



(11)

EP 2 396 514 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
05.03.2014 Patentblatt 2014/10

(51) Int Cl.:
F01D 5/08 ^(2006.01) **F01D 19/00** ^(2006.01)
F01D 25/10 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **10702463.0**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2010/050800

(22) Anmeldetag: **25.01.2010**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2010/091942 (19.08.2010 Gazette 2010/33)

(54) Verfahren zur Erwärmung einer Turbinenwelle

Method for heating a turbine shaft

Procédé de chauffage d'un arbre de turbine

(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**

(30) Priorität: **10.02.2009 EP 09001828**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.12.2011 Patentblatt 2011/51

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

(72) Erfinder: **HEUE, Matthias
44879 Bochum (DE)**

(56) Entgegenhaltungen:
**WO-A1-01/66273 GB-A- 1 230 325
US-A- 5 498 131**

- **BADAMI V V; ET AL ED - INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS: "FUZZY LOGIC SUPERVISORY CONTROL FOR STEAM TURBINE PREWARMING AUTOMATION" PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON FUZZY SYSTEMS. ORLANDO, JUNE 26 - 29, 1994; 19940626 NEW YORK, IEEE, US, Bd. 2, 26. Juni 1994 (1994-06-26), Seiten 1045-1050, XP000518372 ISBN: 9780780318977**

EP 2 396 514 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 zur Erwärmung einer Turbinenwelle sowie eine Dampfturbine umfassend eine Turbinenwelle und eine Vorrichtung zur Erwärmung der Turbinenwelle.

[0002] Bei Kraftwerken, die zur Stromerzeugung mit einer Dampfturbinenanlage ausgestattet sind, kann es in Abhängigkeit des aktuellen Strombedarfs erforderlich sein, eine einzelne Dampfturbine oder mehrere Dampfturbinen abzuschalten und bedarfsabhängig wieder zuzuschalten. Ein schnelles Starten der jeweiligen Dampfturbinenanlage ist hierbei von entscheidender Bedeutung. Dies gilt insbesondere für längere Stillstandzeiten, insbesondere nach einem Kaltstart und nach einem Warmstart, z.B. nach einem Wochenendstillstand. Bekannt ist es während des Startvorgangs zunächst einen Dampferzeuger hoch zu fahren bzw. zu erwärmen, um die Dampftemperatur und den Dampfdruck zu erhöhen. Sobald für den Dampf eine vorbestimmte Starttemperatur und ein vorbestimmter Startdruck sowie eine vorbestimmte Startqualität vorliegen, wird ein Anfahrverfahren zum Anfahren der Dampfturbine gestartet. Dazu werden unter anderem Frischdampfventile mehr oder weniger stark geöffnet. Dabei sind die Werte für die Starttemperatur, dem Startdruck und die Startqualität des Dampfes so gewählt, dass nach dem Anfahren der Dampfturbine ein Leerlaufbetrieb oder ein Lastbetrieb mit geringer Last für die Dampfturbine realisierbar ist.

[0003] Bis zum Start des eigentlichen Anfahrverfahrens müssen diese Parameter stabil vorliegen. Je nach Kraftwerkstyp und Kesselbauart oder Kraftwerksgröße können hierbei regelmäßig etwa 1 bis 3 Stunden vergehen. Beim Anfahren aus einem kalten Maschinenzustand werden durch die Beaufschlagung mit heißem Dampf regelmäßig hohe Materialbelastungen durch die auftretenden Wärmedehnungsspannungen erreicht.

[0004] Durch die Liberalisierung des Energiemarktes ist es derzeit üblich, Dampfturbinenanlagen über eine längere Zeitspanne außer Betrieb zu nehmen. Dazu gehören kurzfristige Stillstände oder tägliche Start- bzw. Stoppfahrweisen sowie Wochenendstillstände.

[0005] Das Dokument US 5,498,131 A offenbart eine Dampfturbine.

[0006] In dem Dokument WO 01/66273 A1 wird ein Verfahren und eine Apparatur zur Reinigung von Dampfturbinen offenbart.

[0007] Das Dokument Badami et al: "Fuzzy logic supervisory ..." offenbart eine Regelung zur Aufwärmung.

[0008] Jedoch ist eine hohe Flexibilität gewünscht, die Kraftwerke jederzeit schnell Anfahren zu können. An dieser Stelle setzt die Erfindung an, deren Aufgabe es ist, ein Verfahren und eine Dampfturbine anzugeben, die schnell erwärmt werden kann.

[0009] Gelöst wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zur Erwärmung einer Turbinenwelle gemäß Anspruch 1. Die auf die Dampfturbine hin gerichtete Aufgabe wird gelöst durch eine Dampfturbine gemäß Anspruch 7.

[0010] Üblicherweise ist die Turbinenwelle ein großes Bauteil mit einer hohen Masse und dadurch einer vergleichsweise hohen Wärmekapazität. Dies führt dazu, dass die Turbinenwelle bei einer Energiezufuhr vergleichsweise langsam erwärmt wird. Ein wesentlicher Gedanke der Erfindung liegt darin, die Turbinenwelle dadurch schneller zu erwärmen, indem auf die Turbinenwelle warmes Wasser gespritzt wird. Durch diese Wassereinspritzung erfolgt eine schnelle Wärmeübertragung des warmen Wassers auf die Turbinenwelle. Unter dem Begriff Wasser wird hier Wasser in seinem Aggregatzustand flüssig verstanden.

[0011] Vorteilhafte Weiterbildungen sind in den Unteransprüchen angegeben. Für eine ideale Wärmeübertragung des heißen Wassers auf die Turbinenwelle wird heißes Wasser bzw. warmes Wasser mit Temperaturen zwischen 100°C und 350°C verwendet. Das Wasser liegt bei den vorgenannten Temperaturen zwischen 100°C und 350°C gasförmig vor.

[0012] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die Turbinenwelle vor dem Anstoßen durch die Wassereinspritzung erwärmt. Das führt dazu, dass bereits in einem sehr frühen Stadium, die Turbinenwelle in Folge der Wassereinspritzung erwärmt wird. Die Dampfturbine weist üblicher Weise sogenannte Gehäuseentwässerungen auf, die selbstverständlich geöffnet sind, während die Turbinenwelle mit Wasser bespritzt wird. Sofern der Druck in der Dampfturbine unter dem Druck des eingespritzten Wassers liegt, wird das eingespritzte Wasser verdampfen. Bei der anschließenden Kondensation des eingespritzten Wassers an den kalten Bauteilen wird dadurch die gewünschte Erwärmung erreicht. Dadurch erwärmt sich die Turbinenwelle schneller und kann früher die Betriebstemperatur erreichen, um an ein elektrisches Versorgungsnetz angeschlossen zu werden.

[0013] In einer vorteilhaften Weiterbildung wird die Turbinenwelle so lange mit Wasser bespritzt, bis eine maximale Anwärmdrehzahl erreicht wird. Die maximale Anwärmdrehzahl erreicht hierbei Werte zwischen 8 Hz und 25 Hz. Da über die Wassereinspritzung ein permanenter Wärmeübertrag auf die Turbinenwelle erfolgt, ist es dadurch vorteilhaft, dass das Wasser ständig auf die Turbinenwelle gespritzt wird, bis die Turbinenwelle im Aufwärmvorgang die maximale Anwärmdrehzahl erreicht hat. Die Anfahrzeit wird dadurch weiter verkürzt.

[0014] Das warme Wasser wird hierbei aus einer Speisepumpe entnommen, um die geforderte Dampfreinheit sicherzustellen, z. B. aus einer parallelen Dampfquelle. In einer Dampfturbinenanlage ist ein Wasserdampfkreislauf in der Regel derart vorhanden, dass Wasser aus der Speisepumpe zur Verfügung steht.

[0015] In einer vorteilhaften Weiterbildung werden innerhalb der Dampfturbine Einspritzdüsen angeordnet, über die das warme Wasser auf die Turbinenwelle gespritzt wird.

[0016] Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

[0017] Darin zeigt:

Figur 1 eine schematische Darstellung einer Wassereinspritzung auf eine Turbinenwelle.

[0018] Die Figur 1 zeigt in einer schematischen Darstellung eine Turbinenwelle 1, die zweiflutig ausgeführt ist. Das bedeutet, die Turbinenwelle 1 umfasst eine linke Flut 2 und eine rechte Flut 3. Die Turbinenwelle 1 rotiert um die Rotationsachse 4. Im Betrieb strömt über einen nicht näher dargestellten Einstrombereich Frischdampf in die Dampfturbine und entspannt sich entlang der linken Flut 2 und der rechten Flut 3. Des Weiteren umfasst die Turbinenwelle 1 nicht näher dargestellte Laufschaufeln. Im Betrieb kann sich die Turbinenwelle 1 auf über 300°C erwärmen. Die Temperaturen können sogar Werte bis zu 630°C erreichen. Nach einem Stillstand kann die Temperatur der Turbinenwelle 1 weniger als 100°C betragen.

[0019] Zur schnellen Erwärmung der Turbinenwelle 1 wird diese mit warmen Wasser 5 aus Einspritzdüsen 6 bespritzt. Das warme Wasser 5 kann Temperaturen zwischen 100°C und 350°C haben. Während der Aufwärmung wird hierbei das Wasser über ein Ventil 7 zur Einspritzdüse 6 geführt. Mit dem Ventil 7 kann die Menge des Wassers, die durch eine Leitung 8 zur Einspritzdüse, 6 führt, geregelt werden.

[0020] Die Turbinenwelle 1 wird hierbei vor dem Anstoßen durch die Wassereinspritzung erwärmt. Das bedeutet, dass die Turbinenwelle 1 während des Turnbetriebs, d.h. eine extern zugeführte Rotationsbewegung über einen Motor bereits mit Wasser bespritzt wird. Es ist hierbei allerdings sorgfältig darauf zu achten, dass die Menge des aus der Einspritzdüse 6 spritzenden Wassers 5 konstant über die Oberfläche der Turbinenwelle 1 verteilt wird, da sonst lokale Spannungen entstehen können. Des Weiteren wird die Turbinenwelle 1 so lange mittels der Einspritzdüsen 6 mit warmen Wasser 5 bespritzt, bis eine maximale Anwärm-drehzahl erreicht wird. Die Anwärm-drehzahl nimmt hierbei Werte zwischen 8 Hz und 25 Hz an.

[0021] Das Ventil 7 ist an eine Leitung 9 strömungstechnisch gekoppelt, wobei die Leitung 9 in nicht näher dargestellter Weise an einer Speisepumpe strömungstechnisch angekoppelt ist. Das bedeutet, dass das warme Wasser 5 aus der Speisepumpe entnommen wird. Die Wahl der Entnahme hängt von der gewünschten Temperatur des warmen Wassers 5 ab. Es sind auch Kombinationen denkbar, wobei das warme Wasser 5 aus der Vorwärmstrecke und der Speisepumpe gemischt wird oder auch aus einer parallelen Dampfquelle, z. B. aus einem zweiten Block kommt.

[0022] Die Turbinenwelle 1 ist Teil einer nicht näher dargestellten Dampfturbine. Diese Dampfturbine umfasst ein Gehäuse, wobei innerhalb des Gehäuses die Einspritzdüsen 6 zum Einspritzen des Wassers 5 angeordnet sind. Die Lage der Einspritzdüsen 6 und die Strömungsmenge an warmen Wasser 5 sollte geeignet gewählt werden, damit der wärmeübertragungskoeffizient optimal ist. Des Weiteren weist die Dampfturbine Gehäuseentwässerungen auf, die derart ausgebildet sind, dass

im Gehäuse befindliches Wasser abfließen kann. Diese Gehäuseentwässerungen sind während des Erwärmprozesses geöffnet, damit das Wasser abfließen kann.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erwärmung einer Turbinenwelle (1), wobei die Turbinenwelle (1) durch Wassereinspritzung mittels flüssigen Wassers erwärmt wird, wobei das Wasser (5) vor dem Einspritzen in flüssigem Aggregatzustand ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das warme Wasser (5) aus einer Speisepumpe entnommen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei die Turbinenwelle (-1) während der Wassereinspritzung um ihre Rotationsachse rotiert.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei das Wasser (5) Temperaturwerte zwischen 100°C und 350°C aufweist.
4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Turbinenwelle (1) vor dem Anstoßen durch die Wassereinspritzung erwärmt wird.
5. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3, wobei die Turbinenwelle (1) durch die Wassereinspritzung erwärmt wird, bis eine maximale Anwärm-drehzahl erreicht wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die maximale Anwärm-drehzahl Werte zwischen 8 Hz und 25 Hz annimmt.
7. Dampfturbine umfassend eine Turbinenwelle (1) mit einer Turbinenwellenoberfläche und Vorrichtung zur Einspritzung von flüssigem Wasser (5) auf die Turbinenwellenoberfläche, wobei das Wasser vor dem Einspritzen in flüssigem Aggregatzustand ist und eine Speisepumpe zum Entnehmen des Wassers (5) vorgesehen ist.
8. Dampfturbine nach Anspruch 7, umfassend ein Gehäuse, wobei innerhalb des Gehäuses Einspritzdüsen (6) zum Einspritzen des Wassers(5) angeordnet sind.

Claims

1. Method for heating a turbine shaft (1), wherein the turbine shaft (1) is heated as a result of water injection by means of liquid water, wherein the water (5) is in a liquid physical state before injection, **characterized in that** the hot water

(5) is extracted from a feed pump.

2. Method according to Claim 1, wherein the turbine shaft (1) rotates around its rotational axis during the water injection. 5
3. Method according to Claim 2, wherein the water (5) has temperature values of between 100°C and 350°C. 10
4. Method according to Claim 1, 2 or 3, wherein the turbine shaft (1) is heated by means of the water injection before start-up.
5. Method according to Claim 1, 2 or 3, wherein the turbine shaft (1) is heated by means of the water injection until a maximum warm-up speed is reached. 15
6. Method according to Claim 5, wherein the maximum warm-up speed attains values of between 8 Hz and 25 Hz. 20
7. Steam turbine comprising a turbine shaft (1) with a turbine shaft surface and device for injecting liquid water (5) onto the turbine shaft surface, wherein the water is in a liquid physical state before injection and the feed pump is provided for extraction of the water (5). 25
8. Steam turbine according to Claim 7, comprising a casing, wherein injection nozzles (6) for injecting the water (5) are arranged inside the casing. 30

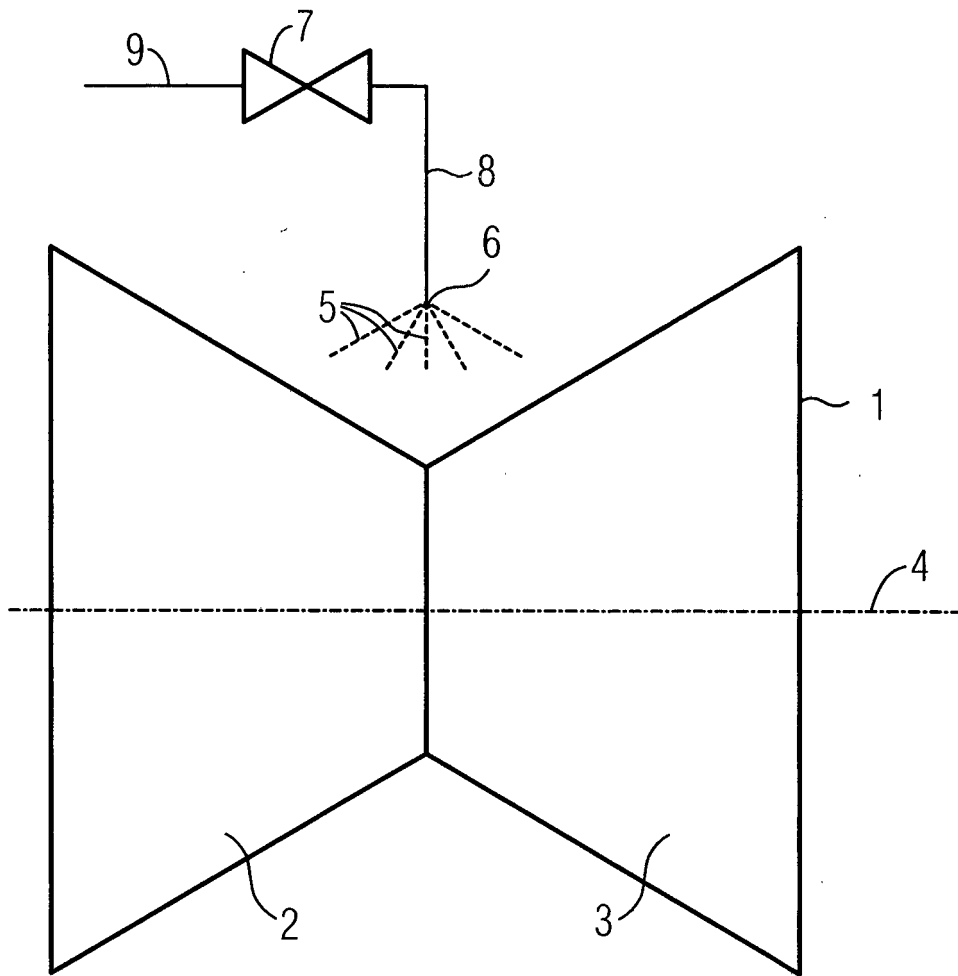
35

Revendications

1. Procédé d'échauffement d'un arbre (1) de turbine, dans lequel on échauffe l'arbre (1) de turbine par projection d'eau au moyen d'eau liquide, dans lequel l'eau (5) est avant la projection à l'état physique liquide, **caractérisé en ce que** on prélève de l'eau (5) chaude d'une pompe d'alimentation. 40
2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel on fait tourner l'arbre (1) de turbine, pendant la projection d'eau, autour de son axe de révolution. 50
3. Procédé suivant la revendication 2, dans lequel l'eau (5) a des températures comprises entre 100°C et 350°C. 55
4. Procédé suivant les revendications 1, 2 ou 3, dans lequel on échauffe l'arbre (1) de turbine par la

projection d'eau avant la mise en marche.

5. Procédé suivant les revendications 1, 2 ou 3, dans lequel on échauffe l'arbre (1) de turbine par la projection d'eau, jusqu'à atteindre une vitesse de rotation maximum d'échauffement.
6. Procédé suivant la revendication 5, dans lequel la vitesse de rotation maximum d'échauffement prend des valeurs comprises entre 8 Hz et 25 Hz.
7. Turbine à vapeur comprenant un arbre (1) de turbine ayant une surface d'arbre de turbine et un dispositif de projection d'eau (5) liquide sur la surface de l'arbre de turbine, l'eau étant à l'état physique liquide avant la projection et une pompe d'alimentation étant prévue pour le prélèvement de l'eau (5).
8. Turbine à vapeur suivant la revendication 7, comprenant un carter, dans laquelle des buses (6) de projection de l'eau (5) sont montées à l'intérieur du carter.



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

- US 5498131 A [0005]
- WO 0166273 A1 [0006]

In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur

- BADAMI et al. *Fuzzy logic supervisory* [0007]