

(19)



Europäisches
Patentamt
European
Patent Office
Office européen
des brevets



(11)

EP 3 109 418 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:

28.12.2016 Patentblatt 2016/52

(51) Int Cl.:

F01K 13/02 (2006.01)**F01D 21/00** (2006.01)**F01D 25/12** (2006.01)(21) Anmeldenummer: **15173619.6**(22) Anmeldetag: **24.06.2015**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AL 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 RS SE SI SK SM TR**

Benannte Erstreckungsstaaten:

BA ME

Benannte Validierungsstaaten:

MA

(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**
80333 München (DE)

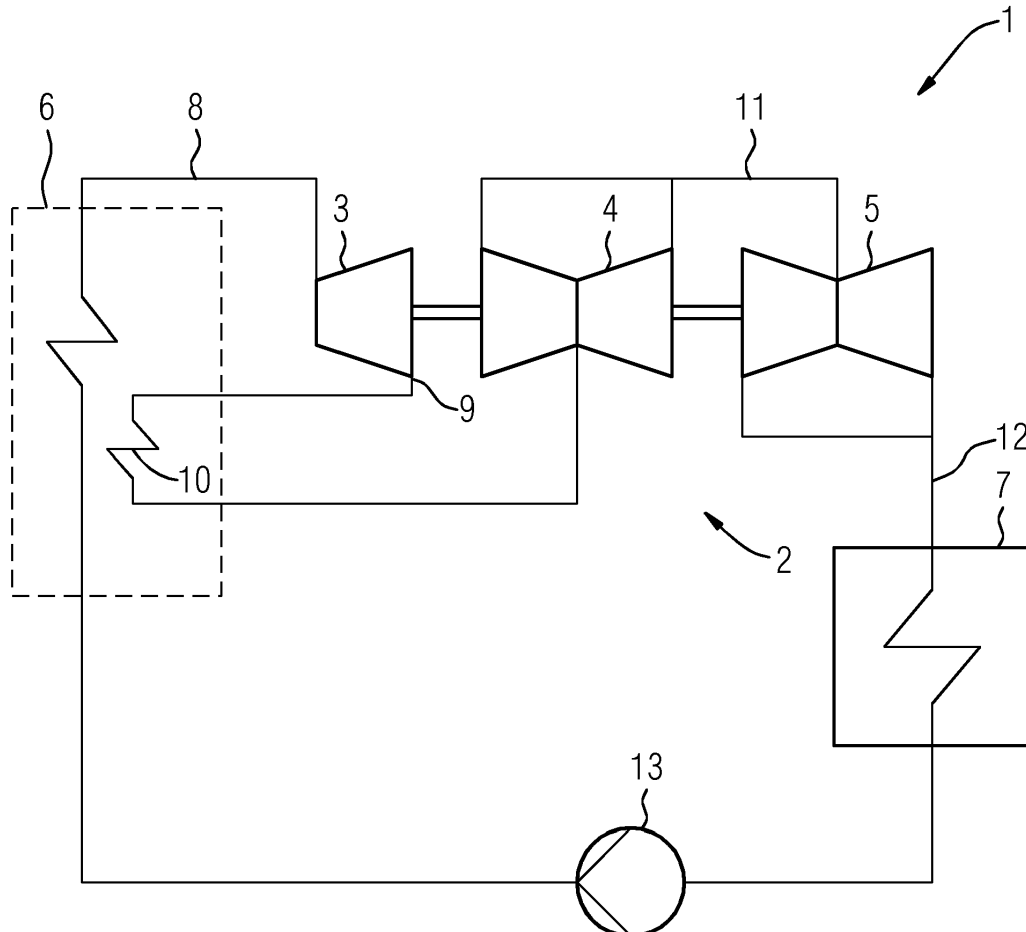
(72) Erfinder:

- **Greis, Jan**
47167 Duisburg (DE)
- **Stawarski, Oliver**
41462 Neuss (DE)

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

(57) Die Erfindung betrifft ein Automatisierungssystem, das die theoretisch maximale Abkühlrate einer Dampfturbine (2) bestimmt und einen Dampferzeuger (6)

derart betreibt, dass die thermische Energie des Dampfes die vorgegebene Abkühlrate weder überschreitet noch unterschreitet.

**EP 3 109 418 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Abkühlen einer Dampfturbine, wobei die Dampfturbine mit Dampf aus einem Dampferzeuger beströmt wird, wobei eine vorgegebene Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ der Dampfturbine bestimmt wird, wobei die tatsächliche Abkühlrate $\dot{T}_{tat}$ ermittelt und mit der vorgegebenen Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ verglichen wird.

[0002] Dampfturbinen werden in Kraftwerksanlagen zur Energieerzeugung eingesetzt. Nach einer erfolgreichen Inbetriebnahme werden die Dampfturbinen mehr oder weniger im Dauerbetrieb eingesetzt. Dennoch ist es erforderlich, hin und wieder Revisionen durchzuführen. Hierbei ist es notwendig, dass die Dampfturbinen außer Betrieb genommen werden und abgekühlt sind. Zur Abkühlung ist es gängige Praxis, die Dampfturbine mittels dem sogenannten "forced cooling" abzukühlen. Das "forced cooling" umfasst im Wesentlichen drei Phasen, wobei in der ersten Phase eine Dampftemperaturabsenkung im Leistungsbetrieb erfolgt und nach dem Abschalten erfolgt danach ein natürliches Abkühlen und anschließend ein "kaltziehen" mit Umgebungsluft, wobei über eine Evakuierungseinrichtung die Luft durch die Dampfturbine gezogen wird. Die Dampfturbine wird also durch eine Reduktion der Dampftemperatur im Leistungsbetrieb vorab abgekühlt. Diese Reduktion der Dampftemperatur kann durch die Verwendung einer Kesselabspritzung und/oder durch Leistungsreduzierung der Feuerung bzw. der Gasturbine (im Falle einer GuD-Anlage) erfolgen. Allerdings muss darauf geachtet werden, dass die Reduktion der Dampftemperaturen derart erfolgt, dass die Auslegungsgrenzen der Dampfturbine nicht überschritten werden. Dazu kann die Dampftemperatur mittels starrer Rampen reduziert werden. Nachteilig ist hierbei aber, dass eventuell vorgegebene Freiheiten nicht voll ausgereizt werden. Dies wiederum führt zu einem Zeitverlust, bei dem wertvoller Brennstoff vergeudet werden könnte.

[0003] Die Aufgabe der Erfindung ist es daher, dass Verfahren zum Abkühlen der Dampfturbine zu beschleunigen.

[0004] Gelöst wird diese Aufgabe durch den unabhängigen Anspruch 1.

[0005] Danach kommt erfindungsgemäß ein Verfahren zum Abkühlen einer Dampfturbine zum Einsatz, wobei die Dampfturbine mit Dampf aus einem Dampferzeuger beströmt wird, wobei eine vorgegebene Abkühlrate der Dampfturbine bestimmt wird, wobei die tatsächliche Abkühlrate ermittelt wird und mit der vorgegebenen Abkühlrate verglichen und der Dampferzeuger derart betrieben wird, dass die tatsächliche Abkühlrate im Wesentlichen der vorgegebenen Abkühlrate entspricht.

[0006] Somit ist ein wesentliches Merkmal der Erfindung, dass eine Regelung berücksichtigt wird, die nunmehr die Dampftemperatur derart regelt, dass die Abkühlung der Dampfturbine innerhalb vorgegebener Grenzen erfolgt.

[0007] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0008] So wird in einer ersten vorteilhaften Weiterbildung die vorgegebene Abkühlrate durch eine Finite-Elemente-Methode ermittelt, durch Messungen ermittelt oder durch Tests ermittelt.

[0009] In einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung wird bei der Abkühlrate die Temperatur der Bauteile, wie zum Beispiel das Gehäuse und der Rotor der Dampfturbine berücksichtigt.

[0010] Des Weiteren wird die Aufgabe durch ein Automatisierungssystem gelöst, das ausgebildet ist zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0011] Die oben beschriebenen Eigenschaften, Merkmale und Vorteile dieser Erfindung sowie die Art und Weise, wie diese erreicht werden, werden klarer und deutlicher verständlich im Zusammenhang mit der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele, die im Zusammenhang mit den Zeichnungen näher erläutert werden.

[0012] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand der Zeichnung beschrieben. Diese soll die Ausführungsbeispiele nicht maßgeblich darstellen, vielmehr ist die Zeichnung, wo zur Erläuterung dienlich, in schematisierter und/oder leicht verzerrter Form ausgeführt. Im Hinblick auf Ergänzungen der in der Zeichnung unmittelbar erkennbaren Lehren wird auf den einschlägigen Stand der Technik verwiesen.

[0013] Es zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer erfindungsgemäßen Kraftwerksanlage.

[0014] Die Kraftwerksanlage 1 umfasst eine Dampfturbine 2, die in eine Hochdruck-Teilturbine 3, eine Mitteldruck-Teilturbine 4 und Niederdruck-Teilturbine 5 eingeteilt ist. Ferner umfasst die Kraftwerksanlage 1 einen Dampferzeuger 6 und einen Kondensator 7, der strömungstechnisch mit der Niederdruck-Teilturbine 5 verbunden ist. Frischdampf wird im Dampferzeuger 6 erzeugt und strömt über eine Frischdampfleitung 8 in die Hochdruck-Teilturbine 3 und von dort über einen Auslass 9 zu einem Zwischenüberhitzer 10. Im Zwischenüberhitzer 10 wird der Dampf wieder auf eine höhere Temperatur gebracht und strömt anschließend in die Mitteldruck-Teilturbine 4. Von dort aus strömt der Dampf über eine Überströmleitung 11 zur Niederdruck-Teilturbine 5 und schließlich über eine Abdampfleitung 12 in den Kondensator 7. Im Kondensator 7 kondensiert der Dampf zu Wasser und wird mittels einer Pumpe 13 wieder zum Dampferzeuger 6 geführt.

[0015] Die Dampfturbine 1 wird mit Dampf aus dem Dampferzeuger 6 beströmt, wobei eine vorgegebene Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ der Dampfturbine 2 bestimmt wird. Des Weiteren wird die tatsächliche Abkühlrate $\dot{T}_{tat}$ ermittelt und mit der vorgegebenen Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ verglichen. Dies erfolgt in einem Automatisierungssystem (nicht dargestellt). Das Automatisierungssystem liefert ein Ausgangssignal an den Dampferzeuger 6, was dazu führt,

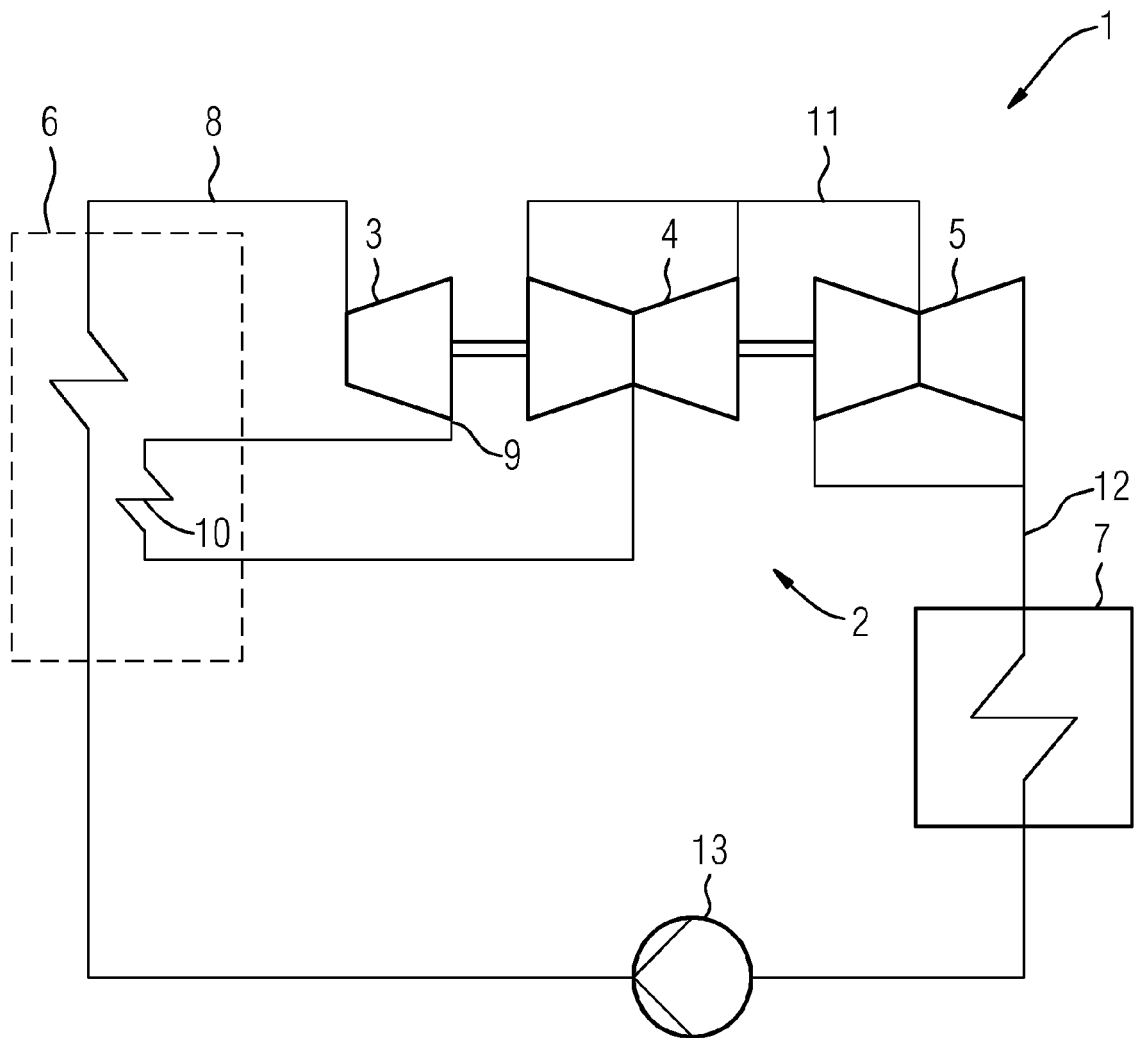
dass der Dampferzeuger 6 derart betrieben wird, dass die tatsächliche Abkühlrate $\dot{T}_{tat}$ im Wesentlichen der vorgegebenen Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ entspricht. In der Dampfturbinensteuerung sind demnach die Auslegungsgrenzen abgebildet, wobei eine Vorgabe zur Abkühlung berechnet wird und dem Dampferzeuger 6 als Signal zur Verfügung gestellt wird. Diese optimale Dampftemperatur nutzt die Auslegungsgrenzen der Dampfturbine 2 beim Abkühlen optimal aus. Sie überprüft stets die Ist-Zustände und vergleicht mit den zulässigen Grenzen. Mit anderen Worten, mit dem Automatisierungssystem wird die optimale Dampftemperatur die Temperatur zügig herabsetzen, wenn noch große Freibeträge vorhanden sind und langsamer herabsetzen, wenn nur noch kleine Freibeträge vorhanden sind, wie z. B. nahe der Auslegungsgrenze. Berücksichtigt werden hierbei Temperaturen der Dampfturbine und somit die Wandtemperatur-Grenzen.

[0016] Die vorgegebene Abkühlrate kann durch eine Finite-Elemente-Methode ermittelt werden oder durch Messungen oder durch Tests.

[0017] Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Patentansprüche

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der Dampferzeuger (6) derart betrieben wird, dass eine Kesselabspritzung erfolgt und/oder die Feuerung derart geändert wird, dass die Leistung des Dampferzeugers (6) reduziert wird.
 6. Automatisierungssystem ausgebildet zur Durchführung eines Verfahrens gemäß der Ansprüche 1 bis 5.
1. Verfahren zum Abkühlen einer Dampfturbine (2), wobei die Dampfturbine (2) mit Dampf aus einem Dampferzeuger (6) beströmt wird, wobei eine vorgegebene Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ der Dampfturbine (2) bestimmt wird, wobei die tatsächliche Abkühlrate $\dot{T}_{tat}$ ermittelt wird und mit der vorgegebenen Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ verglichen wird und der Dampferzeuger (6) derart betrieben wird, dass die tatsächliche Abkühlrate $\dot{T}_{tat}$ im Wesentlichen der vorgegebenen Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ entspricht.
 2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die vorgegebene Abkühlrate $\dot{T}_{vor}$ durch eine Finite-Elemente-Methode ermittelt wird, durch Messungen ermittelt wird oder durch Tests ermittelt wird.
 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei bei der Abkühlrate die Temperaturen der Bauteile der Dampfturbine (2) berücksichtigt wird.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei eine Temperatur an der Innenwand T_I und eine Temperatur an der Außenwand T_A ermittelt wird und eine Differenz der Temperatur $T_A - T_I$ einen vorgegebenen Grenzwert ΔT_{AI} weder überschreitet noch unterschreitet.





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
 EP 15 17 3619

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	AU 2008 202 733 A1 (STANWELL CORP LTD) 22. Januar 2009 (2009-01-22)	1-3,5,6	INV. F01K13/02 F01D21/00 F01D25/12
Y	* Seite 4, Zeile 20 - Seite 22, Zeile 15; Ansprüche 1,6,11; Abbildungen 3-5 *	4	
Y	EP 2 620 604 A1 (SIEMENS AG [DE]) 31. Juli 2013 (2013-07-31)	4	
A	* Absatz [0022]; Abbildungen 1-2 *	1-3,5,6	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K F01D
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 1. Dezember 2015	Prüfer Lepers, Joachim
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE 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		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	

EPO FORM 1503 03.92 (P04C03)

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

EP 15 17 3619

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

01-12-2015

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
	AU 2008202733	A1	22-01-2009	KEINE		

15	EP 2620604	A1	31-07-2013	CN	104081008 A	01-10-2014
				EP	2620604 A1	31-07-2013
				EP	2776684 A1	17-09-2014
				JP	2015508472 A	19-03-2015
				KR	20140099554 A	12-08-2014
				US	2015047353 A1	19-02-2015
20				WO	2013110365 A1	01-08-2013

25						
30						
35						
40						
45						
50						
55						

EPO FORM P0461

EPO FORM P0461

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