

(19)



(11)

EP 2 620 604 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
31.07.2013 Patentblatt 2013/31

(51) Int Cl.:
F01K 13/02 (2006.01) F01D 25/12 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12152446.6**

(22) Anmeldetag: **25.01.2012**

(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

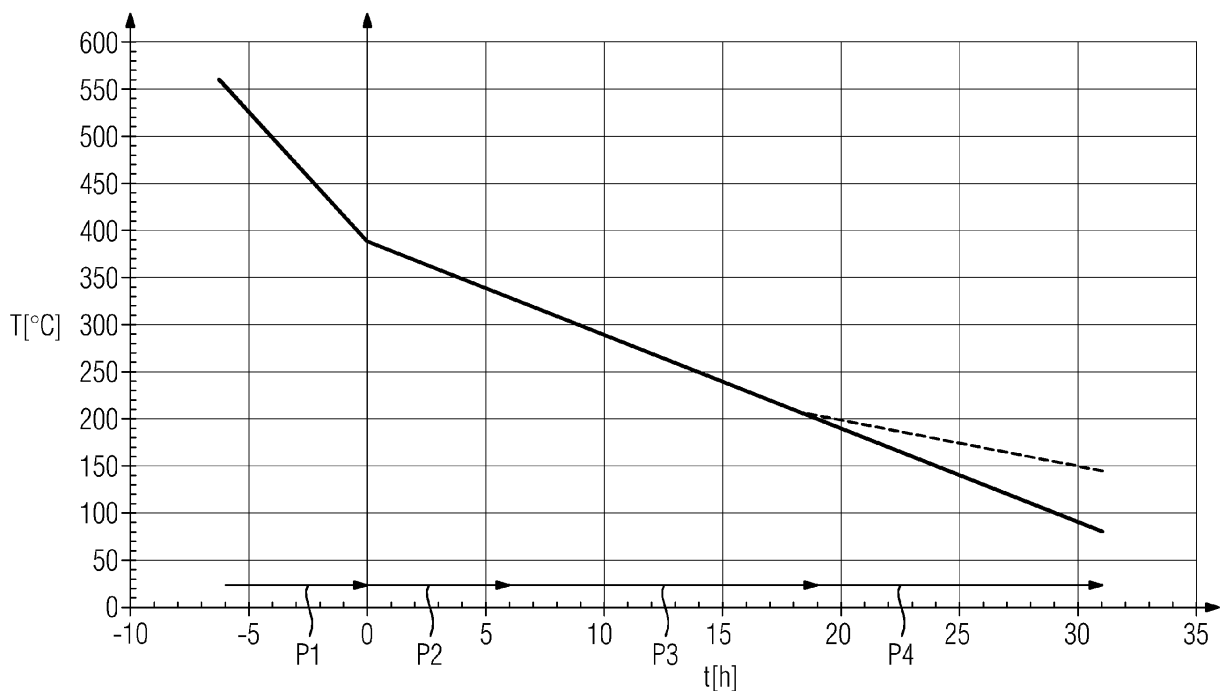
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder: **Riemann, Stefan
41564 Kaarst (DE)**

(54) **Verfahren zur Steuerung eines Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten (8,10,12) einer Dampfturbinenwelle, wobei während einer Nebel-Kühlungsphase (P4) ein mit einem Wassernebel versetzter Luftstrom zur Kühlung der Turbinenkomponenten (8,10,12) genutzt wird. Insbesondere geht der Nebel-Kühlungsphase (P4) eine Luft-Kühlungsphase (P3) voraus, während derer ein Luftstrom

zur Kühlung der Turbinenkomponenten genutzt wird. Dabei wird ein gleichbleibender zeitlicher Temperaturgradient für den Abkühlungsprozess vorgegeben, wobei die Luftstromdichte über die Ventilstellung eines steuerbaren Regelventils (26) eingestellt wird und von der Luft-Kühlungsphase (P3) in die Nebel-Kühlungsphase (P4) gewechselt wird, wenn die maximale Luftstromdichte erreicht ist und insbesondere, wenn das Regelventil (26) voll geöffnet ist.

FIG 1**EP 2 620 604 A1**

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Steuerung eines Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten, insbesondere einer Dampfturbinenwelle.

[0002] Wartungsarbeiten sind bei Turbinen und insbesondere bei Dampfturbinen mit einem hohen Zeitaufwand verbunden, da die Turbinenkomponenten der Turbine bzw. der Dampfturbine zunächst herunter gekühlt werden müssen, bevor die Turbine angehalten werden kann und bevor die Wartungsarbeiten durchgeführt werden können.

[0003] Eine entsprechende Abkühlung der Turbinenkomponenten wird hierbei üblicherweise mit Hilfe eines Luftstromes beschleunigt, um die benötigte Zeit für die Wartungsarbeiten auf ein möglichst geringes Maß zu reduzieren. Zur Generierung des Luftstromes wird dabei Umgebungsluft genutzt, deren Temperatur die Kühlwirkung des Luftstromes bei einer derartigen Zwangskühlung beschränkt.

[0004] Ausgehend hiervon liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein verbessertes Verfahren zur Zwangskühlung von Turbinenkomponenten anzugeben.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

[0006] Das Verfahren dient zur Steuerung eines Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten, insbesondere einer Dampfturbinenwelle, wobei während einer Nebel-Kühlungsphase ein mit einem Wassernebel versetzter Luftstrom zur Kühlung der Turbinenkomponenten genutzt wird. Im Gegensatz zu Wasserdampf, der im Betrieb der Dampfturbine als Arbeitsmedium eingesetzt wird, handelt es sich bei dem Wassernebel um ein Aerosol, also ein Gemisch aus Luft und Wassertröpfchen, welches durch einen Phasenübergang des enthaltenen Wassers von der flüssigen in die gasförmige Phase Wärmeenergie in besonders hohem Maße aufnehmen und abtransportieren kann. Bei dem mit dem Wassernebel versetzten Luftstrom handelt es sich daher nicht um das Arbeitsmedium. Es wird als weiteres Medium zu Kühlzwecken durch die Turbine geführt. Auf diese Weise wird eine einfache Kühlung durch eine erzwungene Konvektion, also beispielsweise eine Luftkühlung, ergänzt durch eine zusätzliche Siede- oder Verdampfungskühlung, wodurch die Effektivität der Kühlung mit relativ einfachen Mitteln signifikant erhöht wird. Eine derartige Ergänzung ist insbesondere dann von Vorteil, wenn ein Kühlsystem für eine einfache Luftkühlung bereits gegeben ist, da in diesem Fall ohne großen technischen Aufwand eine Nachrüstung erfolgen kann, wobei lediglich eine Vorrichtung zu installieren ist, mit deren Hilfe ein Wassernebel generiert und in den Luftstrom der Luftkühlung eingebracht wird. Durch die Kombination einer einfachen Luftkühlung mit einer Siedekühlung lässt sich der Abkühlungsprozess über einen im Vergleich zu einer einfachen Luftkühlung vergrößerten Temperaturbereich derart steuern, dass ein gewünschter zeitabhängiger Temperaturgradient vorgeben wird.

[0007] Gemäß einer bevorzugten Verfahrensvariante ist der Abkühlungsprozess mehrstufig gestaltet, wobei vorzugsweise der Nebel-Kühlungsphase eine Luft-Kühlungsphase vorausgeht, während derer lediglich ein Luftstrom ohne Wassernebel zur Kühlung der Turbinenkomponenten genutzt wird. Dementsprechend wird je nach Bedarf die Kühlung der Turbinenkomponenten entweder mit Hilfe des Luftstromes oder aber mit Hilfe des mit dem Wassernebel versetzten Luftstromes erzwungen. Somit lassen sich durch verschiedene Betriebsmodi eines Kühlsystems sehr unterschiedliche Wärmemengen pro Zeiteinheit aus der Turbine auskoppeln und abtransportieren.

[0008] Weiter bevorzugt ist eine Verfahrensvariante, bei der während der Luft-Kühlungsphase und während der Nebel-Kühlungsphase ein einheitlicher und gleichbleibender zeitlicher Temperaturgradient für den Abkühlungsprozess vorgegeben wird. Dabei wird insbesondere ein zeitlicher Temperaturgradient von etwa 5 - 15 K/h, insbesondere von etwa 10 K/h, bevorzugt. Für einen möglichst wirtschaftlichen Betrieb einer Turbine ist es zweckmäßig, den Zeitbedarf für notwendige Wartungsarbeiten möglichst gering zu halten. Dementsprechend ist es wünschenswert, die Turbinenkomponenten für eine entsprechende Wartung möglichst zügig herunterzukühlen. Eine zu intensive Zwangskühlung jedoch birgt das Risiko, dass sich beispielsweise in den Turbinenkomponenten Spannungen aufbauen, die zur Beschädigung der Turbinenkomponenten führen können. Daher wird bei der Auslegung der Turbinenkomponenten im Rahmen der Planung der Turbine ein maximaler zeitlicher Temperaturgradient festgelegt. Infolgedessen wird der Abkühlungsprozess gemäß dem hier vorgestellten Verfahren bevorzugt derart gesteuert, dass der vorgegebene maximale Temperaturgradient möglichst genau erreicht und über den gesamten Abkühlungsprozess gehalten wird. Der zuvor angeführte Wert für den Temperaturgradienten von etwa 10 K/h repräsentiert hierbei einen typischen Wert für Dampfturbinen. Ein solcher maximaler zeitlicher Temperaturgradient ist dabei in der Regel für einen begrenzten Temperaturbereich vorgegeben, weswegen bei einem Abkühlungsprozess über einen sehr großen Temperaturbereich durchaus mehrere verschiedene Werte vorgegeben sein können. In diesem Fall wird der Abkühlungsprozess derart gesteuert, dass in jedem entsprechenden Temperaturbereich der dafür vorgegebene Temperaturgradient erreicht und über den gesamten Temperaturbereich gehalten wird.

[0009] Entsprechend einer sehr zweckmäßigen Variante des Verfahrens wird zur Vorgabe des Temperaturgradienten während der Luft-Kühlungsphase allein die Stromdichte des Luftstroms und während der Nebel-Kühlungsphase allein die Menge an dem dem Luftstrom zugesetzten Wassernebel reguliert. Hierdurch lässt sich ein geeignetes Kühlungssystem für die Turbine und insbesondere ein Steuerungssystem für das Kühlungssystem technisch besonders einfach realisieren. Zudem ist eine entsprechende Steuerung relativ unanfällig für Feh-

ler, da stets lediglich eine Variable im Rahmen der Steuerung verändert wird.

[0010] Des Weiteren ist es zweckmäßig, die Stromdichte des Luftstroms über die Ventilstellung eines steuerbaren Einlassventils einzustellen. Bei Dampfturbinen beispielsweise wird häufig über eine entsprechende Evakuierungseinrichtung ein Unterdruck in der Dampfturbine erzeugt, wobei ein Druckgefälle zwischen dem Turbineneinlass und dem Turbinenauslass vorgegeben wird. Somit lässt sich durch ein am Turbineneinlass positioniertes Einlassventil bei konstantem Betrieb der Evakuierungseinrichtung mit Hilfe der Umgebungsluft ein Luftstrom generieren, mit dem die Turbinenkomponenten der Dampfturbine gekühlt werden können. Über die Ventilstellung lässt sich dann die Stromdichte des Luftstromes, also die Menge an Luft pro Zeiteinheit regulieren.

[0011] Zudem ist es von Vorteil, von der Luft-Kühlungsphase in die Nebel-Kühlungsphase zu wechseln, wenn die maximale Luftstromdichte erreicht ist und insbesondere, wenn das Einlassventil voll geöffnet ist. Im Falle des zuvor beschriebenen Kühlungs-systems für die Dampfturbine, bei der die Evakuierungseinrichtung und das Einlassventil im Einlassbereich der Dampfturbine genutzt werden, um einen Luftstrom zur Kühlung der Turbinenkomponenten zu generieren, hängt die Effektivität der Kühlung von der Temperaturdifferenz zwischen der Temperatur der Turbinenkomponenten und der Temperatur der für den Luftstrom genutzten Umgebungsluft ab. Diese Temperaturdifferenz ist zu Beginn des Abkühlungsprozesses völlig ausreichend, um den vorgegebenen maximalen Temperaturgradienten zu erreichen und über einen gewissen Temperaturbereich zu halten. Mit sinkender Temperatur der Turbinenkomponenten sinkt jedoch die Effektivität der einfachen Luftkühlung und das Einlassventil muss, um den Temperaturgradienten zu halten, immer weiter geöffnet werden, wodurch die Stromdichte des Luftstromes ansteigt. Ist der Abkühlungsprozess weiter fortgeschritten, dann ist irgendwann der Zeitpunkt erreicht, an dem das Ventil voll geöffnet und die maximale Stromdichte des Luftstromes erreicht ist. Um den gewünschten und vorgegebenen Temperaturgradienten weiterhin halten zu können, wird ab diesem Zeitpunkt Wassernebel dem Luftstrom beigemischt, wobei nachfolgend die Menge an Wassernebel zur Steuerung des Abkühlungsprozesses und insbesondere zur Vorgabe des Temperaturgradienten reguliert wird.

[0012] Weiter bevorzugt ist eine Verfahrensvariante, bei der der Luftstrom oder der mit dem Wassernebel versetzte Luftstrom bei Bedarf in ein Leitungssystem für Dampf eingeleitet wird. Damit ist insbesondere dann ein Vorteil verbunden, wenn Dampf als Arbeitsmedium für die Turbine eingesetzt wird und ein entsprechendes Leitungssystem für den Dampf ohnehin gegeben ist, welches eine Durchleitung des Arbeitsmediums durch die Turbine gestattet. In diesem Fall lässt sich eben dieses Leitungssystem je nach Betriebsmodus entweder zur Leitung des Arbeitsmediums oder aber zur Leitung des Kühlmediums, also der Luft oder der mit dem Wasser-

nebel versetzten Luft, nutzen.

[0013] Darüber hinaus ist es von Vorteil, wenn der Luftstrom oder der mit dem Wassernebel versetzte Luftstrom an mehreren Positionen, insbesondere vor jeder Druckstufe der Dampfturbine, in das Leitungssystem eingeleitet wird. Auf diese Weise lässt sich eine besonders gleichmäßige Zwangskühlung aller Turbinenkomponenten unabhängig von ihrer Position innerhalb der Turbine erreichen.

[0014] Weiter ist eine Verfahrensvariante zweckmäßig, bei der der Nebel-Kühlungsphase eine Wärmeausgleichsphase im Abkühlungsprozess vorausgeht, in der eine Temperaturangleichung der Turbinenkomponenten untereinander vor allem durch Wärmeleitung erfolgt. Hierdurch werden lokale Temperaturunterschiede innerhalb der Turbine reduziert, wodurch das Risiko einer Beschädigung der Turbine weiter reduziert wird.

[0015] Insbesondere im Falle der Dampfturbine wird zudem eine Variante des Verfahrens bevorzugt, bei der zu Beginn des Abkühlungsprozesses eine Dampf-Kühlungsphase vorgesehen ist, während derer das Arbeitsmedium, also beispielsweise der Wasserdampf, zur Kühlung der Turbinenkomponenten genutzt wird. Hierbei wird die Temperatur des Arbeitsmediums allmählich zurückgefahren, wobei typischerweise während dieser Abkühlungsphase die Turbine weiterhin in Betrieb ist, also insbesondere elektrische Energie generiert.

[0016] In vorteilhafter Weiterbildung wird während der Dampf-Kühlungsphase ein gleichbleibender zeitlicher Temperaturgradient für den Abkühlungsprozess vorgegeben, der vom Temperaturgradienten während der Luft-Kühlungsphase und während der Nebel-Kühlungsphase abweicht, insbesondere größer ist.

[0017] Zudem ist es von Vorteil, wenn als Wassernebel feinstvernebeltes demineralisiertes Wasser verwendet wird. Hierdurch wird vermieden, dass sich Mineralien bei der Verdunstung der Wassertröpfchen aus dem Wassernebel an den Turbinenkomponenten absetzen.

[0018] Zweckmäßig ist schließlich eine Verfahrensvariante, bei der demineralisiertes Wasser sowohl zur Erzeugung des Wassernebels als auch als Arbeitsmedium eingesetzt wird. Da demineralisiertes Wasser mit einem gewissen technischen Aufwand hergestellt werden muss, ist der Einsatz von demineralisiertem Wasser vor allem dann von Vorteil, wenn ohnehin entsprechendes demineralisiertes Wasser als Arbeitsmedium für die Turbine vorgesehen ist und dementsprechend ohnehin zur Verfügung steht.

[0019] Ausführungsbeispiele der Erfindung werden nachfolgend anhand einer schematischen Zeichnung näher erläutert.

[0020] Darin zeigen:

FIG 1 in einem Diagramm einen zeitlichen Verlauf einer lokalen Temperatur in einer Dampfturbine und

FIG 2 in einer Blockschaltdarstellung eine Dampfturbine mit einer steuerbaren Kühleinrichtung.

[0021] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0022] Das nachfolgend beschriebene Verfahren dient zur Steuerung eines erzwungenen Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten einer Dampfturbine 2, wobei die Steuerung derart erfolgt, dass wie in FIG 1 dargestellt über einen ausgedehnten Temperaturbereich ein zeitlich konstanter Temperaturgradient für den Abkühlungsprozess vorgegeben wird. Die Vorgabe des Temperaturgradienten erfolgt hierbei mit Hilfe einer Kühl-Steuerungseinheit 4, welche Sensordaten von in der Dampfturbine 2 angeordneten Temperatursensoren 6 auswertet und basierend hierauf ein Kühlungssystem ansteuert.

[0023] Der Abkühlungsprozess ist im Ausführungsbeispiel in vier aufeinander folgende Phasen P1...P4 unterteilt. In der ersten Phase P1 des Abkühlungsprozesses wird die Temperatur des Arbeitsmediums, hier Wasserdampf, herunter geregelt, wodurch die Turbinenkomponenten der Dampfturbine 2 mit einem Temperaturgradienten von etwa 30 K/h herunter gekühlt werden. Während der Dampf-Kühlungsphase P1 generiert die Dampfturbine 2 weiterhin elektrische Energie, wenngleich die generierte elektrische Energie pro Zeiteinheit stetig sinkt.

[0024] Bei einer Temperatur der Turbinenkomponenten von etwa 390°C erfolgt der Übergang von der Dampf-Kühlungsphase in eine Wärmeausgleichsphase P2. In dieser Phase des Abkühlungsprozesses wird die Kühlung der Turbinenkomponenten mittels Konvektion unterbrochen, damit eine Temperaturangleichung der Turbinenkomponenten untereinander durch Wärmeleitung erfolgen kann. Hierdurch sollen größere Temperaturdifferenzen innerhalb der Dampfturbine 2 abgebaut werden.

[0025] Nach etwa 6 Stunden wird die Wärmeausgleichsphase P2 beendet und eine Luft-Kühlungsphase P3 wird gestartet. Während dieser

[0026] Luft-Kühlungsphase P3 wird ein Luftstrom generiert, welcher über die Turbinenkomponenten geleitet wird. Es wird also erneut eine Abkühlung der Turbinenkomponenten durch Kühlung mittels Konvektion erzwungen, wobei das Kühlmedium nunmehr kein Wasserdampf ist, sondern ein Luftstrom, zu dessen Generierung Umgebungsluft herangezogen wird. Dabei wird die Stromdichte des Luftstromes stetig gesteigert, um so einen Temperaturgradienten von etwa 10 K/h für den Abkühlungsprozess der Turbinenkomponenten vorzugeben. Mit der Steigerung der Stromdichte des Luftstromes wird hierbei die geringer werdende Differenz zwischen der Temperatur der Turbinenkomponenten und der Temperatur der zur Kühlung herangezogenen Umgebungsluft ausgeglichen, so dass in der Summe eine gleichmäßige Abkühlung erzwungen wird.

[0027] Ist die mit der Kühlvorrichtung erreichbare maximale Luftstromdichte erreicht, so genügt eine einfache Kühlung mittels Luftstrom nicht mehr aus, um den gewünschten Temperaturgradienten für den Abkühlungsprozess weiter aufrecht zu erhalten. Dies ist je nach Tem-

peratur der Umgebungsluft typischerweise bei einer Temperatur der Turbinenkomponenten von etwa 200°C der Fall. Ab diesem Zeitpunkt startet die vierte und letzte Phase des Abkühlungsprozesses, welche nachfolgend als Nebel-Kühlungsphase P4 bezeichnet wird. Während dieser Nebel-Kühlungsphase P4 wird dem Luftstrom, für den weiterhin die maximal mögliche Stromdichte aufrechterhalten wird, zusätzlich feinstvernebeltes demineralisiertes Wasser zugesetzt. Hierdurch wird die Kühlung durch Konvektion ergänzt durch eine Verdampfungskühlung, was die Aufrechterhaltung des gewünschten Temperaturgradienten für den Abkühlungsprozess erlaubt. Zur Regulierung des Temperaturgradienten wird dabei die Menge an demineralisiertem Wasser, welches als feinstvernebeltes Wasser dem Luftstrom zugesetzt wird, reguliert.

[0028] Bei einer Temperatur der Turbinenkomponenten zwischen 100°C und 150°C endet schließlich der gesteuerte Abkühlungsprozess und es folgt typischerweise die Öffnung der Dampfturbine 2 und insbesondere die Öffnung eines in der Regel vorgesehenen Gehäuses. Nachfolgend können die anstehenden Wartungsarbeiten, derentwegen eine Stilllegung und eine Abkühlung der Dampfturbine 2 typischerweise erfolgt, vorgenommen werden. Neben der in FIG 1 dargestellten durchgezogenen Kurve, die den Temperaturverlauf der Turbinenkomponenten bei einer Zwangskühlung gemäß dem hier vorgestellten Verfahren wiedergibt, ist zusätzlich ein davon abweichender Temperaturverlauf gestrichelt eingezeichnet. Dieser abweichende Temperaturverlauf der Turbinenkomponenten ist charakteristisch für einen Abkühlungsprozess, bei dem die Kühlung ausschließlich mit Hilfe eines Luftstromes erzwungen wird ohne zusätzlich einen Wassernebel in den Luftstrom einzubringen. Bei diesem Temperaturverlauf ist der Temperaturbereich von 100°C bis 150°C, in dem typischerweise mit den Wartungsarbeiten begonnen wird, sehr viel später erreicht. Dementsprechend werden die Betriebsausfallzeiten der Dampfturbine 2 bei Wartungsarbeiten durch Anwendung des hier vorgestellten Verfahrens wesentlich verkürzt, was eine wirtschaftlichere Nutzung der Dampfturbine 2 erlaubt.

[0029] Eine mögliche Ausgestaltung einer Anlage, in welcher die Dampfturbine 2 und eine Kühlvorrichtung zur Umsetzung des hier vorgestellten Verfahrens eingesetzt werden, ist in FIG 2 schematisch abgebildet. Exemplarisch umfasst dabei die Anlage die Dampfturbine 2 mit einer Hochdruckstufe 8, mit einer Mitteldruckstufe 10 sowie mit einer Niederdruckstufe 12, eine zwischen der Hochdruckstufe 8 und der Mitteldruckstufe 10 zwischen-geschaltete Überhitzereinheit 14, einen Dampferzeuger 16, einen Kondensator 18 und ein Leitungssystem 20 für das Arbeitsmedium, hier demineralisiertes Wasser und entsprechender Wasserdampf.

[0030] Teil der Anlage ist weiter ein Reservoir 22, mit dessen Hilfe ein Verlust an demineralisiertem Wasser, sofern notwendig, ausgeglichen werden kann.

[0031] Um bei Bedarf eine Abkühlung insbesondere

der Druckstufen 8 und 10 gemäß dem hier vorgestellten Verfahren erzwingen zu können und um bei einem entsprechend erzwungenen Abkühlungsprozess die Abkühlung steuern zu können, weist die Anlage die Kühl-Steuerungseinheit 4 auf, welche bevorzugt Teil einer zentralen Steuerungseinheit der Anlage ist.

[0032] Wird nun ein Abkühlungsprozess beispielsweise durch einen Bediener initiiert, so steuert die Kühl-Steuerungseinheit 4 zunächst den Dampferzeuger 16 und die Überhitzereinheit 14 an, so dass die Temperatur des verdampften demineralisierten Wassers, welches durch die Druckstufen 8,10,12 geleitet wird, allmählich absinkt. Auf diese Weise wird die Dampf-Kühlungsphase P1 umgesetzt.

[0033] Beim Übergang zur Wärmeausgleichsphase P2 werden zwei Sperrventile 24 und zwei Regelventile 26, von jedem eines in einer Zuleitung des Leitungssystems 20 zur Hochdruckstufe 8 und von jedem eines in einer Zuleitung des Leitungssystems 20 zur Mitteldruckstufe 10, geschlossen, wodurch in der Folge eine Kühlung durch Konvektion unterbunden wird. Stattdessen findet ein Temperatenausgleich durch Wärmeleitung innerhalb der Druckstufen 8,10,12 statt. Währenddessen werden die beiden Zuleitungen jeweils über einen Flansch F zur Umgebung hin geöffnet.

[0034] Zu Beginn der sich daran anschließenden Luft-Kühlungsphase P3 werden die Regelventile 26 nach und nach geöffnet, so dass Umgebungsluft jeweils über eine Öffnung 28 in die Zuleitungen des Leitungssystems 20 hin zu den Druckstufen 8,10,12 einströmen kann. Gleichzeitig ist im Kondensator 18 mittels einer entsprechenden, jedoch nicht explizit dargestellten, Evakuierungsvorrichtung ein Unterdruck vorgegeben, so dass hierdurch Umgebungsluft an den Öffnungen 28 einströmt und durch die Druckstufen 8,10,12 hindurch strömt. Dabei wird über die Ventilstellung der Regelventile 26 die Stromdichte des Luftstroms durch die jeweilige Druckstufe 8,10,12 eingestellt.

[0035] Zum Start der Nebel-Kühlungsphase P4 wird zusätzlich demineralisiertes Wasser aus dem Reservoir 22 mit Hilfe von Sprühhvorrichtungen 30 in den zur Kühlung genutzten Luftstrom eingemischt, so dass in der Folge ein mit feinstvernebeltem demineralisiertem Wasser versetzter Luftstrom durch die Druckstufen 8,10,12 zur Kühlung selbiger geleitet wird. In der Folge wird die Stromdichte des Luftstromes konstant gehalten und lediglich die Menge an demineralisiertem Wasser welches dem Luftstrom zugesetzt wird, variiert bis die Druckstufen 8,10,12 auf die gewünschte Temperatur heruntergekühlt sind.

[0036] Die Erfindung ist nicht auf das vorstehend beschriebene Ausführungsbeispiel beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit dem Ausführungsbeispiel beschriebenen Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Er-

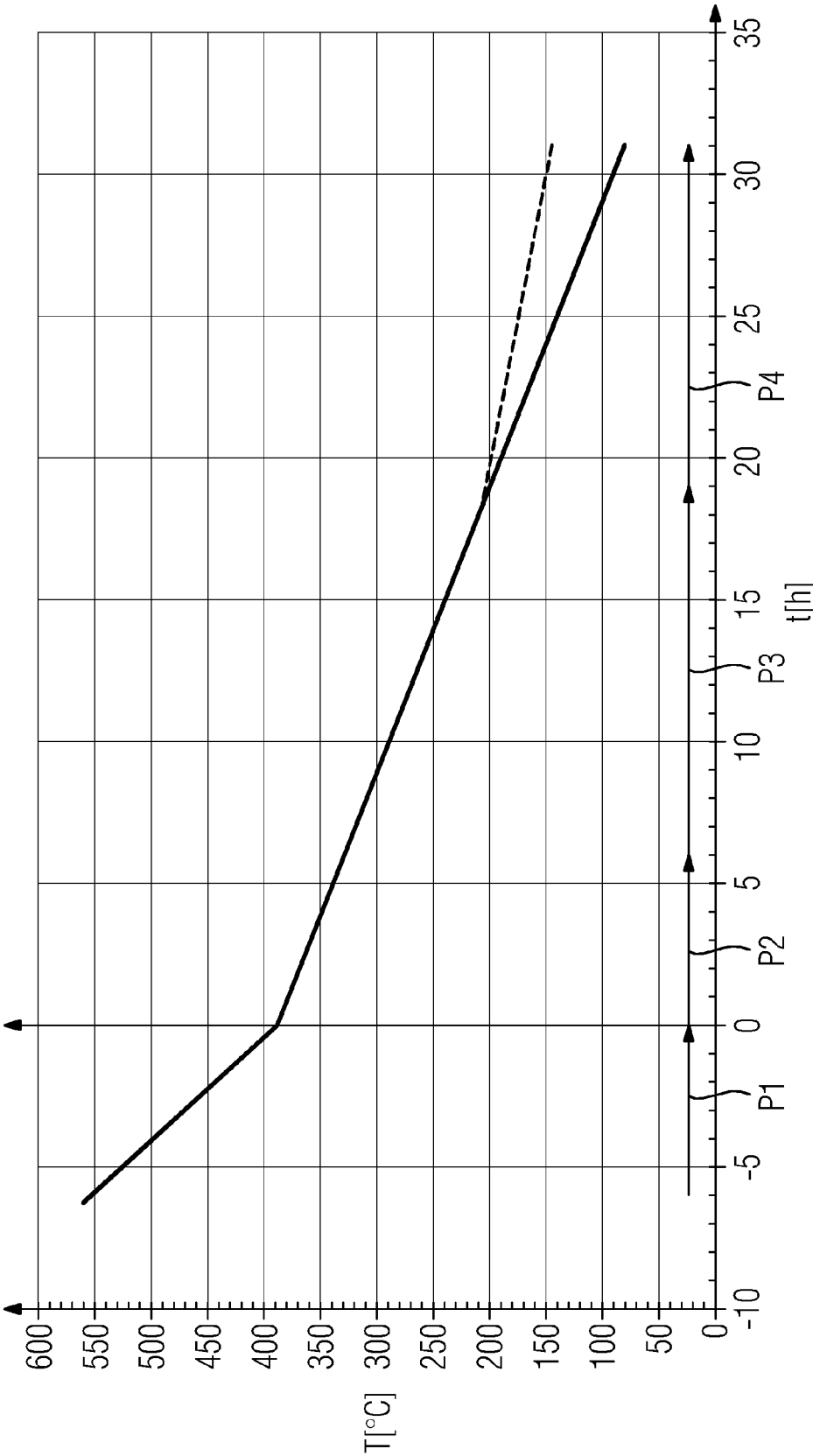
findung zu verlassen.

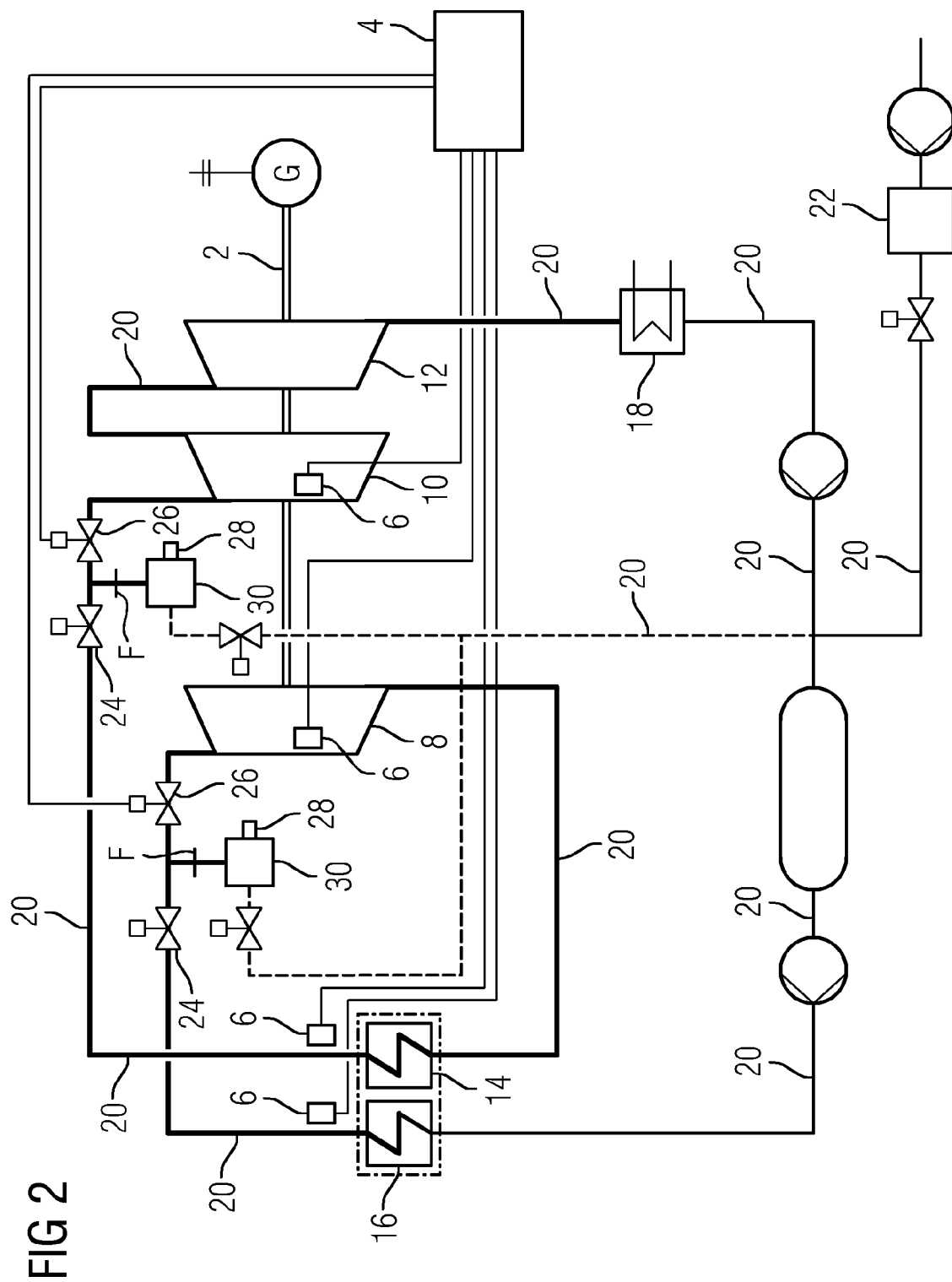
Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Abkühlungsprozesses von Turbinenkomponenten (8,10,12), insbesondere einer Dampfturbinenwelle, wobei während einer Nebel-Kühlungsphase (P4) ein mit einem Wassernebel versetzter Luftstrom zur Kühlung der Turbinenkomponenten (8,10,12) genutzt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Nebel-Kühlungsphase (P4) eine Luft-Kühlungsphase (P3) vorausgeht, während derer ein Luftstrom zur Kühlung der Turbinenkomponenten (8,10,12) genutzt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei während der Luft-Kühlungsphase (P3) und während der Nebel-Kühlungsphase (P4) ein gleichbleibender zeitlicher Temperaturgradient für den Abkühlungsprozess vorgegeben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei ein zeitlicher Temperaturgradient von etwa 10 K/h vorgegeben wird.
5. Verfahren nach Anspruch 3 oder 4, wobei zur Vorgabe des Temperaturgradienten während der Luft-Kühlungsphase (P3) die Luftstromdichte und während der Nebel-Kühlungsphase (P4) die Menge an dem dem Luftstrom zugesetzten Wassernebel reguliert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, wobei die Luftstromdichte über die Ventilstellung eines steuerbaren Regelventils (26) eingestellt wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, wobei von der Luft-Kühlungsphase (P3) in die Nebel-Kühlungsphase (P4) gewechselt wird, wenn die maximale Luftstromdichte erreicht ist und insbesondere, wenn das Regelventil (26) voll geöffnet ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Luftstrom oder der mit dem Wassernebel versetzte Luftstrom bei Bedarf in ein Leitungssystem (20) für Dampf eingeleitet wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, wobei der Luftstrom oder der mit dem Wassernebel versetzte Luftstrom an mehreren Positionen, insbesondere vor jeder Druckstufe (8,10,12) einer Dampfturbine 2, in das Leitungssystem (20) eingeleitet wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
wobei der Nebel-Kühlungsphase (P4) eine Wärme-
ausgleichsphase (P2) im Abkühlungsprozess vor-
ausgeht, in der eine Temperaturangleichung der
Turbinenkomponenten (8,10,12) untereinander er- 5
folgt.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10,
wobei zu Beginn des Abkühlungsprozesses eine
Dampf-Kühlungsphase (P1) vorgesehen ist, wäh- 10
rend derer Wasserdampf zur Kühlung der Turbinen-
komponenten (8,10,12) genutzt wird.
12. Verfahren nach Anspruch 11,
wobei während der Dampf-Kühlungsphase (P1) ein 15
gleichbleibender zeitlicher Temperaturgradient für
den Abkühlungsprozess vorgegeben wird, der vom
Temperaturgradienten während der Luft-Kühlungs-
phase (P3) und während der Nebel-Kühlungsphase
(P4) abweicht, insbesondere größer ist. 20
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
wobei als Wassernebel vernebeltes demineralisier-
tes Wasser genutzt wird. 25
14. Verfahren nach Anspruch 13,
wobei demineralisiertes Wasser sowohl zur Erzeu-
gung des Wassernebels als auch als Arbeitsmedium
eingesetzt wird. 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55

FIG 1







EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 15 2446

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 23 07 887 A1 (BBC BROWN BOVERI & CIE) 8. August 1974 (1974-08-08) * das ganze Dokument *	1,8,9	INV. F01K13/02 F01D25/12
X	JP 6 159008 A (HITACHI LTD; HITACHI ENG CO LTD) 7. Juni 1994 (1994-06-07) * Zusammenfassung; Abbildungen 1-5 *	1,8,9	
A		3-6	
X	EP 2 365 197 A1 (ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 14. September 2011 (2011-09-14) * Absätze [0023], [0042] - [0044]; Abbildungen 2,3 *	1-5,8, 13,14 6,10,11	
X	EP 1 630 356 A1 (SIEMENS AG [DE]) 1. März 2006 (2006-03-01) * Absätze [0005], [0012], [0013], [0023], [0025]; Anspruch 1 *	1,2,8, 13,14	
X	WO 94/19584 A1 (SIEMENS AG [DE]; KELLER HERBERT [DE]) 1. September 1994 (1994-09-01) * Seite 2, Zeile 26 - Seite 4, Zeile 26; Anspruch 1 *	1,8,9	
A		11	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
Y	US 5 388 960 A (SUZUKI ATSUHIDE [JP] ET AL) 14. Februar 1995 (1995-02-14) * Anspruch 1; Abbildungen 1-11 *	6,10	F01K F01D F02C
A		1,2,5	
Y	EP 1 500 792 A2 (BJ SERVICES CO [US]) 26. Januar 2005 (2005-01-26) * Absätze [0012] - [0017], [0023] *	11	
A		1	
A	SU 580 336 A1 (TEPLOTEKH NII [SU]) 15. November 1977 (1977-11-15) * Abbildung 1 *	11	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 11. Juni 2012	Prüfer Koch, Rafael
KATEGORIE DER GENANNTE 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 Patentedokument, 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	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

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

EP 12 15 2446

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.

11-06-2012

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 2307887	A1	08-08-1974	CH 554486 A 30-09-1974
		DE 2307887 A1	08-08-1974
		FR 2215530 A1	23-08-1974
		ZA 7400536 A	27-11-1974
JP 6159008	A	07-06-1994	JP 2960826 B2 12-10-1999
		JP 6159008 A	07-06-1994
EP 2365197	A1	14-09-2011	CH 702827 A1 15-09-2011
		EP 2365197 A1	14-09-2011
		JP 2011208634 A	20-10-2011
		US 2011214430 A1	08-09-2011
EP 1630356	A1	01-03-2006	AT 389785 T 15-04-2008
		EP 1630356 A1	01-03-2006
		EP 1784557 A1	16-05-2007
		ES 2304709 T3	16-10-2008
		PT 1784557 E	27-06-2008
		US 2007251210 A1	01-11-2007
		WO 2006021520 A1	02-03-2006
WO 9419584	A1	01-09-1994	KEINE
US 5388960	A	14-02-1995	AU 662840 B2 14-09-1995
		AU 4876493 A	21-04-1994
		JP 2954797 B2	27-09-1999
		JP 6117204 A	26-04-1994
		US 5388960 A	14-02-1995
EP 1500792	A2	26-01-2005	CA 2475146 A1 25-01-2005
		EP 1500792 A2	26-01-2005
		MX PA04007181 A	08-06-2005
		US 2005016175 A1	27-01-2005
		US 2005204740 A1	22-09-2005
SU 580336	A1	15-11-1977	KEINE

EPO FORM P0461

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