführt, wobei sich
der Frischdampf entspannt und die Temperatur sinkt. Zwischen
dem Rotor 27 und der Innenfläche des Innengehäuses 25 wird
ein Strömungskanal 30 gebildet, der in einen Ausströmstutzen
31 endet.

10

Die Hochdruck-Teilturbine 4 wird derart ausgeführt, dass eine
Kühlmediumzuführung 15 derart angeordnet ist, dass das Kühl-
medium nach der Zwischenstufe 14 in den Strömungskanal 30 ge-
führt werden kann. Der Bereich bis zur Zwischenstufe 14, ins-
15 besondere der Bereich um die Einströmung 29 ist thermisch be-
sonders belastet und sollte daher aus einer Nickel-Basis-Le-
gierung ausgeführt sein. Durch das Einströmen des Kühlmediums
nach der Zwischenstufe 14 über die Kühlmediumzuführung 15
findet eine Abkühlung des Strömungsmediums im Strömungskanal
20 30 statt, die dazu führt, dass im Abströmbereich 32 die Tem-
peratur gesenkt wird und daher ein günstigeres Material als
die Nickel-Basis-Legierung verwendet werden kann. Der Rotor
27 kann daher aus zwei Komponenten hergestellt werden, wobei
die erste Komponente 33 aus der Nickel-Basis-Legierung und
25 die zweite Komponente 34 aus einem günstigeren Material aus-
geführt werden kann. Die erste Komponente 33 und die zweite
Komponente 34 werden mittels einer Schweißung 35 miteinander
verbunden.

30

Die Dampfkraftanlage 1 kann durch die Zuführung von einem Zu-
satzkühlmedium nach einer zweiten Stufe zusätzlich gekühlt
werden. Die zweite Stufe ist in der Figur 2 nicht näher dar-
gestellt, liegt aber in Strömungsrichtung gesehen nach der
Zwischenstufe 14. Das Zusatzkühlmedium wird aus dem Kühlme-
35 dium abgezweigt.

Die Hochdruck-Teilturbine 4 wird hierbei derart ausgeführt,
dass die Leitschaufeln 26 der zweiten Stufe Kanäle aufweisen.

Diese Leitschaufeln 26 der zweiten Stufe werden demnach mehr oder weniger hohl ausgeführt, wobei der Hohlraum mit dem Zusatzkühlmedium gefüllt werden kann. Das Zusatzkühlmedium strömt aus diesen Kanälen aus der Leitschaufel 26 der zweiten Stufe und vermischt sich mit dem im Strömungskanal 30 befindlichen Strömungsmedium. Das bedeutet, dass ab dieser Stelle, nach der zweiten Stufe eine weitere Abkühlung des Strömungsmediums stattfindet und ab dieser Stelle die thermische Belastung verringert wird.

10

Hochdruck-Teilturbinen 4 werden in manchen Ausführungsformen mit einem Dampfanzapfstutzen ausgebildet. Diese Dampfanzapfstutzen werden im normalen Lastbetrieb der Hochdruck-Teilturbine 4 als Anzapfung benutzt, wobei über den Dampfanzapfstutzen Dampf aus dem Strömungskanal 30 abgeführt wird. Im Leerlauf oder im Schwachlastbetrieb wird dieser Dampfanzapfstutzen zu der Kühlmediumzuführung quasi verwandelt, über diese das Kühlmedium in die Hochdruck-Teilturbine 4 gelangt. Der Dampfanzapfstutzen weist daher eine Doppelfunktion auf.

15

20

Einerseits zum Abführen von Dampf aus dem Strömungskanal 30 im Lastbetrieb und andererseits zum Zuführen von Kühlmedium während eines Schwachlastbetriebes oder im Leerlauf.

25

Die Hochdruck-Teilturbine 4 umfasst die zweite Stufe, die mit einer Zusatzkühlmediumzuführung strömungstechnisch verbunden ist. Die Zusatzkühlmediumzuführung ist strömungstechnisch mit dem Dampferzeuger 2 und dem Wasserreservoir 16 verbunden, was in der Figur 1 nicht näher dargestellt ist.

30

In der Figur 3 ist der Temperaturverlauf innerhalb der Hochdruck-Teilturbine 4 in Abhängigkeit der Stufenanzahl N ($n_1 - n_7$) dargestellt. Die Stufen n_1, n_2, \dots, n_7 stehen für positive ganze Zahlen, die der Anzahl an Stufen entsprechen. Die genaue Anzahl an Stufen ist für das genaue Verständnis der Erfindung nicht erforderlich, weswegen die Anzahl an Stufen durch die Indizes 1 bis 7 ersetzt wurden. Die Kurve 36 zeigt den Temperaturverlauf in Abhängigkeit der Stufen im Normalbetrieb. Es ist deutlich zu sehen, dass die Temperatur von ca.

35

700°C auf ca. 420°C nach der Stufe n_6 sinkt. Dies erfolgt durch thermodynamische Umwandlungen, wobei der Frischdampf entspannt wird und die Temperatur gesenkt wird.

5 Die zweite Kurve 37 zeigt den Verlauf der Temperatur in Abhängigkeit der Stufen N im Leerlauf oder Schwachlastbetrieb, wenn keine erfindungsgemäßen Maßnahmen durchgeführt werden. Mann sieht deutlich, dass die Temperatur bis zur Stufe n_4 kaum sinkt und nach der Stufe n_4 sogar ansteigt. Das bedeutet,
10 tet, dass die Stufen ab ca. n_3 im Abströmbereich thermisch belastet werden, weil die Temperaturen dort durchweg höher als 600°C sind. Die dritte Kurve 38 zeigt den Verlauf der Temperatur T in Abhängigkeit der Stufen N im Schwachlast oder Leerlaufbetrieb, wenn nach der Stufe n_4 , die als Zwischenstufe 14 zu verstehen ist, dass Kühlmedium der Hochdruck-
15 Teilturbine 4 zugeführt wird. An der senkrecht gestrichelten Linie erkennt man sehr deutlich, dass die Temperatur an der Stelle einen deutlichen Sprung von ca. 630°C auf 470°C zeigt. Das bedeutet, dass ab dieser Stelle die Hochdruck-Teilturbine
20 4 weniger thermisch belastet wird, weil die Temperaturen in diesem Bereich nicht über 500°C steigen.

Die vierte Kurve 41 zeigt den Temperaturverlauf T in Abhängigkeit der Stufen N, wenn die Zwischenstufe 14 an der Stelle
25 n_3 erfolgt und an der Stelle n_4 das Zusatzkühlmedium nach der zweiten Stufe zusätzlich zugeführt wird. Man erkennt ganz deutlich, dass nach der Zwischenstufe 14, d. h. in der Darstellung gemäß Figur 3 kurz nach der Stufe n_3 die Temperatur sprunghaft von ca. 640°C auf 540°C sinkt und anschließend
30 nach der weiteren Zuführung von zusätzlichem Zusatzkühlmediums die Temperatur von ca. 530°C auf 490°C sinkt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer mehrstufigen Dampfturbine
5 (4, 5, 6),
wobei der Dampfturbine Frischdampf und nach einer Zwischen-
stufe (14) ein Kühlmedium zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
10 wobei das Kühlmedium aus einem Gemisch aus Treibdampf und
Wasser gebildet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2,
wobei der Treibdampf aus einem Kessel (2) entnommen wird.
15
4. Verfahren nach Anspruch 2,
wobei der Treibdampf über eine Bypassleitung (22) aus der
Frischdampfzuführung abgezweigt wird.
- 20 5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei das Kühlmedium im Leerlaufbetrieb oder im Schwach-
lastbetrieb zugeführt wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
25 wobei das Kühlmedium zu Beginn eines Heißstarts zugeführt
wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4 und 6,
wobei das Kühlmedium während eines Anfahrvorgangs bis zur
30 Erreichung einer Synchronisation und/oder einer Mindest-
leistung zugeführt wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
wobei nach einer zweiten Stufe ein Zusatzkühlmedium zusätz-
35 lich zugeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,
wobei das Zusatzkühlmedium aus dem Kühlmedium abgezweigt
wird.
- 5 10. Verfahren nach Anspruch 8,
wobei die thermodynamischen Größen des Zusatzkühlmediums
zum Kühlmedium unterschiedlich sind.
11. Verfahren nach Anspruch 10,
10 wobei die Temperatur und der Druck des Zusatzkühlmediums
niedriger sind als die Temperatur und der Druck des Kühlme-
diums.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,
15 wobei das Zusatzkühlmedium aus an einer Leitschaufel (26)
angebrachten Kanälen ausgeströmt wird.
13. Dampfkraftanlage (1),
umfassend eine mehrstufige Dampfturbine (4, 5, 6), einen
20 Kessel (2) und eine Kühlmediumzuführung (15),
dadurch gekennzeichnet, dass
die Kühlmediumzuführung (15) nach einer Zwischenstufe (14)
in die Dampfturbine (4, 5, 6) mündet.
- 25 14. Dampfkraftanlage (1) nach Anspruch 13,
wobei die Kühlmediumzuführung (15) strömungstechnisch mit
dem Kanal und einem Wasserreservoir (16) verbunden ist.
15. Dampfkraftanlage (1) nach Anspruch 13,
30 wobei die Kühlmediumzuführung (15) strömungstechnisch mit
einer Bypassleitung (22) aus einer Frischdampfzuführungs-
leitung und einem Wasserreservoir (16) verbunden ist.

16. Dampfkraftanlage (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
wobei die Dampfturbine (4, 5, 6) einen Dampfanzapfstutzen
aufweist, der im Lastbetrieb als Anzapfung und im Leerlauf
oder Schwachlastbetrieb als Kühlmediumzuführung (15) vorge-
5 sehen ist.
17. Dampfkraftanlage (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 15,
wobei die Dampfturbine eine zweite Stufe aufweist, die mit
einer Zusatzkühlmediumzuführung strömungstechnisch verbun-
10 den ist.
18. Dampfkraftanlage (1) nach Anspruch 17,
wobei die Zusatzkühlmediumzuführung strömungstechnisch mit
dem Kessel (2) und einem Wasserreservoir (16) verbunden
15 ist.
19. Dampfkraftanlage (1) nach Anspruch 17,
wobei die Zusatzkühlmediumzuführung strömungstechnisch mit
einer Zusatz-Bypassleitung aus der Frischdampfzuführungs-
20 leitung und einem Wasserreservoir (16) verbunden ist.
20. Dampfkraftanlage (1) nach einem der Ansprüche 13 bis 19,
wobei die Kühlmediumzuführung (15) und/oder die Zusatzkühl-
mediumzuführung in in einer Leitschaufel (26) angeordnetem
25 Kanal mündet bzw. münden.

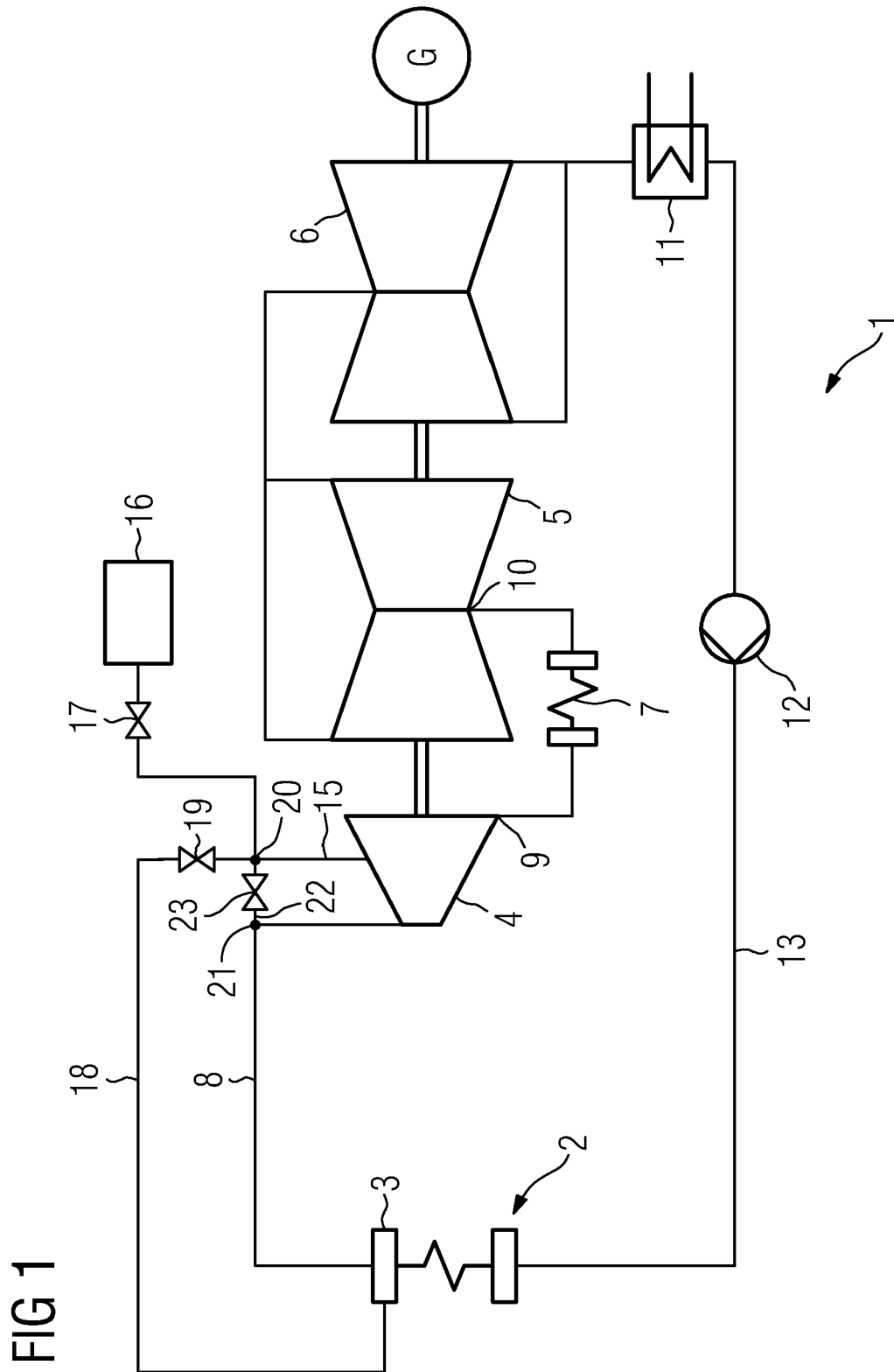


FIG 1

FIG 3

