

(19)



(11)

EP 1 744 020 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
17.01.2007 Patentblatt 2007/03

(51) Int Cl.:
F01K 13/02 ^(2006.01) **F01K 7/16** ^(2006.01)
F01D 19/02 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05015350.1**

(22) Anmeldetag: **14.07.2005**

(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 NL PL PT RO SE SI SK TR
 Benannte Erstreckungsstaaten:
AL BA HR MK YU

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

(72) Erfinder:
 • **Gobrecht, Edwin**
40885 Ratingen (DE)
 • **Quinkertz, Rainer Dr**
45130 Essen (DE)

(54) **Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage (1b), die wenigstens eine Dampfturbine (20a, 20b, 20c) und wenigstens eine Dampferzeugungsanlage (30b, 30, 44, 46, 52, 50) zum Erzeugen von die Dampfturbine (20a, 20b, 20c) antreibenden Dampf aufweist, wobei die Dampfturbinenanlage (1b) zumindest ein Bezugs-Bauteil aufweist, das zu einem Startzeitpunkt eine Ausgangstemperatur von größer als 250°C aufweist, wobei die Temperatur des Dampfes und des Bezugs-Bauteils fortlaufend gemessen wird,

wobei das Bezugs-Bauteil der Dampfturbinenanlage (1b) ab dem Startzeitpunkt mit Dampf beaufschlagt wird. Die Starttemperatur des Dampfes ist hierbei niedriger als die Temperatur des Bezugs-Bauteils und die Temperatur des Dampfes wird mit einem Start-Transienten erhöht und die Starttemperatur wird derart gewählt, dass die Temperaturänderung pro Zeiteinheit des Bezugs-Bauteils unter einem vorgegebenen Grenzwert liegt. Die Temperatur des Bezugs-Bauteils wird zunächst niedriger bis ein Minimum erreicht wird und anschließend höher.

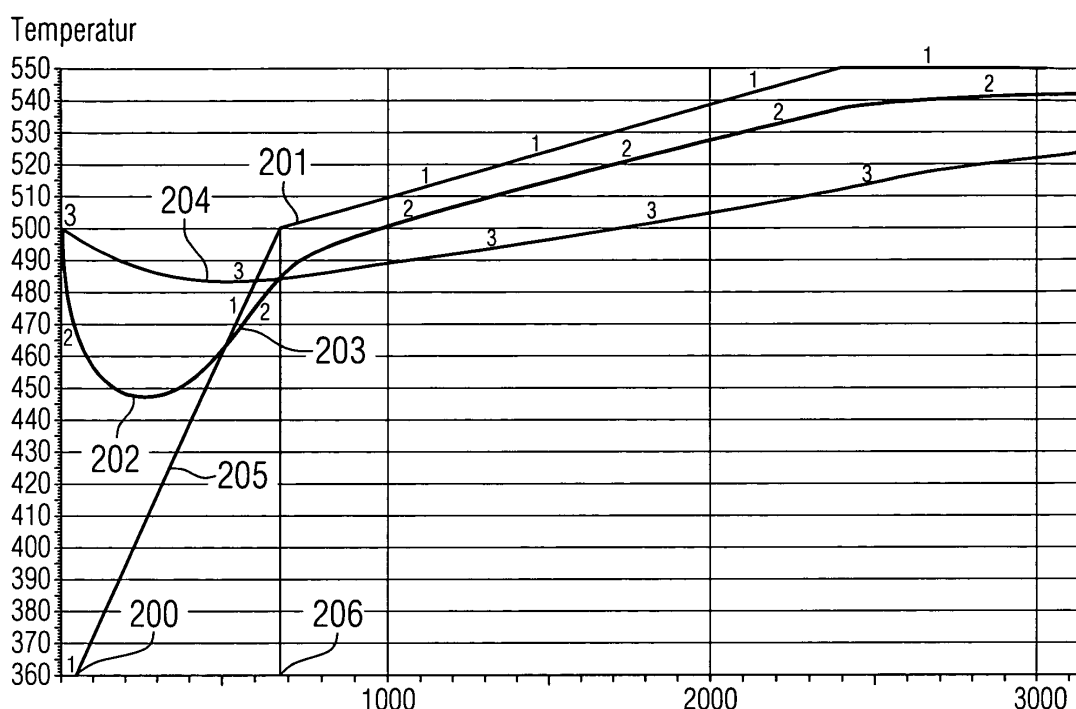
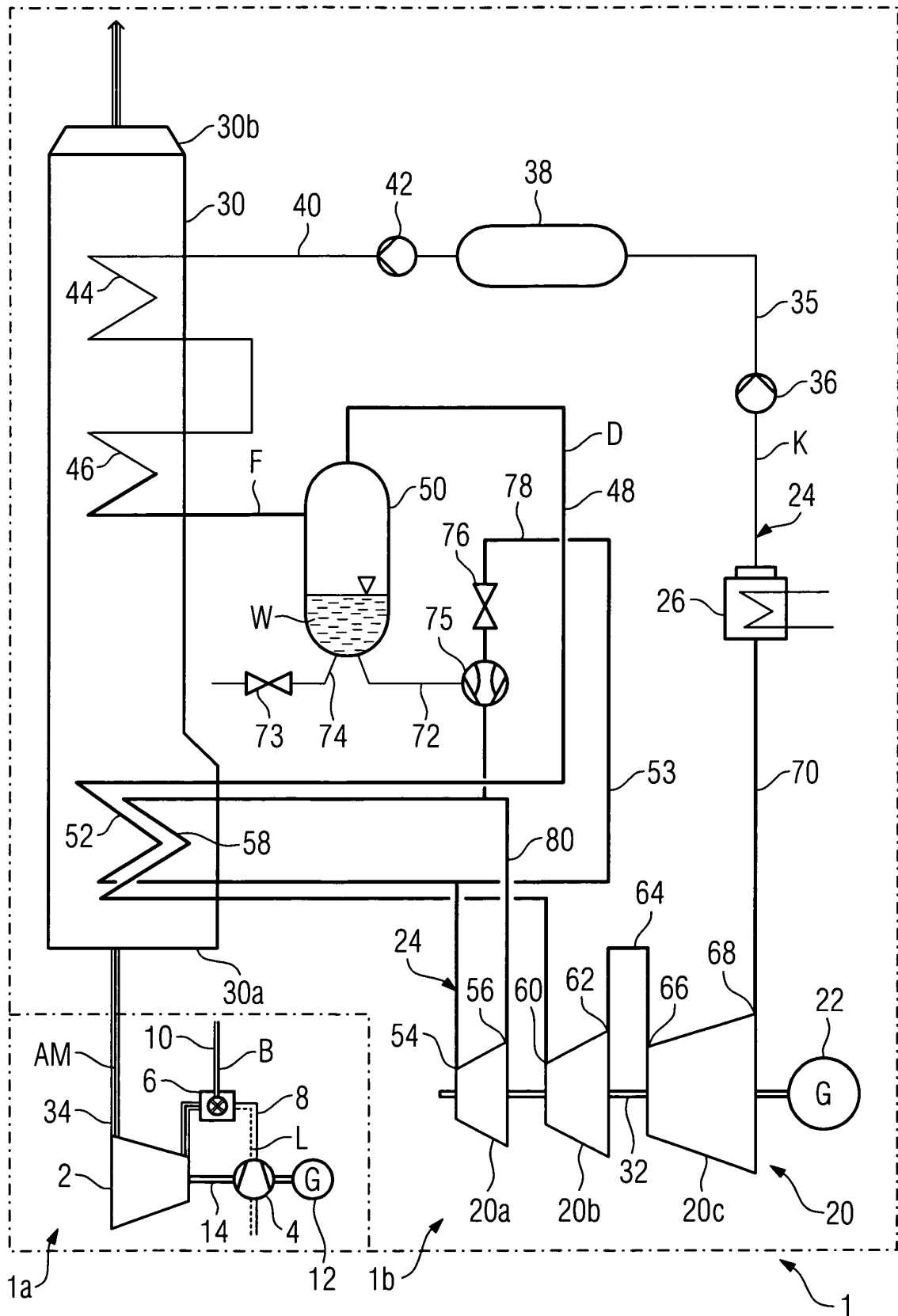
FIG 2
EP 1 744 020 A1

FIG 1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage, die wenigstens eine Dampfturbine und wenigstens eine Dampferzeugungsanlage zum Erzeugen von die Dampfturbine antreibendem Dampf aufweist, wobei die Dampfturbinenanlage zumindest ein Bezugs-Bauteil aufweist, das zu einem Startzeitpunkt eine Ausgangstemperatur von größer 250°C aufweist, wobei die Temperatur des Dampfes und des Bezugs-Bauteils fortlaufend gemessen wird, wobei das Bezugs-Bauteil der Dampfturbinenanlage ab dem Startzeitpunkt mit Dampf beaufschlagt wird.

[0002] Zum Starten einer Dampfturbinenanlage wird üblicherweise der in einem Abhitzedampferzeuger erzeugte Dampf zunächst nicht dem Dampfturbinenteil einer Dampfturbinenanlage zugeführt, sondern über Umleitstationen an der Turbine vorbeigeführt und direkt einem Kondensat zugeführt, welcher den Dampf zu Wasser kondensiert. Das Kondensat wird dann wieder als Speisewasser dem Dampferzeuger zugeführt oder über ein Dach abgeblasen, falls keine Umleitstation vorhanden ist. Erst dann, wenn bestimmte Dampfparameter in den Dampfleitungen des Wasser-Dampfkreislaufes bzw. in den zu dem Turbinenteil der Dampfturbinenanlage führenden Dampfleitungen, beispielsweise bestimmte Dampfdrücke und -temperaturen, eingehalten sind, wird die Dampfturbine zugeschaltet. Das Einhalten dieser Dampfparameter soll mögliche Spannungen in dickwandigen Bauteilen auf einem niedrigen Niveau halten und unzulässige Relativdehnungen vermeiden.

[0003] Wenn eine Dampfturbine über eine gewisse Zeit bei Betriebstemperaturen beansprucht wird, weisen die dickwandigen Bauteile der Dampfturbine nach Nachtstillständen oder auch nach Wochenendstillständen noch hohe Ausgangstemperaturen auf. Dickwandige Bauteile sind hierbei z. B. ein Ventilgehäuse oder ein Hochdruck-Teilturbinen-Gehäuse oder eine Hochdruck- bzw. Mitteldruckwelle. Nach Nachtstillständen, die etwa 8 Stunden dauern bzw. Wochenendstillständen, die etwa 48 Stunden dauern, liegen die Ausgangstemperaturen typischerweise zwischen 300° und 500°C.

[0004] Wenn die dickwandigen Bauteile einer Dampfturbinenanlage nach einem Heißstart bzw. einem Warmstart, d.h. nach einem Nachtstillstand bzw. einem Wochenendstillstand, mit dem ersten zur Verfügung stehenden Dampf, den der Dampferzeuger bzw. Kessel liefert, beaufschlagt wird, besteht die Gefahr, dass die dickwandigen Bauteile zu schnell abgekühlt werden, da in der Regel der erste Dampf eine vergleichsweise niedrige Temperatur gegenüber dem dickwandigen Bauteil aufweist.

[0005] Aus den großen Temperaturunterschieden zwischen dem Dampf und den dickwandigen Bauteilen können sehr große thermische Spannungen entstehen, die zu einer Ermüdung des Materials und dadurch zu einer Verkürzung der Lebensdauer führt.

[0006] Zudem können zwischen der Welle und dem

Gehäuse unzulässig hohe Relativdehnungen auftreten, die zu einer Spielüberdrückung führen können.

[0007] Um das Risiko von zu großen Temperaturunterschieden zwischen dem Dampf und den dickwandigen Bauteilen, die zu großen thermischen Spannungen führen, gering zu halten, werden derzeit in einer Dampfturbinenanlage die Stellventile so lange geschlossen gehalten, bis der Dampferzeuger bzw. Kessel Dampf mit entsprechend hoher Temperatur liefert. Diese Temperaturen liegen in etwa 50°C über einer Ausgangstemperatur einzelner dickwandiger Bauteile. Als Nachteil wird hier die lange Wartezeit bis zur Verfügbarkeit der Dampfturbinenanlage angesehen.

[0008] Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage der eingangs genannten Art anzugeben, das zu einer schnellen Verfügbarkeit der Dampfturbinenanlage führt.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage, die wenigstens eine Dampfturbine und wenigstens eine Dampferzeugungsanlage zum Erzeugen von die Dampfturbine antreibendem Dampf aufweist, wobei die Dampfturbinenanlage zumindest ein Bezugs-Bauteil aufweist, das zu einem Startzeitpunkt eine Ausgangstemperatur von größer als 250°C aufweist, wobei die Temperatur des Dampfes und des Bezugs-Bauteils fortlaufend gemessen wird, wobei das Bezugs-Bauteil der Dampfturbinenanlage ab dem Startzeitpunkt mit Dampf beaufschlagt wird, wobei die Starttemperatur des Dampfes niedriger ist als die Temperatur des Bezugs-Bauteils und die Temperatur des Dampfes mit einem Start-Transienten erhöht wird und die Starttemperatur und der Start-Transienten derart gewählt werden, dass die Temperaturänderung pro Zeiteinheit des Bezugs-Bauteils unter einem vorgegebenen Grenzwert liegt, wobei die Temperatur des Bezugs-Bauteils zunächst niedriger wird bis ein Minimum erreicht wird und anschließend höher wird. Die Temperaturänderung pro Zeiteinheit des Bezug-Bauteils liegt hierbei bei Werten größer oder gleich 5K/min.

[0010] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass die dickwandigen Bauteile einer Dampfturbinenanlage trotz der im Vergleich zur Temperatur des Dampfes hohen Ausgangstemperaturen mit dem Dampf beaufschlagt werden kann, dessen Temperatur unter der Ausgangstemperatur einzelner Bezugs-Bauteile liegt. Die Temperatur des Dampfes muss hierzu mit einem hinreichenden Transienten erhöht werden, so dass die mittlere integrale Temperatur der dickwandigen Bezugs-Bauteile nur eine vernachlässigbar geringe Abkühlung erfahren unter einem Transienten ist eine Änderung, insbesondere Temperaturänderung pro Zeiteinheit zu verstehen (°K/min). Wohingegen unter einem Gradienten eine Änderung, insbesondere Temperaturänderung pro Wegstrecke (°K/min) zu verstehen ist. Dadurch können auch Relativdehnungsprobleme ausgeschlossen werden. Die Erfindung geht somit von der Erkenntnis aus, dass eine sehr schnelle Startzeit der Dampfturbinenanlage möglich ist, wenn auch das Erfordernis eines Dampfes aus dem

Dampferzeuger bzw. Kessels der etwa 50 Kelvin über der Ausgangstemperatur der Bezugs-Bauteile liegt, verzichtet wird und mit einem Dampf beaufschlagt wird, dessen Temperatur unter der Ausgangstemperatur der Bezugs-Bauteile liegt. Allerdings muss die Ausgangstemperatur des Dampfes nach Beaufschlagung der Bezugs-Bauteile mit einem hinreichenden und geeigneten Start-Gradienten gesteigert werden.

[0011] Ein zu niedriger Start-Gradient würde zu einer zu geringen Erhöhung der Temperatur des Dampfes führen und dadurch besteht die Gefahr, dass sich die dickwandigen Bauteile zu sehr abkühlen.

[0012] In einer vorteilhaften Ausgestaltung wird die Temperatur des Bezugs-Bauteils an einer Oberfläche dessen gemessen, die dem Dampf zugewandt ist. Naturgemäß kühlt ein Bezugs-Bauteil zunächst an der Oberfläche ab, und die weiter innen liegenden Bauteile kühlen vergleichsweise langsam ab. Dies führt zu einem Temperaturunterschied in der Dicke der Bezugs-Bauteile, die zu thermischen Spannungen führen können. Daher ist es von Vorteil, wenn die Temperatur des Bauteils direkt an der Oberfläche gemessen wird, die dem Dampf zugewandt ist.

[0013] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird das Verfahren dahingehend erweitert, dass eine weitere Temperatur an einer Stelle des Bezugs-Bauteils gemessen wird, die dem Dampf abgewandt ist, wobei die Ausgangstemperatur und der Start-Gradient derart gewählt werden, dass ein Temperaturunterschied zwischen der Temperatur an der Oberfläche und der weiteren Temperatur unter einem vorgegebenen Temperaturunterschiedsgrenzwert liegt.

[0014] Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass gerade ein hoher Temperaturunterschied zwischen der Temperatur der Oberfläche eines Bezugs-Bauteils und der Temperatur an einer benachbarten Stelle des Bezugs-Bauteils schädlich ist. Mit der Messung von zwei Temperaturen an einem Bezugs-Bauteil, wobei die eine Temperatur an der Oberfläche gemessen wird, die dem Dampf zugewandt ist und die andere Temperatur an einer Stelle gemessen wird, die dem Dampf abgewandt ist, besteht sofort die Möglichkeit, den aufkommenden Temperaturunterschied zu erfassen, um geeignete Maßnahmen zu treffen, d.h. ggf. den Start-Transienten des Dampfes anzupassen.

[0015] Idealerweise wird die weitere Temperatur an einer Oberfläche des Bezugs-Bauteils gemessen, die der vom Dampf beaufschlagten Oberfläche gegenüberliegt.

[0016] In einer weiteren vorteilhaften Weitergestaltung wird die weitere Temperatur im Wesentlichen in der Mitte des Bezugs-Bauteils gemessen. Da die dickwandigen Bezugs-Bauteile der Dampfturbinenanlage bei einer Temperaturerhöhung sich relativ träge verhalten, was bedeutet, dass die Temperaturerhöhung in der Wanddickenrichtung sehr langsam erfolgt, ist es von Vorteil, wenn die weitere Temperatur im wesentlichen in der Mitte des Bezugs-Bauteils gemessen wird. Dadurch ist eine sehr frühe Überwachung der Temperaturentwicklung der

dickwandigen Bezugs-Bauteile möglich.

[0017] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung wird der StartTransient derart gewählt, dass dessen Wert bei größer oder gleich 5K/min liegt. Der Wert kann konstant oder variabel sein. Dadurch ist es möglich, mit relativ einfachen verfahrenstechnischen Mitteln eine Dampfturbinenanlage zu starten.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung wird die Temperatur des Dampfes nach Erreichen eines Übernahmegrenzwertes mit einem Führungs-Gradienten erhöht, wobei der Wert des Führungs-Gradienten niedriger ist als der Wert des Start-Gradienten. Die Erfindung geht hierbei von dem Gedanken aus, dass zunächst ein im Vergleich zur Ausgangstemperatur des Bezugs-Bauteils kühlerer Dampf das Bezugs-Bauteil beaufschlagt. Dies führt zu einer Abkühlung der dem Dampf zugewandten Oberfläche des Bezugs-Bauteils. Die Starttemperatur des Dampfes darf hierbei nicht zu niedrig gegenüber der Starttemperatur des Bezugs-Bauteils sein. Auch muss die Erhöhung der Temperatur des Dampfes mit einem geeigneten Transienten erfolgen. Eine zu langsame Erhöhung der Temperatur des Dampfes führt zu einer Schädigung der Bezugs-Bauteile. Das dickwandige Bezugs-Bauteil kühlt sich zunächst ab, bis die Temperatur des Bezugs-Bauteils ein Minimum erreicht. Nach Erreichen dieses Minimums erhöht sich die Temperatur des Bezugs-Bauteils. Die Temperatur des Dampfes wird anschließend mit dem Start-Transienten bis zu einem Übernahmegrenzwert erhöht. Nach Erreichen des Übernahmegrenzwertes wird die Temperatur des Dampfes mit einem Führungs-Transienten weiter erhöht, wobei der Wert des Führungs-Transienten niedriger ist als der Wert des Start-Transienten. Eine zu schnelle Erhöhung der Temperatur des Dampfes würde dazu führen, dass sich die dem Dampf zugewandten Oberfläche gegenüber der dem Dampf abgewandten Oberfläche des Bezugs-Bauteils zu schnell erwärmt und dadurch zu einem zu großen Temperaturunterschied zwischen der Oberfläche, die dem Dampf zugewandt ist und der Oberfläche, die dem Dampf abgewandt ist, führt. Dies führt zu unerwünschten Schädigungen des Bezugs-Bauteils. Durch die Wahl eines geeigneten Führungs-Transienten, der niedriger sein muss als der Start-Transienten, ist eine Entwicklung eines zu großen Temperaturunterschiedes zwischen der dem Dampf zugewandten Seite und der dem Dampf abgewandten Seite verhindert.

[0019] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung erfolgt die Änderung der Temperatur des Dampfes durch externe Wassereinspritzung. Dadurch ist eine vergleichsweise einfache Möglichkeit gegeben, den Transienten der Temperaturerhöhung zu beeinflussen.

[0020] Vorteilhafterweise liegen die Ausgangstemperaturen der Bezugs-Bauteile zwischen 300° bis 450°C. Vorteilhafterweise liegt die Starttemperatur des Dampfes bis zu 150°C unter der Ausgangstemperatur. In einer vorteilhaften Weiterbildung liegt der Wert des Start-Transienten größer oder gleich 5 Kelvin pro Minute, insbesondere liegt er bei 13 Kelvin pro Minute. Nach einer

weiteren vorteilhaften Weiterbildung liegt der Wert des Führungs- Transienten zwischen 0 und 15 Kelvin pro Minute, insbesondere liegt der Wert bei 1 Kelvin pro Minute. Die Erfinder haben erkannt, dass diese Werte im heutigen Dampfturbinenbau geeignet sind, um das weiter oben beschriebene Verfahren auszuführen.

[0021] Anhand der Beschreibung und der Figuren werden Ausführungsbeispiele der Erfindung beschrieben. Dabei haben mit denselben Bezugszeichen versehene Komponenten die gleiche Funktionsweise.

[0022] Es zeigen

- Figur 1 eine schematische Darstellung einer Gas- und Dampfturbinenanlage,
 Figur 2 eine grafische Darstellung der Temperaturerhöhungen,
 Figur 3 eine zeitliche Entwicklung der Verfügbarkeitsrate der Dampfturbine.

[0023] Die in Figur 1 schematisch dargestellte kombinierte Gas- und Dampfturbinenanlage 1 umfasst eine Gasturbinenanlage 1a sowie eine Dampfturbinenanlage 1b. Die Gasturbinenanlage 1a ist mit einer Gasturbine 2, einem Verdichter 4 sowie wenigstens einer zwischen dem Verdichter 4 und der Gasturbine 2 geschalteten Brennkammer 6 ausgestattet. Mittels des Verdichters 4 wird Frischluft L angesaugt, verdichtet und über die Frischluftleitung 8 einem oder mehreren Brennern der Brennkammer 6 zugeführt. Die zugeführte Luft wird mit über eine Brennstoffleitung 10 zugeführtem flüssigen oder gasförmigen Brennstoff B gemischt und das Gemisch entzündet. Die dabei entstehenden Verbrennungsabgase bilden das Arbeitsmedium AM der Gasturbinenanlage 1a, welches der Gasturbine 2 zugeführt wird, wo es unter Entspannung Arbeit leistet und eine mit der Gasturbine 2 gekoppelte Welle 14 antreibt. Die Welle 14 ist außer mit der Gasturbine 2 auch mit dem Luftverdichter 4 sowie einem Generator 12 gekoppelt, um diesen anzutreiben. Das entspannte Arbeitsmedium AM wird über eine Abgasleitung 34 an einen Abhitzedampferzeuger 30 der Dampfturbinenanlage 1b abgeführt. Im Abhitzedampferzeuger 30 wird das von der Gasturbine 1a mit einer Temperatur von ca. 500° bis 600°C ausgegebene Arbeitsmedium zum Erzeugen und Überhitzen von Dampf verwendet.

[0024] Die Dampfturbinenanlage 1b umfasst neben dem Abhitzedampferzeuger 30, der insbesondere als Zwangsdurchlaufsystem ausgebildet sein kann, eine Dampfturbine 20 mit Turbinenstufen 20a, 20b, 20c und einen Kondensator 26. Der Abhitzedampferzeuger 30 und der Kondensator 26 bilden zusammen mit Kondensatleitungen bzw. Speisewasserleitungen 35, 40 sowie mit Dampfleitungen 48, 53, 64, 70, 80, 100 ein Dampfsystem, welches zusammen mit der Dampfturbine 20 einen Wasserdampfkreislauf bildet.

[0025] Wasser aus einem Speisewasserbehälter 38 wird mittels einer Speisewasserpumpe 42 einem Hochdruck-Vorwärmer 44, auch Economizer genannte, zuge-

führt und von dort an einen ausgangsseitig mit dem Economizer 44 verbundenen, für einen Durchlaufbetrieb ausgelegten Verdampfer 46 weitergeleitet. Der Verdampfer 46 ist seinerseits ausgangsseitig über eine Dampfleitung 48, in die ein Wasserabscheider 50 geschaltet ist, an einen Überhitzer 52 angeschlossen. Über eine Dampfleitung 43 ist der Überhitzer 52 ausgangsseitig mit dem Dampfeingang 54 der Hochdruckstufe 20a der Dampfturbine 20 verbunden.

[0026] In der Hochdruckstufe 20a der Dampfturbine 20 treibt der vom Überhitzer 52 überhitzte Dampf die Dampfturbine an, bevor er über den Dampfausgang 56 der Hochdruckstufe 20a an einen Zwischenüberhitzer 58 weitergegeben wird.

[0027] Nach der Überhitzung im Zwischenüberhitzer 58 wird der Dampf über eine weitere Dampfleitung 81 an den Dampfeingang 60 der Mitteldruckstufe 20b der Dampfturbine 20 weitergeleitet, wo er die Turbine antreibt.

[0028] Der Dampfausgang 62 der Mitteldruckstufe 20b ist über eine Überströmleitung 64 mit dem Dampfeinlass 66 der Niederdruckstufe 20c der Dampfturbine 20 verbunden. Nach dem Durchströmen der Niederdruckstufe 20c und den damit verbundenen Antrieben der Turbine wird der abgekühlte und entspannte Dampf über den Dampfausgang 68 der Niederdruckstufe 20c an die Dampfleitung 70 ausgegeben, die ihn zum Kondensator 26 führt.

[0029] Der Kondensator 26 wandelt den eingehenden Dampf in Kondensat um und gibt das Kondensat über die Kondensatleitung 35 mittels einer Kondensatpumpe 36 an den Speisewasserbehälter 38 weiter.

[0030] Neben den bereits genannten Elementen des Wasser-Dampf-Kreislaufs umfasst dieser außerdem eine Bypassleitung 100, die so genannte Hochdruckumleitung, die von der Dampfleitung 53 abzweigt, bevor diese den Dampfeinlass 54 der Hochdruckstufe 20a erreicht. Die Hochdruckumleitung 100 umgeht die Hochdruckstufe 20a und mündet in die Zuleitung 80 zum Zwischenüberhitzer 58. Eine weitere Bypassleitung, die so genannte Mitteldruckumleitung 200, zweigt von der Dampfleitung 81, bevor diese in den Dampfeinlass 60 der Mitteldruckstufe 20b mündet. Die Mitteldruckumleitung 200 umgeht sowohl die Mitteldruckstufe 20b als auch die Niederdruckstufe 20c und mündet in die zum Kondensator 26 führende Dampfleitung 70.

[0031] In die Hochdruckumleitung 100 und die Mitteldruckumleitung 200 sind ein Absperrventil 102, 202 eingebaut, mit welchen sie sich absperren lassen. Ebenso befinden sich Absperrventile 104, 204 in der Dampfleitung 53 bzw. in der Dampfleitung 81, und zwar jeweils zwischen dem Abzweigpunkt der Bypassleitung 100 bzw. 200 und dem Dampfeinlass 54 der Hochdruckstufe 20a bzw. dem Dampfeinlass 60 der Mitteldruckstufe 20a.

[0032] Ein Absperrventil befindet sich in der Dampfleitung 53, und zwar zwischen dem Abzweigpunkt der Bypassleitung 100 und dem Dampfeinlass 54 der Hochdruckstufe 20a der Dampfturbine 20.

[0033] Die Bypassleitung 100 und die Absperrventile 102, 104 dienen dazu, während des Anfahrens der Gas- und Dampfturbinenanlage 1 einen Teil des Dampfes zur Umgehung der Dampfturbine 2 umzuleiten.

[0034] Zu Beginn des Verfahrens liegt die Dampfturbinenanlage 1b in einem abgekühlten Zustand vor und es soll ein Heiß- bzw. Warmstart durchgeführt werden. Unter einem Heißstart wird typischerweise ein Start nach einem Nachtstillstand von etwa 8 Stunden bezeichnet, wohingegen ein Start nach einem Wochenendstillstand von etwa 48 Stunden als Warmstart bezeichnet wird. Die dickwandigen Bauteile der Dampfturbine 1b weisen dabei noch hohe Ausgangstemperaturen von 300° bis ca. 500°C auf. Die dickwandigen Bauteile können auch als Bezugs-Bauteile bezeichnet werden. Dickwandige Bauteile sind hierbei z. B. Ventil- und Hochdruck-Gehäuse, Hochdruck- und Mitteldruck-Wellen. Es sind aber auch andere dickwandige Bauteile denkbar.

[0035] Zumindest hat zu einem Startzeitpunkt das Bezugs-Bauteil eine Ausgangstemperatur von größer als 250°C. In einem Verfahrensschritt wird die Temperatur des Dampfes und des Bezugs-Bauteils fortlaufend gemessen. Die Dampfturbinenanlage 1b wird ab einem Startzeitpunkt mit Dampf beaufschlagt.

[0036] Die Starttemperatur des Dampfes ist dabei niedriger als die Temperatur des Bezugs-Bauteils. Die Temperatur des Dampfes wird anschließend mit einem regelbaren Start-Transienten erhöht, wobei die Starttemperatur und der Starttransient derart gewählt werden, dass die Temperaturänderung pro Zeiteinheit des Bezugs-Bauteils unter einem vorgegebenen Grenzwert liegt, wobei die Temperatur des Bezugs-Bauteils zunächst niedriger wird, bis ein Minimum erreicht ist und anschließend höher wird.

[0037] In der Figur 2 ist der Temperaturverlauf des Dampfes 205 in Abhängigkeit der Zeit dargestellt. Ebenso ist der Temperaturverlauf an einer dem Dampf zugewandten Oberfläche 202 eines dickwandigen Bauteils dargestellt. Ebenso dargestellt wird in Figur 2 eine mittlere integrale Temperatur 204 des dickwandigen Bauteils.

[0038] Unter der mittleren integralen Temperatur 204 ist zum Beispiel die Temperatur gemeint, die im Wesentlichen in der Mitte des Bezugs-Bauteils herrscht.

[0039] Nach dem Startzeitpunkt 200 wird die Temperatur des Dampfes 205 mit einem Start-Transienten, der wie in der in Figur 2 dargestellt, konstant ist, erhöht. Der konstante Starttransient führt zu einem linearen Verlauf der Temperatur bis zu einem Übergangsgrenzwert 201. Ab dem Übergangsgrenzwert 201 erfolgt die Erhöhung der Temperatur des Dampfes 205 mit einem Führungs-Transienten, der niedriger ist als der Wert des Start-Transienten. Die Ausgangstemperatur des dickwandigen Bezugs-Bauteils weist einen Wert von größer 250°C auf und liegt in diesem Ausführungsbeispiel bei ca. 500°C. Durch die Beaufschlagung des dickwandigen Bauteils mit Dampf, dessen Temperatur niedriger ist als die Temperatur des dickwandigen Bauteils, wird die Temperatur

der Oberfläche des dickwandigen Bauteils zunächst niedriger, bis ein Minimalwert 202 erreicht wird. Nach diesem Minimum 202 wird die Temperatur des dickwandigen Bauteils höher und steigt vergleichsweise stark an bis zu dem Zeitpunkt 206, bei dem die Temperatur des Dampfes den Übergangsgrenzwert erreicht und anschließend mit dem Führungs-Transienten moderater erhöht wird. Die Temperatur des Dampfes kann hierzu durch Wassereinspritzung beeinflusst werden.

[0040] Die mittlere integrale Temperatur 204 des Bezugs-Bauteils folgt prinzipiell ebenso dem Verlauf wie die mit 203 bezeichnete Kurve des dickwandigen Bauteils. Zunächst sinkt die Temperatur bis ein Minimalwert 204 erreicht wird. Anschließend steigt die Temperatur an.

[0041] In der Figur 3 ist die Verfügbarkeit bzw. Leistung solch einer erfindungsgemäßen Gas- und Dampfturbinenanlage zu sehen. Die gepunktet dargestellten Kurven zeigen den Verlauf einer herkömmlichen, gemäß dem Stand der Technik vorhandenen Gas- und Dampfturbinenanlage. Die durchgezogenen Linien zeigen den Verlauf einer Gas- und Dampfturbinenanlage, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren gestartet wurde. Auf der X-Achse ist die Zeit aufgetragen und auf der Y-Achse die Verfügbarkeit bzw. die Leistung der Dampfturbinenanlage in Prozent. Die Kurven 300 und 301 zeigen den Verlauf für eine Gasturbinenanlage (CT = Combustion Turbine) und die Kurven 400 und 401 zeigen den Verlauf für eine Dampfturbinenanlage (ST = Steam Turbine). Zu erkennen ist, dass bei einer herkömmlichen Gas- und Dampfturbinenanlage eine Verfügbarkeit von 30% relativ früh, aber eine 100%ige Verfügbarkeit erst nach einer Zeit t1, die in dem ausgewählten Beispiel bei ca. 50 Minuten liegt, erreicht wird. Bei der erfindungsgemäßen Anlage liegt eine Verfügbarkeit von ca. 30% ebenfalls relativ früh vor, nämlich zu einem Zeitpunkt t2, der bei ca. 10 Minuten liegt. Eine 100%ige Verfügbarkeit liegt hier allerdings schon nach einem Zeitpunkt t3 vor, der bei dem ausgewählten Beispiel bei ca. 30 Minuten liegt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Starten einer Dampfturbinenanlage (1b), die wenigstens eine Dampfturbine (20a, 20b, 20c) und wenigstens eine Dampferzeugungsanlage (30b, 30, 44, 46, 52, 50) zum Erzeugen von die Dampfturbine (20a, 20b, 20c) antreibendem Dampf aufweist, wobei die Dampfturbinenanlage (1b) zumindest ein Bezugs-Bauteil aufweist, das zu einem Startzeitpunkt eine Ausgangstemperatur von größer als 250°C aufweist, wobei die Temperatur des Dampfes und des Bezugs-Bauteils fortlaufend gemessen wird, wobei das Bezugs-Bauteil der Dampfturbinenanlage (1b) ab dem Startzeitpunkt mit Dampf beaufschlagt wird, **dadurch gekennzeichnet, dass**

- die Starttemperatur des Dampfes niedriger ist als die Temperatur des Bezugs-Bauteils und die Temperatur des Dampfes mit einem Start- Transienten erhöht wird und die Starttemperatur und der Start- Transient derart gewählt werden, dass die Temperaturänderung pro Zeiteinheit des Bezugs-Bauteils unter einem vorgegebenen Grenzwert liegt, wobei die Temperatur des Bezugs-Bauteils zunächst niedriger wird bis ein Minimum erreicht wird und anschließend höher wird. 10
2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Temperatur des Bezugs-Bauteils an dessen Oberfläche gemessen wird, die dem Dampf zugewandt ist. 15
 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem eine weitere Temperatur an einer Stelle des Bezugs-Bauteil gemessen wird, die dem Dampf abgewandt ist, wobei die Starttemperatur und der Start- Transient derart gewählt werden, dass ein Temperatur-Unterschied zwischen der Temperatur an der Oberfläche und der weiteren Temperatur unter einem vorgegebenen Temperaturunterschiedsgrenzwert liegt. 20 25
 4. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die weitere Temperatur an einer Oberfläche des Bezugs-Bauteils gemessen wird, die der vom Dampf beaufschlagten Oberfläche gegenüber liegt. 30
 5. Verfahren nach Anspruch 3, bei dem die weitere Temperatur im Wesentlichen in der Mitte der Dicke des Bezugs-Bauteils gemessen wird. 35
 6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Start- Transient konstant ist. 40
 7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Temperatur des Dampfes nach Erreichen eines Übergangsgrenzwertes (201) mit einem Führungs- Transienten erhöht wird, wobei der Wert des Führungs- Transienten niedriger ist als der Wert des Start- Transienten. 45
 8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Änderung der Temperatur des Dampfes durch externe Wassereinspritzung erfolgt. 50
 9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Ausgangstemperaturen der Bauteile zwischen 300°C bis 400°C liegen. 55
 10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Start-Temperatur des Dampfes bis zu 150 K unter der Ausgangstemperatur liegt.
 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Start- Transient Werte größer oder gleich 5 K/min, insbesondere 13 K/min, annimmt. 5
 12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Führungs- Transient Werte zwischen 0 und 15 K/min, insbesondere 1 K/min, annimmt. 10

FIG 1

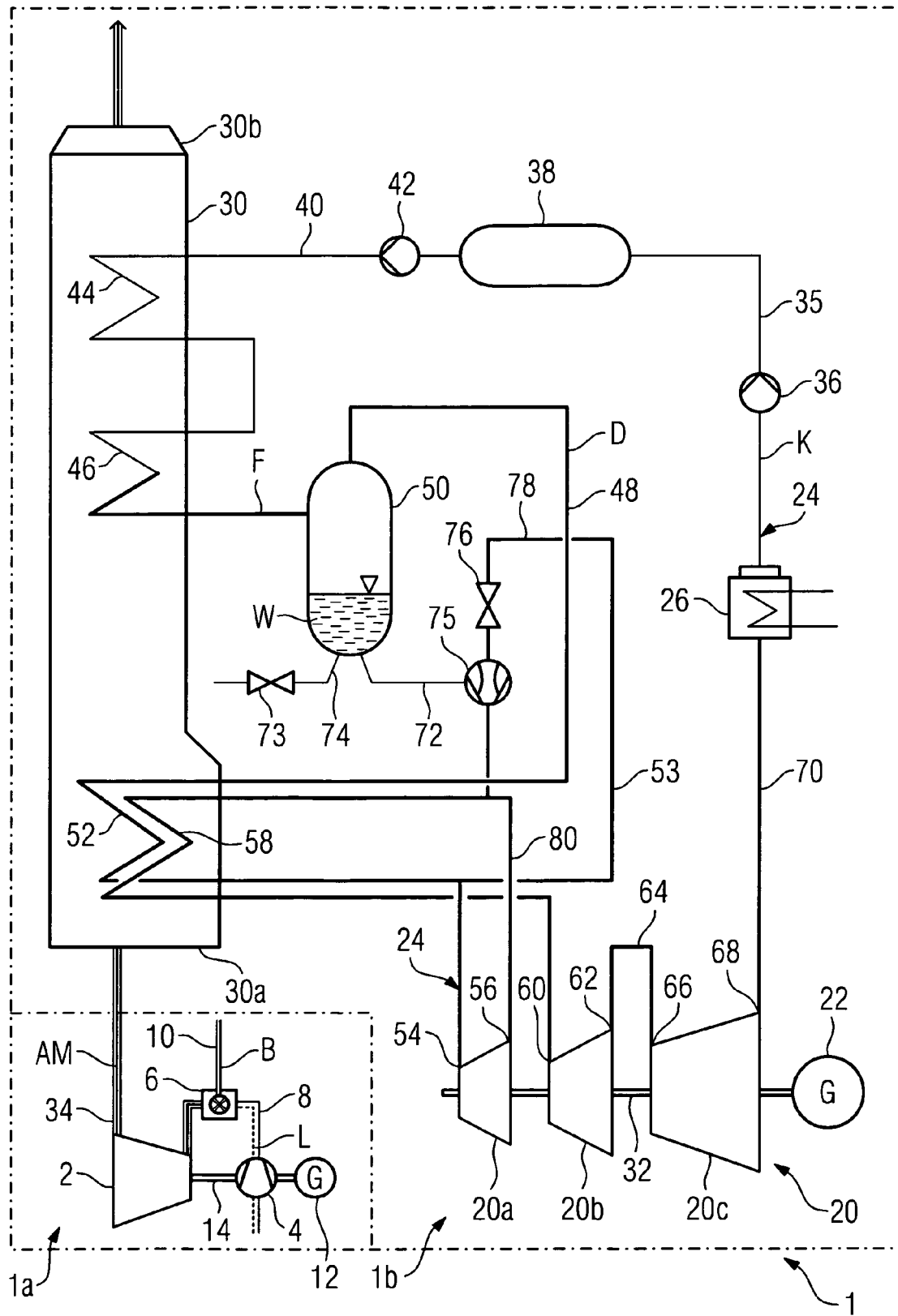


FIG 2

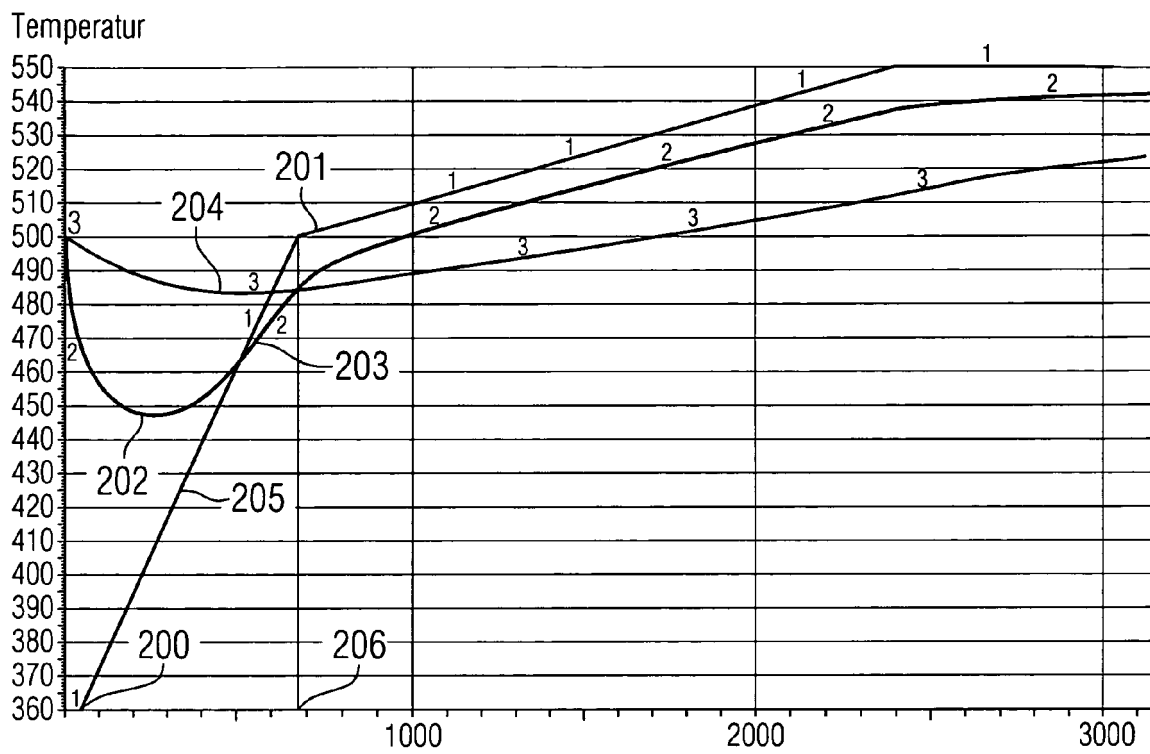
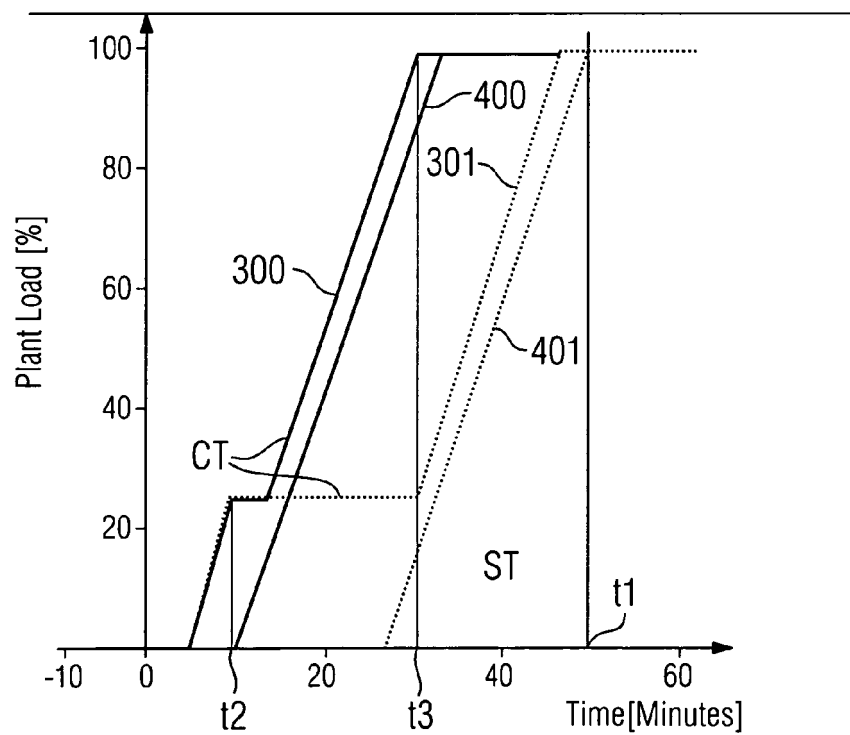


FIG 3





Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung
EP 05 01 5350

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
A	US 3 532 079 A (LARS AXEL ANDREAS CHAMBERT) 6. Oktober 1970 (1970-10-06) * Spalte 2, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 41; Abbildungen 3,5 * * Zusammenfassung *	1-12	F01K13/02 F01K7/16 F01D19/02
A	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN Bd. 007, Nr. 128 (M-220), 3. Juni 1983 (1983-06-03) & JP 58 047105 A (TOKYO SHIBAURA DENKI KK), 18. März 1983 (1983-03-18) * Zusammenfassung *	1-12	
A	US 4 208 882 A (CARBERG, WILLIAM G ET AL) 24. Juni 1980 (1980-06-24) * Spalte 2, Zeile 15 - Zeile 35 * * Spalte 3, Zeile 53 - Spalte 4, Zeile 24; Abbildungen * * Zusammenfassung *	1-12	
A	US 4 226 086 A (BINSTOCK ET AL) 7. Oktober 1980 (1980-10-07) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-12	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
A	US 4 589 255 A (MARTENS ET AL) 20. Mai 1986 (1986-05-20) * Zusammenfassung; Abbildungen *	1-12	F01K F01D
A	DOLEZAL R: "ANFAHREN EINES AUF 550 DEG C ERHITZTEN DURCHLAUF-ABHITZEKESSELS OHNE ABGASBYPASS IM HEIZKRAFTWERK DER UNIVERSITÄT STUTTGART" VGB KRAFTWERKSTECHNIK, VGB KRAFTWERKSTECHNIK GMBH. ESSEN, DE, Bd. 69, Nr. 12, 1. Dezember 1989 (1989-12-01), Seiten 1163-1166, XP000085719 ISSN: 0372-5715 * das ganze Dokument *	1-12	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	Prüfer
München		21. November 2005	Zerf, G
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE		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	
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur			

2

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 05 01 5350

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentedokumente 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.

21-11-2005

Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 3532079	A	06-10-1970	ES 358016 A1	01-04-1970
			FR 1586474 A	20-02-1970
			NL 6812987 A	13-03-1969
			SE 376961 B	16-06-1975

JP 58047105	A	18-03-1983	KEINE	

US 4208882	A	24-06-1980	DE 2853919 A1	21-06-1979
			FR 2411969 A1	13-07-1979
			GB 2010411 A	27-06-1979
			JP 54095854 A	28-07-1979
			MX 145907 A	19-04-1982
			NL 7811660 A	19-06-1979

US 4226086	A	07-10-1980	JP 1353629 C	11-12-1986
			JP 55156205 A	05-12-1980
			JP 61023366 B	05-06-1986

US 4589255	A	20-05-1986	AU 583303 B2	27-04-1989
			AU 4847085 A	01-05-1986
			CA 1233213 A1	23-02-1988
			GB 2166200 A	30-04-1986
			JP 61101607 A	20-05-1986
			MX 160530 A	19-03-1990

EPO FORM P0461

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