

(19)



(11)

**EP 2 310 636 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**31.08.2016 Patentblatt 2016/35**

(51) Int Cl.:  
**F01D 25/12** <sup>(2006.01)</sup>      **F01K 13/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**F01D 1/02** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **09780710.1**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2009/059152**

(22) Anmeldetag: **16.07.2009**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2010/007131 (21.01.2010 Gazette 2010/03)**

**(54) VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER DAMPFTURBINE**

METHOD FOR OPERATING A STEAM TURBINE

PROCÉDÉ DE CONDUITE D'UNE TURBINE À VAPEUR

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

- **LEIDINGER, Bernd**  
01159 Dresden (DE)
- **MANTEI, Markus**  
01896 Pulsnitz  
OT Friedersdorf (DE)

(30) Priorität: **16.07.2008 DE 102008033402**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**20.04.2011 Patentblatt 2011/16**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 0 314 028      EP-A- 0 674 099**  
**EP-A- 1 788 197      WO-A-02/33226**  
**WO-A-2008/104465      DE-A1- 4 129 518**  
**DE-A1- 10 042 317      DE-C1- 19 823 251**  
**US-A- 4 793 132**

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

(72) Erfinder:  
 • **EPPENDORFER, Jörg**  
**02828 Görlitz (DE)**

**EP 2 310 636 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 ein Verfahren zum Betreiben einer Dampfturbinenanlage nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

**[0002]** Bei einer Dampfturbine wird die thermische Energie von der Turbine zugeführtem Dampf in mechanische Arbeit umgewandelt. Derartige bekannte Dampfturbinen umfassen einen hochdruckseitigen Dampfeinlass und einen niederdruckseitigen Dampfauslass. Ferner ist eine Steuereinrichtung zur Steuerung zumindest des Dampfeinlasses, zumeist jedoch auch zur Steuerung weiterer Anlagenkomponenten einer die Dampfturbine beinhaltenden Dampfturbinenanlage vorgesehen. Eine sich durch die Turbine hindurch erstreckende Welle, der so genannte Turbinenläufer, wird mit Hilfe von Turbinenschaufeln angetrieben. Durch eine Kopplung des Läufers mit einem elektrischen Generator ermöglicht eine Dampfturbinenanlage z. B. die Erzeugung von elektrischer Energie.

**[0003]** Zum Antreiben des Läufers sind typischerweise Laufschaufeln und Leitschaufeln vorgesehen. Die Laufschaufeln sind am Läufer befestigt und rotieren mit diesem, wohingegen die Leitschaufeln zumeist feststehend an einem Turbinengehäuse angeordnet sind. Alternativ können die Leitschaufeln z. B. an einem so genannten Leitschaufelträger befestigt sein. Die Leitschaufeln sorgen für eine günstige Strömungsführung des Dampfes durch die Turbine, um eine möglichst effiziente Energieumsetzung zu erzielen. Bei dieser Umsetzung reduziert sich im Verlauf zwischen Dampfeinlass und Dampfauslass sowohl die Temperatur als auch der Druck des Dampfes.

**[0004]** Prinzipiell ist aus Effizienzgründen ein möglichst geringer Druck des auszulassenden Dampfes anzustreben. Ein mit niedrigen Auslassdrücken zusammenhängendes Problem ist jedoch die so genannte Tropfenschlagerosion, die zu einem hohen Verschleiß der Laufschaufeln führt.

**[0005]** Aufgrund des Erreichens des Sattedampfzustandes in einem Niederdruckteil der Turbine kann sich aus dem Dampf auskondensierte Feuchtigkeit niederschlagen und Wassertropfen in der Turbine ausbilden. Von der Dampfströmung mitgenommene Wassertropfen prallen mit hoher Energie auf die rotierenden Laufschaufeln, so dass diese einem entsprechenden Verschleiß unterliegen.

**[0006]** Da durch diesen Effekt selbst gehärteter Stahl abgetragen wird, ergibt sich in der Praxis ein hoher Aufwand zur Fertigung möglichst resistenter Laufschaufeln, beispielsweise durch Beschichtungen aus speziellem Material.

**[0007]** Abgesehen von den hohen Kosten speziell beschichteter Laufschaufeln ergibt sich oftmals das Problem, dass diese Laufschaufeln vergleichsweise niedrige maximale Einsatztemperaturen zulassen, beispielsweise nur bis etwa 120°C. Zwar ist es durchaus möglich, Dampfturbinenanlagen so auszulegen, dass im Normal-

betrieb entsprechende Maximaltemperaturen in einem Niederdruckteil der Turbine nicht überschritten werden. Problematisch ist jedoch der in der Praxis hin und wieder erforderliche Leerlaufbetrieb oder Niedriglastbetrieb der Dampfturbine, bei welchem durch den Effekt der so genannten Ventilation die Temperatur im Niederdruckteil erhöht wird, beispielsweise auf etwa 200 bis 250°C oder mehr.

**[0008]** Bei der Ventilation wird der in vorangegangenen Turbinenteilen bereits weitgehend expandierte und abgekühlte Dampf im Niederdruckteil (z. B. Endstufe) durch die rotierenden Laufschaufeln wieder erhitzt.

**[0009]** Abgesehen davon, dass eine solche Ventilation die Energieumsetzungseffizienz im Niedriglastbereich verschlechtert, verhindert die erhöhte Temperatur den Einsatz einer Vielzahl von Materialien zur Fertigung von Laufschaufeln im Niederdruckteil, die ansonsten z. B. auf Grund ihrer hohen spezifischen Festigkeit gegenüber Stahl bevorzugt wären. Hierbei ist z. B. an die Verwendung von Faserverbandschaufeln (z. B. CFK) oder anderen Leichtbauschauflern zu denken, deren Schaufelgrundmaterial und/oder gegebenenfalls vorgesehene Beschichtung nur eine niedrigere Maximaltemperatur zulässt.

**[0010]** Aus den Veröffentlichungen DE 198 23 251 C1 und DE 41 29 518 A1 sind Betriebsverfahren nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 bekannt.

**[0011]** Für diesen technischen Ausgangspunkt der vorliegenden Erfindung ist wesentlich, dass in Abhängigkeit von an der Dampfturbinenanlage erfassten Betriebsparametern gegebenenfalls eine zusätzliche Dampfzufuhr über eine weitere Dampfeinlasseinrichtung erfolgt, die im Turbinenverlauf zwischen einer hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung und einer niederdruckseitigen Dampfauslasseinrichtung der Dampfturbine angeordnet ist.

**[0012]** Bei dem Stand der Technik gemäß DE 198 23 251 C1 und DE 41 29 518 A1 dient die zusätzliche Dampfzufuhr zur Kühlung eines Niederdruckbereiches der Dampfturbine im Falle eines Auftretens der oben erwähnten Ventilation.

**[0013]** Die Veröffentlichungen US 4,793,132, DE 100 42 317 A1, WO 02/33226 A1, EP 0 674 099 A1 und EP 0 314 028 A1 zeigen Dampfturbinenanlagen, bei denen ebenfalls eine zusätzliche Dampfzufuhr zwischen einer hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung und einer niederdruckseitigen Dampfauslasseinrichtung der Dampfturbine vorgesehen ist, dies jedoch im Normalbetrieb, zum Zwecke einer Steigerung der Leistungseffizienz der Dampfturbine.

**[0014]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen neuartigen Weg zur Vermeidung einer übermäßigen Ventilation bzw. eines übermäßigen Temperaturanstieges in einem Niederdruckteil einer Dampfturbine in einer Dampfturbinenanlage aufzuzeigen.

**[0015]** Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung durch ein Betriebsverfahren nach Anspruch 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildun-

gen der Erfindung.

**[0016]** Bei dem gattungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Dampfturbinenanlage umfassend eine Dampfturbine mit einer hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung, einer niederdruckseitigen Dampfauslass-

einrichtung und einer im Verlauf zwischen diesen angeordneten weiteren Dampfeinlasseinrichtung wird in Abhängigkeit von an der Dampfturbinenanlage erfassten Betriebsparametern eine Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung gesteuert.

**[0017]** Das erfindungsgemäße Verfahren ist hierbei dadurch gekennzeichnet, dass bei Vorliegen bestimmter Aktivierungskriterien ein spezieller Betriebsmodus mit einer gesteuerten Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung bei gleichzeitiger Reduzierung oder Abschaltung der Dampfzufuhr über die hochdruck-

seitige Dampfeinlasseinrichtung aktiviert wird, der bei Vorliegen bestimmter Deaktivierungskriterien wieder deaktiviert wird, wobei der für die Zufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung vorgesehene Dampf mit Werten von Temperatur und Druck konditioniert wird, die größer als diejenigen Werte von Temperatur und Druck sind, die sich ohne den zusätzlichen Dampfeinlass an dieser Stelle im Turbinenverlauf ergeben würden.

**[0018]** Mit der Erfindung wird somit in bestimmten Betriebsituationen ein weiterer Dampfeinlass alternativ zum hochdruckseitigen Dampfeinlass oder zusätzlich zum (in diesem Fall jedoch reduzierten) hochdruckseitigen Dampfeinlass aktiviert, um damit insbesondere eine übermäßige Ventilation zu vermeiden, wodurch vorteilhaft die bislang mit einer solchen Ventilation einhergehende Temperaturbeanspruchung der betreffenden Turbinenkomponenten verringert wird. Damit kann unter Umständen die Lebensdauer dieser Komponenten vorteilhaft verlängert werden. Darüber hinaus haben die vor-

liegenden Erfinder erkannt, dass eine verringerte Temperaturbeanspruchung im Niederdruckteil der Turbine vorteilhaft eine Ausbildung von Turbinenschaufeln in Leichtbauweise ermöglicht, insbesondere z. B. unter Einsatz eines Faserverbundmaterials wie z. B. CFK. Derartige Materialien wurden für die Fertigung dieser Turbinenschaufeln bislang überwiegend als nicht realisierbar erachtet.

**[0019]** Für die Erfindung ist des Weiteren wesentlich, dass ein speziell konditionierter Dampf für die Zufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung vorgesehen ist. Der dort bedarfsweise zugeführte Dampf ist hinsichtlich seiner Temperatur und seines Druckes derart konditioniert, dass die Werte von Temperatur und Druck größer als diejenigen Werte sind, die sich ohne den zusätzlichen Dampfeinlass an dieser Stelle im Turbinenverlauf ergeben würden.

**[0020]** Bei der Dampfturbinenanlage kann es sich beispielsweise um eine Industriedampfturbinenanlage handeln, bei welcher die Dampfturbine mit einem Generator zur elektrischen Energieerzeugung gekoppelt ist, dessen Leistung z. B. zwischen etwa 2 MW und 50 MW liegt. Die Erfindung ist jedoch auch für größere Anlagen zur Ener-

gieerzeugung geeignet, beispielsweise für großindustrielle Anlagen mit einer Leistung größer als 100 MW.

**[0021]** Hinsichtlich der mit der Erfindung gelösten Problematik kann es sich bei der Dampfturbinenanlage insbesondere um eine Kondensationsdampfturbinenanlage handeln, bei welcher der niederdruckseitig aus der Turbine ausgelassene Dampf kondensiert wird und z. B. in einem Kreislauf sodann wieder erhitzt wird, um den hochdruckseitig einzulassenden Frischdampf zu erzeugen.

**[0022]** Turbinen sind zur Erzielung eines möglichst großen Wirkungsgrades zumeist in mehrere Turbinenstufen aufgeteilt, wobei eine solche Stufe aus einer Leit-schaufelreihe und einer stromabwärts benachbarten Laufschaufelreihe besteht. Die einzelnen Schaufeln einer Reihe erstrecken sich hierbei auf gemeinsamer axialer Höhe, jedoch in Umfangsrichtung winkelmäßig zueinander versetzt in verschiedene Radialrichtungen.

**[0023]** Eine oder mehrere hochdruckseitig (eingangseitig) vorgesehene Stufen können als "Hochdruckteil" bezeichnet werden, wohingegen eine oder mehrere Stufen am Turbinenende, also niederdruckseitig (ausgangseitig) üblicherweise als "Niederdruckteil" oder "Endstufe (n)" der Turbine bezeichnet werden.

**[0024]** Unabhängig davon kann die Gesamtheit der hintereinander angeordneten Turbinenstufen auch konstruktiv bzw. baulich in Gruppen aufgeteilt sein, die jeweils ein eigenes Turbinengehäuse ("Trommel") aufweisen können, oder in einem gemeinsamen Turbinengehäuse untergebracht sind. Bei manchen Konstruktionen könnte man etwa auch von einer Hochdruckstufengruppe, einer Mitteldruckstufengruppe und einer Niederdruckstufengruppe sprechen.

**[0025]** Die Bezeichnungssystematik der Turbinen und der allgemeine Sprachgebrauch sehen zumeist jedenfalls Hochdruckstufen und Niederdruckstufen vor. Diese können, müssen aber nicht jeweils in einem eigenen Gehäuse angeordnet sein (welches z. B. durch eine Rohrleitung mit dem benachbarten Gehäuse verbunden sein kann).

**[0026]** Die weitere Dampfeinlasseinrichtung ist besonders bevorzugt in einem Niederdruckteil der Turbine angeordnet, insbesondere am Eingang einer "Endstufe". Der Ausgang der letzten Endstufe kann dann z. B. unmittelbar mit einem Kondensator zur Kondensation des niederdruckseitig ausgelassenen Dampfes verbunden sein.

**[0027]** Die Erfindung ist insbesondere interessant für Dampfturbinen, bei welchen der Druck des über die niederdruckseitige Dampfauslasseneinrichtung auszulassenden Dampfes um mindestens einen Faktor  $10^2$  kleiner als der Druck des über die hochdruckseitige Dampfeinlasseinrichtung einzulassenden Dampfes ist.

**[0028]** Der hochdruckseitig einzulassende Dampf kann z. B. einen Druck von mehr als 10 bar besitzen, wohingegen der niederdruckseitig auszulassende Dampf einen Druck von weniger als 0,5 bar besitzen kann.

**[0029]** Der bedarfsweise über die weitere Dampfein-

lasseinrichtung zugeführte Dampf besitzt bevorzugt einen Druck und eine Temperatur, die jeweils zwischen den entsprechenden Werten des hochdruckseitigen Dampfeinlasses und des niederdruckseitigen Dampfauslasses liegen, wobei der Druck und/oder die Temperatur des über die weitere Dampfeinlasseinrichtung zugeführten Dampfes bevorzugt nennenswert größer als die an dieser Stelle der Turbine für den gleichen Betriebszustand der Turbine ohne einen solchen zusätzlichen Dampfeinlass zu erwartenden Werte sind. Damit kann eine Ventilation stromabwärts des weiteren Dampfeinlasses zuverlässig vermieden werden.

**[0030]** Die bevorzugt am Eingang eines Niederdruckteils der Dampfturbine angeordnete weitere Dampfeinlasseinrichtung umfasst bevorzugt ein steuerbares Ventil, mit welchem die bedarfsweise Dampfungesteuert werden kann. Besonders bevorzugt ist an dieser Stelle die Verwendung eines Proportionalventils, mittels welchem der Dampfstrom exakt auf ein gewünschtes Ausmaß eingestellt werden kann.

**[0031]** Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass bei Erfassung eines Niedriglastbetriebs der Dampfturbine die Dampfungesteuert wird. Ein Niedriglastbetrieb kann beispielsweise anhand einer Auswertung eines aktuell von der Turbine gelieferten Drehmoments bzw. einer aktuell gelieferten Drehleistung erfasst werden (z. B. an einer Kupplung des Turbinenläufers).

**[0032]** Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass bei Erfassung einer bestimmten Temperaturerhöhung in einem Niederdruckteil der Dampfturbine die Dampfungesteuert wird. Eine solche Temperaturerhöhung kann im einfachsten Fall als Überschreitung einer vorbestimmten Temperaturschwelle definiert sein. Alternativ oder zusätzlich kann die Temperaturerhöhung auch unter Berücksichtigung einer aktuellen Temperaturänderungsrate erfasst werden.

**[0033]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass in Abhängigkeit von den erfassten Betriebsparametern auch die Dampfungesteuert wird. Hierfür kann die hochdruckseitige Dampfeinlasseinrichtung ein Ventil, beispielsweise ein Proportionalventil umfassen.

**[0034]** In einer einfachen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass bei Erfassung eines Niedriglastbetriebs und/oder bei Überschreitung einer vorbestimmten Temperaturerhöhung ein Ventil der hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung geschlossen und stattdessen ein Ventil der weiteren Dampfeinlasseinrichtung geöffnet wird. Dies stellt einen "speziellen Betriebsmodus" dar, mittels welchem vorteilhaft einer Temperaturerhöhung auf Grund von Ventilation in einem Niederdruckteil der Turbine entgegengewirkt werden kann.

**[0035]** Die beiden genannten Ventile können bei entsprechender Ausbildung und Ansteuerung stufenlos einstellbar sein. In dem genannten speziellen Betriebsmodus kann dann beispielsweise das Ventil der weiteren

Dampfeinlasseinrichtung, je nach Bedarf, mehr oder weniger geöffnet werden, wobei das Ventil der hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung bevorzugt in korrespondierender Weise mehr oder weniger geschlossen wird. Es muss also keineswegs eine schlagartige Umstellung der Dampfung erfolgen. Wesentlich für die Erfindung ist eine in Abhängigkeit von aktuell erfassten Betriebsparametern ausgelöste weitere Dampfung, bei welcher die hochdruckseitige Dampfung verringert wird.

**[0036]** In der Praxis ist zumeist von Vorteil, wenn selbst bei nennenswerter Dampfung über die weitere Dampfeinlasseinrichtung der hochdruckseitige Dampfeinlass nicht vollständig geschlossen wird, sondern z. B. zumindest die so genannte "Kühldampfmenge" durch den hochdruckseitigen Teil der Turbine geführt wird. Ansonsten besteht die Gefahr, dass der durch die Dampfversorgung im Niederdruckteil angetriebene Turbinenläufer zu einer Ventilation im Hochdruckteil der Turbine führt.

**[0037]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erfassten Betriebsparameter ein an einem Turbinenläufer gemessenes Drehmoment umfassen.

**[0038]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass die erfassten Betriebsparameter eine in einem Niederdruckteil der Dampfturbine gemessene Temperatur umfassen.

**[0039]** Alternativ oder zusätzlich können weitere Betriebsparameter der Anlage, insbesondere der Turbine, gemessen werden, wie z. B. eine Drehgeschwindigkeit bzw. Drehzahl des Turbinenläufers. Aus erfasstem Drehmoment und erfasster Drehzahl des Läufers lässt sich z. B. eine aktuelle Drehleistung des Turbinenläufers ableiten.

**[0040]** Erfindungsgemäß ist des Weiteren vorgesehen, dass bei Vorliegen bestimmter Aktivierungskriterien der spezielle Betriebsmodus mit einer gesteuerten Dampfung über die weitere Dampfeinlasseinrichtung aktiviert wird, der bei Vorliegen bestimmter Deaktivierungskriterien wieder deaktiviert wird. Entsprechende Kriterien für eine Aktivierung des Betriebsmodus wurden oben bereits erläutert. Insbesondere ist hierfür eine Temperatur und/oder eine Temperaturerhöhung im Niederdruckteil der Turbine interessant. Daneben eignet sich z. B. die Erfassung eines Niedriglastbetriebs der Dampfturbine, weil ein solcher Niedriglastbetrieb über den Effekt der Ventilation einen baldigen Temperaturanstieg im Niederdruckteil befürchten lässt.

**[0041]** Die Überprüfung auf das Vorliegen der Aktivierungskriterien und Deaktivierungskriterien kann z. B. mittels geeigneter Software oder mittels einer elektronisch gespeicherten Nachschlagtabelle realisiert sein.

**[0042]** Die Kriterien anhand derer eine Aktivierung und Deaktivierung des speziellen Betriebsmodus ("weiterer Dampfeinlass") ausgelöst wird, und/oder andere Kriterien, können sodann während des speziellen Betriebsmodus fortlaufend überprüft werden, um eine Steuerung oder Regelung der Turbine und/oder anderer Anlagen

komponenten im speziellen Betriebsmodus vorzunehmen.

**[0043]** Gemäß einer Weiterbildung wird in dem speziellen Betriebsmodus ferner eine Erhöhung der mechanischen Leistungsaufnahme der von der Turbine angetriebenen Anlagenkomponenten bewirkt. Neben einer Ansteuerung einer erhöhten Leistungsaufnahme der ohnehin vorhandenen Leistungsabnehmer (z. B. elektrischer Generator) kommt hierfür auch die "Zuschaltung" von eigens hierfür vorgesehenen Leistungsabnehmern in Betracht. Es kann also z. B. ein zusätzlicher Leistungsaufnehmer in den Strang integriert werden, der im Leerlaufbetrieb Leistung aufnimmt und z. B. in Wärme verwandelt, die abgeführt wird. Dadurch wird ebenfalls die Ventilation in den Endstufen reduziert. Auch kann Leistung von einem mit der Turbine gekoppelten elektrischen Generator über Heizwiderstände in Wärme verwandelt werden.

**[0044]** Die zusätzliche, durch Erhöhung der mechanischen Leistungsaufnahme bereitgestellte Leistung kann z. B. zum Heizen des der Turbine eingangsseitig und/oder über die weitere Dampfeinlasseneinrichtung zugeführten Mediums (z. B. Wasser) verwendet werden. Insbesondere kann diese Leistung dazu genutzt werden, das Kondensat in einem Kreislauf einer als Kondensationsdampfturbinenanlage ausgebildeten Anlage vorzuwärmen.

**[0045]** In einer Weiterbildung der Erfindung wird in Abhängigkeit von den an der Dampfturbinenanlage erfassten Betriebsparametern auch eine Wassereinspritzung in einem Ausgangsbereich der Turbine angesteuert, welche vorteilhaft einen zusätzlichen Kühleffekt liefern kann.

**[0046]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass in dem speziellen Betriebsmodus, bei welchem eine gesteuerte Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseneinrichtung erfolgt, eine Sicherheitsüberwachung im Hinblick auf eine in einem Niederdruckteil der Dampfturbine gemessene Temperatur erfolgt, und die Turbine bei Erfüllung vorbestimmter Unsicherheitskriterien (z. B. übermäßige Temperatur und/oder übermäßige Temperaturanstiegstendenz) abgeschaltet wird.

**[0047]** In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass zumindest ein Teil der Komponenten in einem Niederdruckteil der Turbine, insbesondere Laufschaufeln und/oder Leitschaufeln, in Leichtbauweise hergestellt sind, beispielsweise unter Verwendung eines Faserverbundmaterials (z. B. CFK).

**[0048]** Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen dar:

Fig. 1 eine schematische Darstellung wesentlicher Komponenten einer Dampfturbinenanlage, und

Fig. 2 ein Ablaufschema eines bei der Turbinenanlage von Fig. 1 verwendbaren Betriebsverfahrens.

**[0049]** Fig. 1 veranschaulicht eine Dampfturbinenanlage 10 mit einer Dampfturbine 12 und einer Steuereinrichtung 14 zur Steuerung der Dampfturbine 12.

**[0050]** Die Turbine 12 umfasst eine hochdruckseitige Dampfzuleitung 16 zur Zufuhr von Frischdampf über ein steuerbares Ventil V1 und eine niederdruckseitige Dampfableitung 18, welche im dargestellten Ausführungsbeispiel zu einem (nicht dargestellten) Kondensator eines Dampfkreislaufes führt, aus welchem nach Erhitzen des Kondensats wieder Frischdampf erzeugt wird.

**[0051]** Im Normalbetrieb der Anlage 10 wird Frischdampf, beispielsweise mit einem Druck von etwa  $10^2$  bar und einer Temperatur von etwa  $500^\circ\text{C}$ , über die Zuleitung 16 am Eingang der Turbine 12 zugeführt. In einem mittleren Bereich der Turbine 12 besitzt der Dampf aufgrund vorausgegangener Expansion einen wesentlich verringerten Druck und eine wesentlich verringerte Temperatur (z. B. etwa  $10^1$  bar und etwa  $200^\circ\text{C}$ ). Im weiteren Verlauf expandiert der Dampf weiter und tritt am Ausgang der Turbine 12 über die Ableitung 18 mit etwa  $10^{-1}$  bar und etwa  $40^\circ\text{C}$  wieder aus (z. B. 0,05 bar und  $33^\circ\text{C}$ ).

**[0052]** In an sich bekannter Weise wird die thermische Energie des der Turbine 12 zugeführten Dampfes in mechanische Dreharbeit umgewandelt. Ein durch die Turbine 12 sich hindurch erstreckender Turbinenläufer 22 wird durch daran befestigte Laufschaufeln 24 angetrieben und treibt wiederum über ein gegebenenfalls vorgesehenes Getriebe 26 einen elektrischen Generator 28 an. Abweichend von dem dargestellten Beispiel könnte die Turbine 12 alternativ oder zusätzlich z. B. Pumpen, Verdichter oder andere Einheiten antreiben. Leistungsstarke Pumpen und/oder Verdichter werden z. B. oftmals zur Implementierung großindustrieller chemischer Prozesse benötigt.

**[0053]** Innerhalb der Turbine 12 wechseln sich in Axialrichtung betrachtet die Laufschaufeln 24 mit Leitschaufeln 30 ab, welche für eine günstige Strömungsführung des Dampfes durch die Turbine sorgen. Die Leitschaufeln 30 sind an der Innenseite eines Turbinengehäuses befestigt und stehen radial nach innen gerichtet davon ab.

**[0054]** Wie aus Fig. 1 ersichtlich, umfasst die Turbine 12 im dargestellten Ausführungsbeispiel insgesamt sechs Schaufelreihenpaare 30, 24.

**[0055]** Im Hinblick auf einen möglichst guten Wirkungsgrad bei der Umsetzung der thermischen Energie in mechanische Arbeit und letztlich elektrische Energie ist ein möglichst geringer Enddruck des niederdruckseitig (nach dem letzten Schaufelpaar 30, 24) über die Ableitung 18 austretenden Dampfes von Vorteil.

**[0056]** Mit einem niedrigen Enddruck ging jedoch bislang das gravierende Problem der Tropfenschlagerosion einher, die zu einem hohen Verschleiß der Laufschaufeln im Niederdruckteil der Turbine führt. Im dargestellten Beispiel wären hiervon also die in Fig. 1 weiter rechts angeordneten Laufschaufeln 24 der Turbine 12 betroffen, welche einem ersten Expansionsabschnitt bzw. einer Niederdruckstufengruppe 12-2 angehören, wohingegen die

in Fig. 1 links befindlichen Schaufeln einem zweiten Expansionsabschnitt bzw. einer Hochdruckstufengruppe 12-1 zuzurechnen sind.

**[0057]** Der Einsatz möglichst erosionsbeständiger Laufschaufeln 24 im Niederdruckteil 12-2 bzw. entsprechender Laufschaufelbeschichtungen scheitert in der Praxis jedoch daran, dass entsprechende Materialien oftmals vergleichsweise geringe zulässige Maximaltemperaturen besitzen, welche in der Turbine leicht überschritten werden können. Erschwerend kommt hinzu, dass es bei einer Dampfturbine der dargestellten Art Betriebsituationen wie insbesondere einen Niedriglastbetrieb oder Leerlauf gibt, bei denen die thermische Energie des zugeführten Frischdampfes in großem Ausmaß bereits durch den Hochdruckteil der Turbine umgewandelt wird und der sodann den Niederdruckteil der Turbine durchströmende Dampf durch den Effekt der so genannten Ventilation wieder aufgeheizt wird. Turbinenschaufeln im Niederdruckteil bekannter Turbinen sind daher üblicherweise z. B. aus Stahl oder Titan gefertigt.

**[0058]** Bei einer Ventilation in der Niederdruckstufengruppe 12-2 würde ein Teil der Drehenergie des Läufers 22 mittels der rotierenden Laufschaufeln 24 in Wärmeenergie des Dampfes zurückgewandelt. In der Praxis könnte durch diesen Effekt eine im Normalbetrieb etwa 40°C betragende Laufschaufeltemperatur ohne weiteres bis auf etwa 200 bis 250°C oder mehr überhört werden.

**[0059]** Bei der dargestellten Anlage 10 ist diese Problematik jedoch in nachfolgend beschriebener Weise beseitigt, so dass beispielsweise die Laufschaufeln 24 der Niederdruckstufengruppe 12-2 sehr vorteilhaft als Leichtbauschaukeln, gegebenenfalls mit einer speziellen Beschichtung, ausgebildet werden können.

**[0060]** Wesentlich ist hierfür eine im Verlauf zwischen der Dampfzuleitung 16 und der Dampfableitung 18, im dargestellten Ausführungsbeispiel am Eingang der Niederdruckstufengruppe 12-2 angeordnete weitere Dampfeinlasseinrichtung (weitere Dampfzuleitung 40 mit steuerbarem Ventil V2), wobei eine Dampfzufuhr über diese weitere Dampfeinlasseinrichtung 40, V2 von der Steuereinrichtung 14 in Abhängigkeit von (insbesondere z. B. an der Turbine) erfassten Betriebsparametern gesteuert wird.

**[0061]** Hierzu werden der Steuereinrichtung 14 eine Vielzahl von Messgrößen eingegeben, wie beispielsweise eine Temperatur T, die mittels eines in der Niederdruckstufe 12-2 angeordneten Temperatursensors 42 erfasst wird, eine Drehzahl n und ein Drehmoment TQ, welche durch eine (nicht dargestellte) Sensorik beispielsweise im Bereich des Getriebes 26 erfasst werden.

**[0062]** Mittels einer Auswertung der zugeführten Betriebsparameter T, n, TQ, ... erzeugt die Steuereinrichtung 14 eine Vielzahl von Ausgangssignalen zur Ansteuerung verschiedener Anlagenkomponenten. Durch Steuersignale sv1 und sv2 werden beispielsweise die als stufenlos ansteuerbar ausgebildeten Ventile V1 und V2 an den Dampfzuleitungen 16 und 40 angesteuert.

**[0063]** In einem Normalbetrieb, etwa unter Vollast, ist

das Ventil V1 geöffnet und das Ventil V2 geschlossen.

**[0064]** Die Steuereinrichtung 14 erkennt anhand der erfassten Betriebsparameter einen übermäßigen Temperaturanstieg im Bereich der Endstufe 12-2 sowie einen Niedriglastbetrieb, welcher auf Grund des Effekts der Ventilation einen solchen Temperaturanstieg befürchten lässt. In einem solchen Fall wirkt die Steuereinrichtung 14 einem Temperaturanstieg durch einen speziellen Betriebsmodus entgegen, bei welchem speziell konditionierter Dampf über die weitere Dampfzuleitung 40 eingelassen wird. Die relativ geringe Leistung der Turbine 12 wird damit größtenteils oder sogar im Wesentlichen nur mittels des der Zuleitung 40 nachfolgenden Niederdruckteils der Turbine 12 erzeugt. Durch die Leistungserzeugung stromabwärts der Zuleitung 40 wird vorteilhaft eine Ventilation in diesem Bereich vermieden und die Temperatur bleibt gering (bzw. verringert sich). In diesem speziellen Betriebsmodus kann durch gleichzeitiges Schließen oder im Wesentlichen Schließen des Ventils V1 der hochdruckseitig zugeführte Dampfstrom und damit die Leistungserzeugung in der Hochdruckstufe 12-1 abgeschaltet bzw. reduziert werden.

**[0065]** Der erfindungsgemäß erzielte Effekt kann z. B. durch eine zusätzliche Wassereinspritzung im Bereich der Endstufe 12-2, insbesondere in einem so genannten Abdampfgehäuses der Endstufe 12-2, noch unterstützt werden. Eine solche kühlend wirkende Wassereinspritzung kann z. B. in dem erwähnten speziellen Betriebsmodus von der Steuereinrichtung 14 bewirkt und (mengenmäßig) gesteuert werden, bevorzugt in Abhängigkeit von Betriebsparametern, die während dieses Betriebsmodus an der Turbine 12 erfasst werden.

**[0066]** Fig. 2 ist ein Ablaufdiagramm zur Veranschaulichung der von der Steuereinrichtung 14 bewirkten Turbinensteuerung, die beispielsweise mittels in der Steuereinrichtung 14 ablaufender Software realisiert werden kann.

**[0067]** Die Verarbeitung beginnt in einem Schritt S10.

**[0068]** In einem Schritt S12 wird überprüft, ob ein Drehmoment (z. B. Kupplungsmoment) TQ kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert TQa ist.

**[0069]** Falls dies nicht der Fall ist so wird in einem Schritt S14 überprüft, ob die in der Endstufe 12-2 gemessene Temperatur T größer als ein vorbestimmter Schwellwert Ta ist.

**[0070]** Falls auch dies nicht der Fall ist, so geht die Verarbeitung zurück zum Schritt S12.

**[0071]** Falls jedoch das Drehmoment TQ vergleichsweise klein ist (Schritt S12) oder die Temperatur T relativ groß ist (Schritt S14), so schreitet die Verarbeitung zu einem Schritt S16, in welchem das Ventil V1 geschlossen wird und das Ventil V2 geöffnet wird. Damit ist der "spezielle Betriebsmodus" aktiviert, der dem Temperaturanstieg in der Endstufe der Turbine 12 entgegenwirkt.

**[0072]** Dieser spezielle Betriebsmodus wird im dargestellten Ausführungsbeispiel erst dann wieder deaktiviert, wenn sowohl das Drehmoment TQ größer als ein vorbestimmter Schwellwert TQb ist (Schritt S18) als auch

die Temperatur T kleiner als ein vorbestimmter Schwellwert  $T_b$  ist (Schritt S20). Nur wenn das Ergebnis beider Abfragen positiv ist, so schreitet die Verarbeitung zu einem Schritt S22, bei welchem der spezielle Betriebsmodus wieder deaktiviert wird, indem das Ventil V1 wieder geöffnet und das Ventil V2 wieder geschlossen wird. Sodann kehrt die Verarbeitung zum Schritt S12 zurück.

[0073] Die zur Deaktivierung herangezogenen Schwellwerte  $T_{Qb}$  und  $T_b$  können den entsprechenden Schwellwerten für die Aktivierung entsprechen, d. h. es kann  $T_{Qb} = T_{Qa}$  und  $T_b = T_a$  gelten. Alternativ und bevorzugt ist es jedoch, wenn hinsichtlich wenigstens einer Schwellwertart (für Drehmoment oder Temperatur) eine Hysterese vorgesehen ist. In einer bevorzugten Ausführungsform ist z. B.  $T_{Qb}$  um einen vorbestimmten Hysteresewert größer als  $T_{Qa}$  und ist  $T_b$  um einen vorbestimmten Hysteresewert kleiner als  $T_a$ .

[0074] Es versteht sich, dass abweichend von diesen Aktivierungs- und Deaktivierungskriterien in der Praxis auch andere von der Steuereinrichtung 14 erfasste Betriebsparameter herangezogen werden können.

[0075] Auch der "spezielle Betriebsmodus", der im einfachsten Fall eine Umschaltung der Dampfzufuhr von der hochdruckseitigen Zufuhr über die Leitung 16 zur Zwischenzufuhr über die Leitung 40 ist, kann in der Praxis in vielfältiger Weise den jeweiligen Anforderungen angepasst werden. Insbesondere kommt in Betracht, während des speziellen Betriebsmodus eine in Abhängigkeit von den erfassten Betriebsparametern durchgeführte Ansteuerung, insbesondere stufenlose Ansteuerung der Ventile V1 und/oder V2 vorzusehen. Lediglich beispielhaft sei hierzu die Möglichkeit erwähnt, dass insbesondere auf Basis der gemessenen Temperatur T eine Steuerung der Anlage 10 mit dem Ziel erfolgen kann, diese Temperatur T in einem bestimmten Bereich bzw. unter einer gewissen Maximaltemperatur zu halten. Hierfür kann z. B. eine Temperaturregelung vorgesehen werden. Eine solche Temperaturregelung kann z. B. aus Proportional-, Integral- und Differentialanteilen bestehen, und gegebenenfalls eine Vorsteuerung in Abhängigkeit von dem Drehmoment oder der Drehleistung aufweisen.

[0076] Die Turbine 12 kann im speziellen Betriebsmodus z. B. drehzahl geregelt oder leistungsgeregelt gefahren werden oder auf bestimmte Kenngrößen der angetriebenen Anlagenkomponenten (z. B. Generator 28) geregelt werden.

[0077] Zur garantierten Abnahme einer Mindestleistung in dem speziellen Betriebsmodus kann vorgesehen sein, dass mechanische Energie in thermische umgewandelt wird, solange über die normalerweise angetriebenen Anlagenkomponenten nicht ausreichend Leistung konsumiert wird, um Ventilation im Niederdruckteil zu vermeiden. Dies kann z.B. über Heizwiderstände, die über separate Wicklungen oder über eine spezielle Schaltung der vorhandenen Wicklungen eines elektrischen Generators gespeist werden, geschehen.

[0078] Die Erfindung kann mit weiteren temperatursenkenden Maßnahmen kombiniert werden. Beispiels-

weise kann von der Steuereinrichtung während des speziellen Betriebsmodus eine Wassereinspritzung angesteuert werden, um eine zusätzliche Kühlwirkung zu erzielen.

5 [0079] Die Wirkung der erfindungsgemäßen Maßnahmen sollte überwacht werden, etwa um in kritischen Betriebssituationen ein rasches Abschalten der Turbine zu ermöglichen.

[0080] Zusammenfassend erlaubt die Gestaltung der Turbine 12 und deren Ansteuerung vorteilhaft eine Reduzierung oder gänzliche Beseitigung der Ventilation im Niedriglast- oder Leerlaufbetrieb, womit vorteilhaft die in einem solchen Betriebszustand auftretende Temperaturüberhöhung im Niederdruckteil vermieden werden kann.

10 [0081] Da die letzte Stufe einer Kondensationsdampf-turbine zumeist eine begrenzende Komponente bezüglich maximaler Durchströmfläche bzw. maximaler Drehzahl der Turbine darstellt (Fliehkräfte führen zu hohen mechanischen Spannungen der rotierenden Bauteile), ist der mit der Erfindung ermöglichte Einsatz von Leichtbauschaukeln, insbesondere Faserverbundschaukeln auf Grund der deutlich geringeren Masse bei diesem Turbinentyp besonders vorteilhaft.

15 [0082] In einer Ausführungsform ist daher vorgesehen, dass zumindest ein Teil der Laufschaufeln im Niederdruckteil der Turbine in Leichtbauweise, insbesondere aus Faserverbundmaterial (z. B. CFK) hergestellt sind, gegebenenfalls mit einer Beschichtung (zur Erhöhung der Resistenz gegenüber Tropfenschlagerosion). Eine derartige Beschichtung ist in der Praxis insbesondere für viele Faserverbundmaterialien erforderlich, da diese Materialien z. B. im Vergleich zu gehärtetem Stahl eine geringere Tropfenschlagresistenz besitzen.

20 [0083] Durch die mit der Erfindung erreichte Absenkung der maximal auftretenden Temperatur an den Endstufenschaufeln wird der Einsatz von Leichtbauschaukeln mit entsprechenden Erosionsschutzsystemen oftmals überhaupt erst ermöglicht. Es ergeben sich vorteilhaft Möglichkeiten, Schaufelgrundmaterialien mit niedrigerer zulässiger Maximaltemperatur einzusetzen, z. B. Kunstharz bei Einsatz von faserverstärktem Kunststoff.

## 45 Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Dampfturbinenanlage umfassend eine Dampfturbine (12) mit einer hochdruckseitigen Dampfeinlasseinrichtung (16, V1), einer niederdruckseitigen Dampfauslasseinrichtung (18) und einer im Verlauf zwischen diesen angeordneten weiteren Dampfeinlasseinrichtung (40, V2), wobei in Abhängigkeit von erfassten Betriebsparametern (TQ, T) eine Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) gesteuert wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** bei Vorliegen bestimmter Aktivierungskriterien ein spezieller Betriebsmodus (S16) mit einer gesteuerten Dampfzu-

- fuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) bei gleichzeitiger Reduzierung oder Abschaltung der Dampfzufuhr über die hochdruckseitige Dampfeinlasseinrichtung (16, V1) aktiviert wird, der bei Vorliegen bestimmter Deaktivierungskriterien wieder deaktiviert (S22) wird, wobei der für die Zufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) vorgesehene Dampf mit Werten von Temperatur und Druck konditioniert wird, die größer als diejenigen Werte von Temperatur und Druck sind, die sich ohne den zusätzlichen Dampfeinlass an dieser Stelle im Turbinenverlauf ergeben würden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei bei Erfassung eines Niedriglastbetriebs der Dampfturbine (12) die Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) bewirkt wird.
  3. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei bei Erfassung einer bestimmten Temperaturerhöhung in einem Niederdruckteil (12-2) der Dampfturbine (12) die Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) bewirkt wird.
  4. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in dem speziellen Betriebsmodus die Dampfzufuhr über die hochdruckseitige Dampfeinlasseinrichtung (16, V1) und die weitere Dampfzufuhr über die weitere Dampfeinlasseinrichtung (40, V2) in Abhängigkeit von einer in einem Niederdruckteil (12-2) der Dampfturbine (12) gemessenen Temperatur (T) gesteuert werden.
  5. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erfassten Betriebsparameter (TQ, T) ein an einem Turbinenläufer (22) gemessenes Drehmoment (TQ) umfassen.
  6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei die erfassten Betriebsparameter (TQ, T) eine in einem Niederdruckteil (12-2) der Dampfturbine (12) gemessene Temperatur (T) umfassen.
  7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei von der Dampfturbine (12) angetriebene Anlagenkomponenten (26, 28) im speziellen Betriebsmodus (S16) zur Erhöhung der mechanischen Leistungsaufnahme angesteuert werden.
  8. Verfahren nach Anspruch 7, wobei die von der Dampfturbine (12) angetriebenen Anlagenkomponenten (26, 28) zur wenigstens teilweisen Umwandlung der im speziellen Betriebsmodus aufgenommenen Leistung in Wärme zur Vorerwärmung des Kondensates in einem Kreislauf der als Kondensationsdampfturbinenanlage ausgebildeten Anlage (10) vorgesehen sind.

9. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in Abhängigkeit von den erfassten Betriebsparametern (TQ, T) auch eine Wassereinspritzung in einem Ausgangsbereich der Dampfturbine (12) angesteuert wird.

10. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei in dem speziellen Betriebsmodus (S16) eine Sicherheitsüberwachung im Hinblick auf eine in einem Niederdruckteil (12-2) der Dampfturbine (12) gemessene Temperatur (T) erfolgt, und die Dampfturbine (12) bei Erfüllung vorbestimmter Unsicherheitskriterien abgeschaltet wird.

### Claims

1. Method for operating a steam turbine system comprising a steam turbine (12) having a high-pressure side steam inlet device (16, V1), a low-pressure side steam outlet device (18) and an additional steam inlet device (40, V2) arranged in the route between said devices, wherein a supply of steam is controlled via the additional steam inlet device (40, V2) as a function of detected operating parameters (TQ, T), **characterised in that**, when certain activation criteria exist, a special operating mode (S16) with a controlled supply of steam via the additional steam inlet device (40, V2) is activated with simultaneous reduction or switching off of the supply of steam via the high-pressure side steam inlet device (16, V1), which special operating mode (S16) is deactivated (S22) again when certain deactivation criteria exist, wherein the steam provided for supply via the additional steam inlet device (40, V2) is conditioned with values of temperature and pressure, which are greater than the values of temperature and pressure which would result at this point in the route of the turbine without the additional steam inlet.
2. Method according to claim 1, wherein the supply of steam is effected via the additional steam inlet device (40, V2) when a low-load operation of the steam turbine (12) is detected.
3. Method according to one of the preceding claims, wherein the supply of steam is effected via the additional steam inlet device (40, V2) when a certain temperature increase is detected in a low-pressure section (12-2) of the steam turbine (12).
4. Method according to one of the preceding claims, wherein in the special operating mode the supply of steam via the high-pressure side steam inlet device (16, V1) and the additional supply of steam via the additional steam inlet device (40, V2) is controlled as a function of a temperature (T) measured in a low-pressure section (12-2) of the steam turbine (12).

5. Method according to one of the preceding claims, wherein the detected operating parameters (TQ, T) comprise a torque measured at a turbine rotor (22).
6. Method according to one of the preceding claims, wherein the detected operating parameters (TQ, T) comprise a temperature (T) measured in a low-pressure section (12-2) of the steam turbine (12).
7. Method according to one of the preceding claims, wherein system components (26, 28) driven by the steam turbine (12) are activated in the special operating mode (S16) in order to increase the mechanical power consumption.
8. Method according to claim 7, wherein the system components (26, 28) driven by the steam turbine (12) are provided to at least partially convert the power consumed in the special operating mode into heat for pre-heating the condensate in a circuit of the system (10) constructed as a condensing steam turbine system.
9. Method according to one of the preceding claims, wherein an injection of water in an exit region of the steam turbine (12) is also activated as a function of the detected operating parameters (TQ, T).
10. Method according to one of the preceding claims, wherein in the special operating mode (S16) safety monitoring with regard to a temperature (T) measured in a low-pressure section (12-2) of the steam turbine (12) takes place and the steam turbine (12) is switched off when predetermined danger criteria are fulfilled.

## Revendications

1. Procédé de conduite d'une installation de turbine à vapeur comprenant une turbine à vapeur (12) avec un dispositif d'admission de vapeur (16, V1) côté haute pression, un dispositif d'échappement de vapeur (18) côté basse pression et un autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2) placé entre ces derniers sur le parcours, dans lequel un apport de vapeur est commandé par l'intermédiaire dudit autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2) en fonction de paramètres de fonctionnement détectés (TQ, T), **caractérisé en ce qu'**en présence de critères d'activation déterminés un mode de fonctionnement spécial (S16) est activé, comprenant un apport de vapeur commandé par l'intermédiaire de l'autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2) avec réduction ou coupure simultanée de l'apport de vapeur par l'intermédiaire du dispositif d'admission de vapeur (16, V1) côté haute pression, lequel mode est désactivé (S22) en présence de critères de désactivation dé-

terminés, la vapeur prévue pour être apportée par l'intermédiaire de l'autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2) étant conditionnée par des valeurs de température et de pression supérieures aux valeurs de température et de pression que l'on obtiendrait sans l'apport de vapeur supplémentaire à cet endroit du parcours de turbine.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, lorsqu'un fonctionnement à faible charge de la turbine à vapeur (12) est détecté, l'apport de vapeur est effectué par l'intermédiaire de l'autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2).
3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, lorsqu'une certaine augmentation de la température est détectée dans une partie basse pression (12-2) de la turbine à vapeur (12), l'apport de vapeur est effectué par l'intermédiaire de l'autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2).
4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel, dans le mode de fonctionnement spécial, l'apport de vapeur par l'intermédiaire du dispositif d'admission de vapeur (16, V1) côté haute pression et l'apport de vapeur supplémentaire par l'intermédiaire de l'autre dispositif d'admission de vapeur (40, V2) sont commandés en fonction d'une température (T) mesurée dans une partie basse pression (12-2) de la machine à vapeur (12).
5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les paramètres de fonctionnement détectés (TQ, T) comprennent un couple (TQ) mesuré sur un rotor de turbine (22).
6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel les paramètres de fonctionnement détectés (TQ, T) comprennent une température (T) mesurée dans une partie basse pression (12-2) de la turbine à vapeur (12).
7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel des composants (26, 28) de l'installation entraînés par la turbine à vapeur (12) sont commandés dans le mode de fonctionnement spécial (S16) pour augmenter la puissance mécanique absorbée.
8. Procédé selon la revendication 7, dans lequel les composants (26, 28) de l'installation entraînés par la turbine à vapeur (12) sont prévus pour transformer, au moins partiellement, la puissance absorbée dans le mode de fonctionnement spécial en chaleur pour préchauffer le condensat dans un circuit de l'installation (10) conçue sous forme d'installation de turbine à vapeur à condensation.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une injection d'eau est également commandée dans une région de sortie de la turbine à vapeur (12) en fonction des paramètres de fonctionnement détectés (TQ, T). 5
10. Procédé selon l'une des revendications précédentes, dans lequel une surveillance de sécurité par rapport à une température (T) mesurée dans une partie basse pression (12-2) de la turbine à vapeur (12) a lieu dans le mode de fonctionnement spécial (S16) et dans lequel la turbine à vapeur (12) est arrêtée lorsque des critères d'insécurité prédéterminés sont remplis. 10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG 1

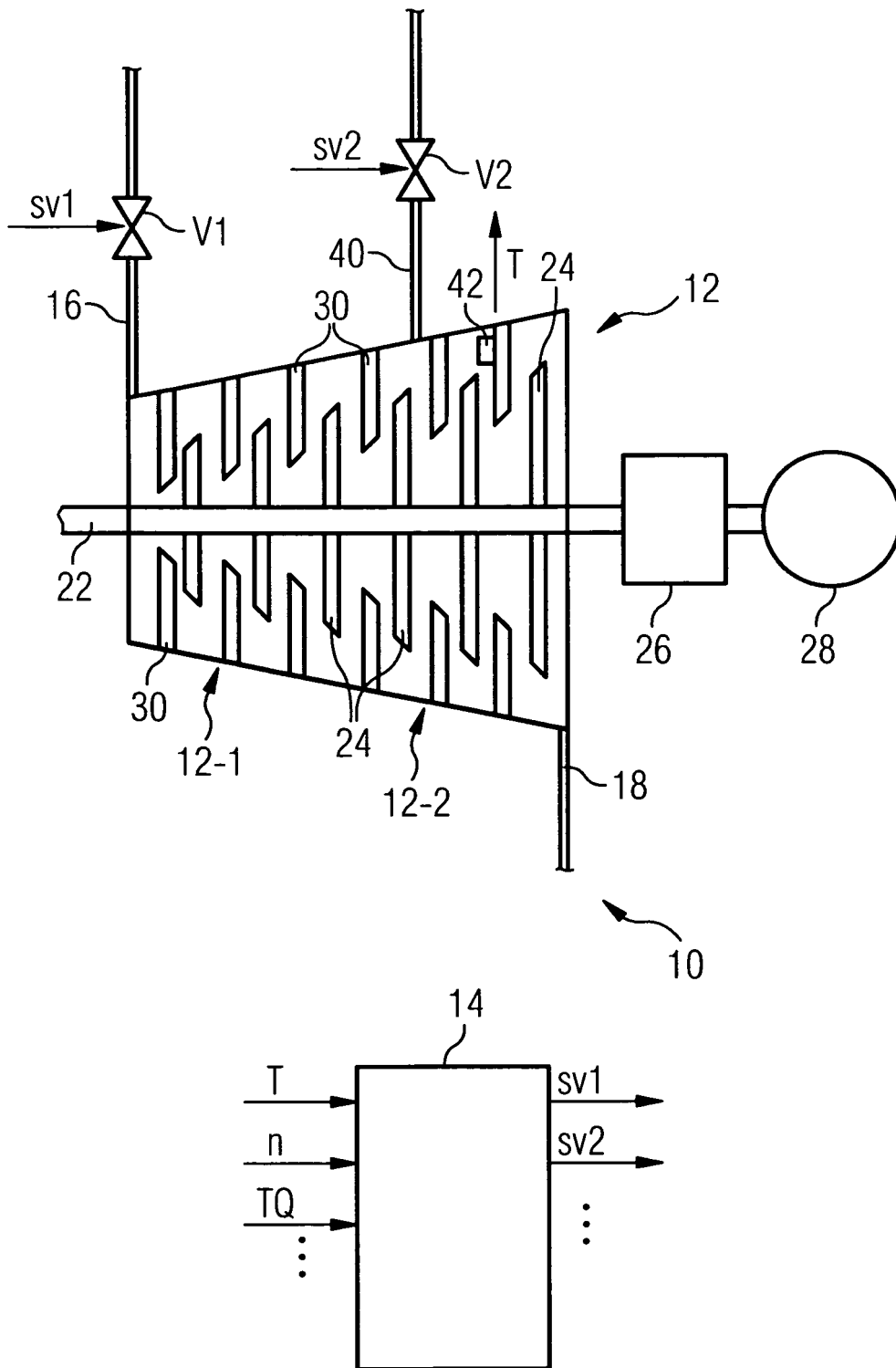
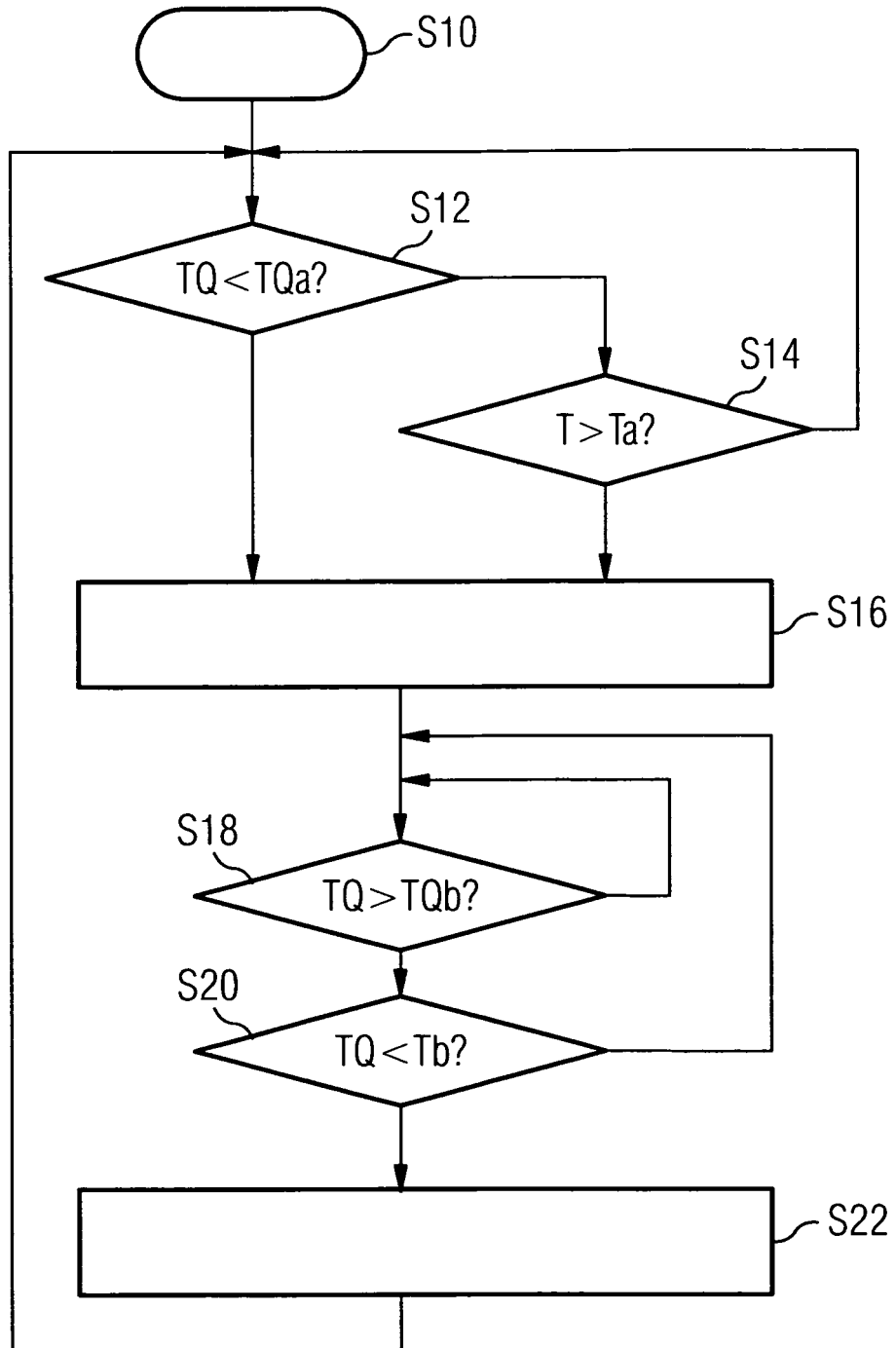


FIG 2



**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**

- DE 19823251 C1 [0010] [0012]
- DE 4129518 A1 [0010] [0012]
- US 4793132 A [0013]
- DE 10042317 A1 [0013]
- WO 0233226 A1 [0013]
- EP 0674099 A1 [0013]
- EP 0314028 A1 [0013]