

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges  
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales  
Veröffentlichungsdatum  
23. Dezember 2015 (23.12.2015)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2015/193016 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01D 15/10 (2006.01) F02C 7/12 (2006.01)  
F01D 25/12 (2006.01) F02C 7/224 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/059464

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. April 2015 (30.04.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2014 211 590.6 17. Juni 2014 (17.06.2014) DE

(71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT  
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: JURETZEK, Uwe; Wenzelstraße 43, 91058  
Erlangen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,  
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,  
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,  
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP,  
KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME,  
MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,  
OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA,  
SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM,  
ZW.

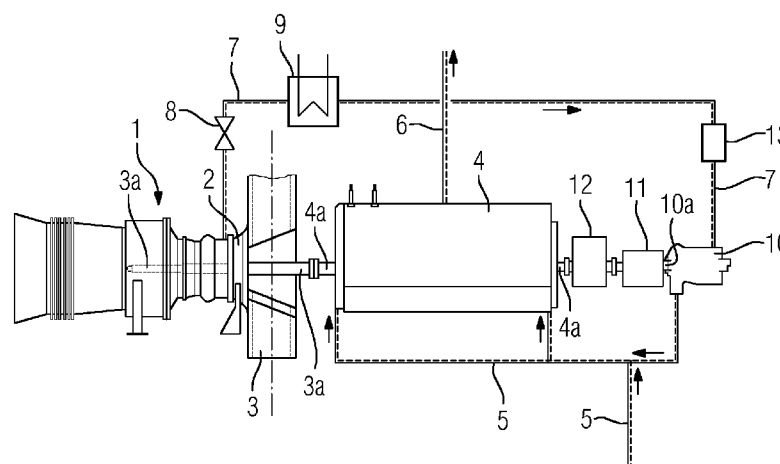
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für  
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,  
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST,  
SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG,  
KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH,  
CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE,  
IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO,  
RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,  
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz  
3)

(54) Title: GAS TURBINE GENERATOR COOLING

(54) Bezeichnung : GASTURBINENGENERATORKÜHLUNG



(57) Abstract: The invention relates to a gas turbine system with a compressor (1), a combustion chamber (2), a turbine (3), and a generator (4) which is driven by the turbine (3). A cooling air line (7) is connected to a housing (4b) of the generator (4), wherein cooling air can be supplied to the interior of the generator (4) via said cooling air line. The invention is characterized in that the cooling air line (7) is connected to the compressor (1) on the inlet side, and at least one heat exchanger (9) and an expander (10), in particular a turboexpander, are arranged in the cooling air line (7) one behind the other. In order to cool the generator (4), pre-compressed air is branched out of the compressor (1) via the cooling air line (7), cooled in the heat exchanger (9), and expanded in the expander (10) while being further cooled before being supplied to the interior of the generator (4).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2015/193016 A1



---

Die Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage mit einem Verdichter (1), einer Brennkammer (2), einer Turbine (3) und einem Generator (4), der von der Turbine (3) angetrieben wird, wobei an ein Gehäuse (4b) des Generators (4) eine Kühlluftleitung (7) angeschlossen ist, über welche dem Innenraum des Generators (4) Kühlluft zugeführt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlluftleitung (7) einlassseitig an den Verdichter (1) angeschlossen ist und in der Kühlluftleitung (7) hintereinander wenigstens ein Wärmetauscher (9) und ein Expander (10), insbesondere ein Turboexpander angeordnet sind, wobei zur Kühlung des Generators (4) vorverdichtete Luft über die Kühlluftleitung (7) aus dem Verdichter (1) abzweigt, in dem Wärmetauscher (9) abgekühlt und in dem Expander (10) unter weiterer Abkühlung entspannt wird, bevor sie dem Innenraum des Generators (4) zugeführt wird.

## Gasturbinengeneratorkühlung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Gasturbinenanlage mit  
5 einem Verdichter, einer Brennkammer, einer Turbine und einem  
Generator, der von der Turbine angetrieben wird, wobei an ein  
Gehäuse des Generators eine Kühlluftleitung angeschlossen  
ist, über welche dem Innenraum des Generators Kühlluft zuge-  
führt werden kann. Desweiteren betrifft die Erfindung ein  
10 Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage mit einem  
Verdichter, einer Brennkammer, einer Turbine und einem Gene-  
rator, der von der Turbine angetrieben wird, wobei dem Gene-  
rator Kühlluft zugeführt wird.

15 In einer Strömungsmaschine, beispielsweise in einer Gasturbi-  
ne, wird durch einströmendes heißes Aktionsfluid, z.B. ein  
Heißgas, in Folge von dessen Expansionsarbeit gewonnen.

Gasturbinenanlagen umfassen prinzipiell einen Lufteinlauf,  
20 einen Verdichterabschnitt, eine Brennkammer und einen Turbi-  
nenabschnitt. Der Verdichterabschnitt kann aus Axial- oder  
Radialverdichtern gebildet sein. Axialverdichter bestehen in  
der Regel aus mehreren Laufrädern mit Verdichterschaufeln in  
axialer Anordnung, wobei diese üblicherweise in Niederdruck-  
25 und Hochdruckverdichterstufen untergliedert sind. Durch den  
Verdichterabschnitt erhält die einströmende Luftmasse mittels  
zugeführter kinetischer Energie in den diffusorförmigen Zwi-  
schenräumen der Verdichterschaufeln Druckenergie. Nach dem  
Gesetz von Bernoulli erhöht sich in einem an Querschnittsflä-  
30 che zunehmenden Kanal der statische Druck, während die Strö-  
mungsgeschwindigkeit sinkt. Die verlorene kinetische Energie  
wird in einer Rotorstufe wieder zugeführt. Eine komplette  
Verdichterstufe eines Axialverdichters besteht damit aus ei-  
ner Rotorstufe, in der sowohl Druck und Temperatur, als auch  
35 die Geschwindigkeit steigen, und einer Statorstufe, in wel-  
cher der Druck zu Ungunsten der Geschwindigkeit steigt.

In der Brennkammer wird die komprimierte und aufgrund der Verdichtung erhitzte Luft mit einem Brennstoff gemischt, und das entstehende Brennstoff-Luft-Gemisch wird verbrannt. Durch die exotherme Reaktion steigt die Temperatur nochmals stark an, und das Gas dehnt sich aus. So entsteht ein Heißgas, das im nachfolgenden Turbinenabschnitt entspannt wird, wobei sich thermische Energie in mechanischer Energie umwandelt, welche zum Teil genutzt wird, um den Verdichterabschnitt anzutreiben, und im Übrigen zum Antrieb eines Generators oder dergleichen verwendet wird.

Im Hinblick auf die Erhöhung des Wirkungsgrades einer Gasturbinenanlage wird u.a. versucht, eine möglichst hohe Temperatur des Heißgases zu erreichen. Die dem Heißgas unmittelbar ausgesetzten Bauteile sind daher thermisch besonders stark belastet. Im Falle einer Gasturbine betrifft dies z.B. die Beschaukelung in der Turbine sowie die den Raum mit dem strömenden Heißgas begrenzenden Wandelemente der Turbine. Aus diesem Grund werden die dem Heißgas ausgesetzten Bauteile mit aufwendigen Wärmedämmschichtsystemen versehen, welche insbesondere die Turbinenschaufeln vor dem Heißgas schützen sollen. Desweiteren werden die dem Heißgas ausgesetzten Komponenten gekühlt. Zur Kühlung von Turbinenschaufeln hat sich beispielsweise die sog. Filmkühlung bewährt. Hierbei wird dem Verdichter der Gasturbinenanlage vorverdichtete Luft als Kühlmittel entnommen und dem Inneren der hohl ausgebildeten Turbinenschaufeln zugeführt, um diese innenseitig zu kühlen. Die Kühlluft tritt dann durch entsprechende Kühlfluidkanäle, welche die Wandung der Turbinenschaufeln durchsetzen, zur Außenoberfläche der Turbinenschaufeln, wo sie einen Kühlfilm ausbildet, welcher die Turbinenschaufeln vor einem direkten Kontakt mit dem Heißgas schützen soll.

Die Leistungsabgabe des Generators der Gasturbinenanlage ist ebenso abhängig von der zulässigen inneren Erwärmung der Generatorkomponenten. Sogenannte Isolationsklassen begrenzen den Absolutwert von Temperaturen. Üblich ist eine Ausnutzung nach Klasse B oder F, was einer zulässigen Komponententempe-

ratur von 130°C bzw. 155°C entspricht. Eine Überschreitung der zulässigen Komponententemperatur resultiert in einer beschleunigten Komponententalterung und damit einer verringerten Lebensdauer. Zur Kühlung des Generators kann z.B. eine offene Luftkühlung vorgesehen sein (sog. open air cooling, OAC), bei welcher Umgebungsluft angesaugt, durch die zu kühlenden Komponenten des Generator geführt und erwärmt wieder an die Umgebung abgegeben wird. Bei kälterer Umgebungsluft ergibt sich die Möglichkeit, über die Vergrößerung des Temperaturhubs zwischen der Kühlluft und der zulässigen Komponententemperatur die elektrische Leistungsabgabe des Generators zu erhöhen, ohne die zulässigen Komponententemperaturen zu überschreiten. In erwünschter Weise kann der Generator so einer Gasturbinenleistung folgen, welche ebenfalls mit tieferer Umgebungsluft zunimmt. Ferner ist beispielsweise aus der WO 2004/017494 A1 bekannt, Generatoren mit einem geschlossenen Kühlkreislauf auszustatten. Hierbei wird die in einem geschlossenen Kreislauf umgeführte Kühlluft in einem Generatorkühler mit einem Kühlwasserkreislauf gekühlt, wobei die Temperatur des Kühlwassers vor dem Eintritt in den Generatorkühler zusätzlich in einem Kälteaggregat abgesenkt wird. Dabei ist der sich einstellenden Kühlgastemperatur im Generator eine entsprechend maximal mögliche Scheinleistung des Generators zugeordnet.

25

Insbesondere durch die Weiterentwicklung der Gasturbinentechnik und darauf basierenden Leistungserhöhungen kann es passieren, dass der ursprünglich an die Gasturbine gekoppelte Generator eine zu geringe Scheinleistung (bei gegebener Kühlwerttemperatur) hat, um die steigende Wirkleistung (erhöhte Wellenleistung der Gasturbine) bei noch ausreichender Bereitstellung von Blindleistung abdecken zu können. Damit wird der Verkauf von Gasturbinen-  
Upgrades mit der Ertüchtigung oder ggf. sogar dem Austausch des Generators verknüpft, was die Wirtschaftlichkeit verschlechtert.

35

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Gasturbinenanlage der eingangs genannten Art mit einer verbesserten Generatorkühlung zur Verfügung zu stellen.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß bei einer Gasturbinenanlage der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Kühlluftleitung einlassseitig an den Verdichter angeschlossen ist und in der Kühlluftleitung hintereinander wenigstens ein Wärmetauscher und ein Expander, insbesondere ein Turboexpander  
10 angeordnet sind, wobei zur Kühlung des Generators vorverdichtete Luft über die Kühlluftleitung aus dem Verdichter abzweigt, in dem Wärmetauscher abgekühlt und in dem Expander unter weiterer Abkühlung entspannt wird, bevor sie dem Innenraum des Generators zugeführt wird.

15

Bei einem Verfahren der eingangs genannten Art wird die vorstehende Aufgabe entsprechend dadurch gelöst, dass zur Erzeugung der Kühlluft dem Verdichter vorkomprimierte Luft entnommen und die vorverdichtete Luft in einem Wärmetauscher abgekühlt und anschließend in einem Expander unter weiterer Abkühlung entspannt wird, bevor sie dem Generator zugeführt wird.

20

Erfindungsgemäß wird zur Verbesserung der Generatorkühlung ein kleiner Teil der bereits verdichteten Luft abgezweigt.  
25 Diese verdichtete, noch heiße Luft wird durch einen Wärmetauscher abgekühlt und in einem Expander, insbesondere einem Turboexpander, auf „Generatordruck“ entspannt und nutzt dabei die in der komprimierten Luft enthaltene Energie. Die Luft  
30 kühlt dadurch weiter ab. Im Ergebnis wird über die dem Generator zugeführte Luft eine Kühlleistung zur Verfügung gestellt, die es ermöglicht, die Generatorkomponenten in zufriedenstellender Weise zu kühlen, so dass deren Temperatur unterhalb einer gewünschten zulässigen Temperatur gehalten  
35 wird.

Der Erfindung liegt somit die Überlegung zugrunde, den Verdichter der Gasturbinenanlage mit dem erfindungsgemäß vorge-

sehenen Wärmetauscher bzw. den Wärmetauschern zur Wärmeabgabe, dem Expander und dem Generator zu einer Verdichterkältemaschine mit dem Arbeitsmittel Luft zu verknüpfen. Dabei wird die Luft in einem offenen Kreislauf geführt, d.h. sie wird nach dem Durchströmen des Generators an die Umgebung durch einen entsprechend groß dimensionierten Generatorabluftkanal abgeführt. Damit wird eine Druckerhöhung im Generatorgehäuse verhindert.

10 Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung liegt in einer erhöhten Scheinleistung eines vorgegebenen, luftgekühlten Generators durch eine Absenkung der Kühlgastemperatur. Diese liegt weit über den Möglichkeiten, die durch Nachbesserungen an normalen Wärmeabfuhrsystemen, welche ihre Wärme einfach an  
15 die Umgebung abgeben und damit begrenzt sind, erzielbar sind.

Die verbesserte Kühlung und die damit mögliche Erhöhung der Scheinleistung kann zeitweise, d.h. nur bei entsprechend hoher Leistungsanforderung an den Generator, oder auch permanent bereitgestellt werden.  
20

Das erfindungsgemäße Kältemaschinenkonzept eignet sich besonders für das Nachrüstungsgeschäft, aber auch für Neuanlagen ergeben sich Kostenvorteile, da ggf. der Sprung auf einen wesentlich teureren bspw. wasserstoffgekühlten Generator verhindert werden kann.  
25

Von Vorteil ist ferner, dass mit vergleichsweise geringem Aufwand ein vorhandener Generator ertüchtigt werden kann und damit bspw. einer Leistungssteigerung der Gasturbine nicht mehr als Begrenzung entgegensteht. Dabei bietet es sich an, nur eine vergleichsweise geringe Menge Luft genau denjenigen Bereichen am Generator zukommen zu lassen, die einer besseren Kühlung bedürfen. Hierbei kann es sich insbesondere um den Generatorrotor handeln. Es können aber auch größere Mengen Kühlluft durch die erfindungsgemäße Ausgestaltung bereitgestellt werden.  
30  
35

Durch die Kühlung kann insbesondere auch eine bereits vorhandene Direktkühlung mit Umgebungsluft, die ihre Stärken bei niedrigen Umgebungslufttemperaturen hat, ergänzt werden, so dass die erfindungsgemäß vorgesehene Kühlung nur bei Spitzen-

5 belastungen zugeschaltet werden braucht.

Dabei kann die Kühlluft mit der Umgebungsluft vor dem Eintritt in den Generator vermischt werden. Alternativ kann die Kühlluft über entsprechende Kühlluftführungen (Kanäle, Rohre)

10 nur den Bereichen eines Generators zugeführt werden, die einer besonderen Kühlung bedürfen.

Als Richtwert kann man unterstellen, dass jedes Grad Celsius Absenkung der Kühlgastemperatur ca. 2 MVA zusätzliche Schein-

15 leistung bei großen luftgekühlten Generatoren bringen. Wie groß am Ende der Gewinn an Scheinleistung ist, ist abhängig davon, wieviel zusätzliche gekühlte Luft bereitgestellt werden soll. Insgesamt sollten aber bis zu 30-40 MVA auch bei

20 sonst schlechten Rückkühlbedingungen aufgrund von hohen Umgebungs- bzw. Kühlwassertemperaturen mit vertretbaren Verlusten erreicht werden können.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung ist vorgesehen, dass der Kühlluftleitung ein Einlassventil zugeordnet ist,

25 über welches die Menge der aus dem Verdichter abgezweigten Luft insbesondere in Abhängigkeit von der dem Generator zur Verfügung zu stellenden Kühlleistung eingestellt wird.

Damit die Wärme, welche der aus dem Verdichter abgezweigten

30 Luft in dem Wärmetauscher entzogen wird, nicht wirkungsgradschädlich nur an die Umgebung abgegeben wird, ist gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung vorgesehen, dass die Kaltseite des Wärmetauschers an eine Brenngasversorgungs-

35 leitung angeschlossen ist, über welche die Brennkammer mit einem Brenngas versorgt wird, um das Brenngas in dem Wärmetauscher vorzuwärmen. Diese Ausgestaltung wird als besonders vorteilhaft angesehen, da bei steigenden Gasturbinenleistungen unmittelbar auch der Brenngasmassenstrom steigt und inso-

fern die Wärmeabfuhr dem steigenden Generator Kühlbedarf bei steigenden Leistungen unmittelbar folgt. Alternativ ist es auch möglich, die der Luft in dem Wärmetauscher entzogene Wärme dem Wasserdampfkreislauf einer Gas- und Dampfturbinenanlage zuzuführen. Beispielsweise kann das Wasserdampf-  
5 Kondensat vor dessen Eintritt in einen Kondensatvorwärmer erwärmt werden. Ebenso ist es möglich, das Mitteldruck Speisewasser in dem Wärmetauscher zu erhitzen.

10 Der Expander kann auf der gleichen Welle wie der Generator sitzen, um diesen anzutreiben. Dabei kann der Expander mit der Generatorwelle insbesondere über eine selbstsynchronisierende Schaltkupplung (SSS) verbunden sein, über welche eine Kopplung des Expanders mit dem Generator automatisch erfolgt,  
15 wenn die Wellendrehzahl der Expander-Welle die Drehzahl der Generatorwelle erreicht. Diese Ausgestaltung bietet auch den Vorteil, dass die Generatorkühlung je nach Bedarf problemlos ein- oder ausgeschaltet werden kann.

20 Ebenso ist es möglich, den Expander mit einem zusätzlichen Sekundär-Generator zu verbinden, um diesen anzutreiben. Durch Festlegung eines entsprechend niedrigen Verdichterentnahmedrucks und/oder einer entsprechend hohen Temperatur der Luft vor der Entspannung in dem Expander kann  
25 erreicht werden, dass die Temperatur der zugeführten Luft nach erfolgter Entspannung nicht unter den Taupunkt fällt. Soll die Lufttemperatur darüber hinaus gesenkt werden oder wurde sie insbesondere vor bzw. während der Komprimierung in dem Verdichter zusätzlich befeuchtet, muss die Luft vor der  
30 Entspannung entfeuchtet werden, sonst kommt es zur unerwünschten Bildung von Wasser bzw. unterhalb von 0°C zur Eisbildung. Für diesen Fall ist gemäß einer Ausführungsform der Erfindung am Wärmetauscher oder zwischen den dem Wärmetauscher und dem Expander ein Entfeuchter vorgesehen, welcher  
35 der Luft am Wärmetauscher zur Wärmesenkung bzw. vor dem Eintritt in den Expander die überschüssige Feuchtigkeit entzieht.

Grundsätzlich eignet sich die erfindungsgemäße Kühltechnik auch für Dampfturbinengeneratoren, welche Teil eines Gas- und -Dampf-Kraftwerks (GUD-Kraftwerk) sind. Durch die benötigte geringe Menge an Verdichterluft kann die Gasturbine auch den  
5 Dampfturbinen-Generator mit Kühlluft versorgen. In diesem Fall wird ein Teil der aus dem Expander austretenden Kühlluft im Generator der Dampfturbine zugeführt. Dieser Generator wäre dann auch mit einem entsprechenden Abluftkanal auszustatten, um eine Druckerhöhung innerhalb des Generatorgehäuses zu  
10 vermeiden.

Desweiteren ist eine Anbindung des Expanders an die Generatorwelle mittels SSS-Kupplung vergleichsweise klein und damit günstig.

15

Nachfolgend wird eine Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage anhand der Zeichnung erörtert. In der Zeichnung zeigt die einzige Figur das Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Gasturbinenanlage in schematischer Darstellung. Diese umfasst einen Verdichter 1, eine Brennkammer 2,  
20 eine Gasturbine 3 und einen Generator 4, die in üblicher Weise ausgebildet sind. Dabei sitzt der Verdichter 1 auf einer Turbinenwelle 3a der Gasturbine 3, so dass der Verdichter 1 von der Gasturbine 3 angetrieben wird. Desweiteren ist die  
25 Turbinenwelle 3a mit einer Generatorwelle 4a verbunden, um den Generator 4 anzutreiben.

Der Generator 4 ist mit einer Luftkühlung ausgestattet, die nach dem Prinzip einer offenen Luftkühlung arbeitet, bei welcher  
30 der Innenraum des Generators 4 Kühlluft, welche der Umgebung entnommen wird, über eine Zuluftleitung 5 zugeführt und nach Durchströmen des Generators 4 über einen Abluftkanal 6 wieder an die Umgebung abgegeben wird.

35 An die Zuluftleitung 5 ist eine Kühlluftleitung 7 angeschlossen, die einlassseitig über ein Einlassventil 8 mit dem Verdichter 1 der Gasturbinenanlage verbunden ist. In der Kühlluftleitung 7 sind hintereinander ein Wärmetauscher 9 und ein

Turboexpander 10 angeordnet. Der Wärmetauscher 9 ist hier exemplarisch dargestellt, es können auch mehrere hintereinander geschaltete Wärmetauscher vorgesehen sein. Über das Einlassventil 8 kann dem Verdichter 1 vorkomprimierte Luft entnommen werden, welche dann in dem Wärmetauscher 9 abgekühlt und in dem Turboexpander 10 unter weitere Abkühlung entspannt wird. Auf diese Weise kann Kühlluft mit einer vergleichsweise niedrigen Temperatur zur Verfügung gestellt werden, welche in dem Zuluftkanal 5 der Umgebungsluft zugemischt wird, um die zur Verfügung stehende Kühlleistung zu erhöhen. Besonders vorteilhaft ist es, diese Kühlluft nicht im Zuluftkanal mit der Umgebungsluft zu mischen sondern ganz gezielt über geeignete Kühlluftführungen (Kanäle, Rohre) nur den Bereichen im Generator zukommen zu lassen, die einer besonderen Kühlung bedürfen. Die Menge an zugemischter Kühlluft kann dabei über das Einlassventil 8 eingestellt werden. Insbesondere ist es auch möglich, Kühlluft nur im Bedarfsfall über den Wärmetauscher 9 und den Expander 10 zu erzeugen.

Die Expander-Welle 10a des Turboexpanders 10 ist in dem dargestellten Ausführungsbeispiel über eine selbstsynchronisierende Schaltkupplung (SSS-Kupplung) 11 und einen dem Generator 4 zugeordneten Erreger 12 an die Generatorwelle 4a angeschlossen, um diesen anzutreiben, so dass die im Turboexpander 10 freigegebene Energie genutzt werden kann.

Lediglich schematisch dargestellt ist, dass in der Kühlluftleitung 7 zwischen dem Wärmetauscher 9 und dem Turboexpander 10 ein Entfeuchter 13 vorgesehen ist, über welchen im Bedarfsfall der im Wärmetauscher 9 gekühlten Luft Feuchtigkeit entzogen werden kann. Dem Wärmetauscher 9 selbst kann ebenfalls eine Entfeuchtungseinrichtung zugeordnet sein, um bei der Wärmeabgabe entstehende Luftfeuchtigkeit bzw. entstehendes Kondensat direkt aus der Luft zu beseitigen.

35

Im Betrieb der Gasturbinenanlage wird angesaugte Luft in dem Verdichter 1 komprimiert. In der Brennkammer 2 wird die komprimierte und aufgrund der Verdichtung erhitzte Luft mit ei-

nem Brennstoff gemischt, und das entstehende Brennstoff-Luft-Gemisch wird verbrannt. Durch die exotherme Reaktion steigt die Temperatur nochmals stark an und das Gas dehnt sich aus. So entsteht ein Heißgas, das in der nachfolgenden Gasturbine  
5 3 entspannt wird, wobei sich thermische Energie in mechanische Energie umwandelt, welche einerseits genutzt wird, um den Verdichter 1 anzutreiben, und im Übrigen zum Antrieb des Generators 4 dient. Dieser wird über Umgebungsluft gekühlt, welche durch die Zuluftleitung 5 dem Inneren des Generators 4  
10 zugeführt und über den Abluftkanal 6 wieder an die Umgebung abgesaugt wird. Wenn die über die Umgebungsluft erreichbare Kühlung nicht ausreichend ist, wird dem Verdichter 1 über die Kühlluftleitung 7 durch Betätigung des Einlassventils 8 vorverdichtete Luft mit einem Druck von 1,5 bis 3 bar entnommen.  
15 Die Menge an entnommener Kühlluft ist dabei über das Einlassventil 8 entsprechend der erforderlichen Kühlleistung einstellbar. Die dem Verdichter 1 entnommene Luft wird in dem Wärmetauscher 9 abgekühlt, ggf. in dem Entfeuchter 13 entfeuchtet und anschließend in dem Turboexpander 10 unter weitere Abkühlung entspannt, so dass Kühlluft mit einer niedrigen Temperatur zur Verfügung gestellt wird, welche der Umgebungsluft in der Zuluftleitung 5 zugemischt wird bzw. gezielt den besonders zu kühlenden Stellen im Generator über geeignete Kühlluftführungen (Kanäle, Rohre) zur Verfügung gestellt  
20 wird.  
25

Wenn die Drehzahl der Expander-Welle 10a des Turboexpanders 10 der Drehzahl der Generatorwelle 4 entspricht, werden die beiden Wellen 4a, 10a über die Schaltkupplung 11 miteinander  
30 verbunden, so dass der Generator 4 durch den Turboexpander 10 (mit-)angetrieben wird.

Obwohl die Erfindung im Detail durch das bevorzugte Ausführungsbeispiel näher illustriert und beschrieben wurde, so ist  
35 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 1. Gasturbinenanlage mit einem Verdichter (1), einer Brenn-  
kammer (2), einer Turbine (3) und einem Generator (4), der  
von der Turbine (3) angetrieben wird, wobei an ein Gehäuse  
(4b) des Generators (4) eine Kühlluftleitung (7) angeschlos-  
sen ist, über welche dem Innenraum des Generators (4) Kühl-  
10 luft zugeführt werden kann, dadurch gekennzeichnet, dass die  
Kühlluftleitung (7) einlassseitig an den Verdichter (1) ange-  
schlossen ist und in der Kühlluftleitung (7) hintereinander  
wenigstens ein Wärmetauscher (9) und ein Expander (10), ins-  
besondere ein Turboexpander angeordnet sind, wobei zur Küh-  
15 lung des Generators (4) vorverdichtete Luft über die Kühl-  
luftleitung (7) aus dem Verdichter (1) abgezweigt, in dem  
Wärmetauscher (9) abgekühlt und in dem Expander (10) unter  
weiterer Abkühlung entspannt wird, bevor sie dem Innenraum  
des Generators (4) zugeführt wird.

20

2. Gasturbinenanlage nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Kühlluftleitung (7) ein Einlassventil (8) zugeordnet ist,  
25 über welches die Menge der aus dem Verdichter (1) abgezweig-  
ten Luft insbesondere in Abhängigkeit von der dem Generator  
(4) zur Verfügung zu stellenden Kühlleistung eingestellt  
wird.

30

3. Gasturbinenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprü-  
che,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die Kaltseite des Wärmetauschers (9) an eine Brenngasversor-  
35 gungsleitung angeschlossen ist, über welche die Brennkammer  
(1) mit einem Brenngas versorgt wird, um das Brenngas in dem  
Wärmetauscher (9) vorzuwärmen.

4. Gasturbinenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
der Expander (10) mit dem Generator (4) verbunden ist, um  
5 diesen anzutreiben.
5. Gasturbinenanlage nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
10 der Expander (10) mit dem Generator (4) über eine selbstsynchronisierende Schaltkupplung (11) verbunden ist.
6. Gasturbinenanlage nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
15 dadurch gekennzeichnet, dass  
der Expander mit einem zusätzlichen Sekundär-Generator verbunden ist, um diesen anzutreiben.
- 20 7. Gasturbinenanlage nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
zwischen dem Wärmetauscher (9) und dem Expander (10), ein  
Entfeuchter (13) vorgesehen ist, um der im Wärmetauscher (9)  
25 abgekühlten Luft vor dem Eintritt in den Expander (10) Feuchtigkeit zu entziehen.
8. Verfahren zum Betreiben einer Gasturbinenanlage mit einem Verdichter (1), einer Brennkammer (2), einer Turbine (3)  
30 und einem Generator (4), der von der Turbine (3) angetrieben wird, wobei dem Generator (4) Kühlluft zugeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass zur Erzeugung der Kühlluft dem Verdichter (1) vorkomprimierte Luft entnommen und die vorverdichtete Luft in einem Wärmetauscher (9) abgekühlt und anschließend in einem Expander (10) unter weiterer Abkühlung  
35 entspannt wird, bevor sie dem Generator (4) zugeführt wird.

9. Verfahren nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die dem Verdichter (1) entnommene Luft vor der Entspannung in  
dem Expander (10) entfeuchtet wird.

5

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die indem Expander (10) entspannte Kühlluft gezielt nur den  
Stellen im Generator zugeführt wird, die einer besonderen  
Kühlung bedürfen.

10

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
die in dem Expander (10) entspannte Kühlluft vor dem Eintritt  
in den Generator (4) mit Umgebungsluft gemischt wird, welche  
dem Generator (4) zugeführt wird.

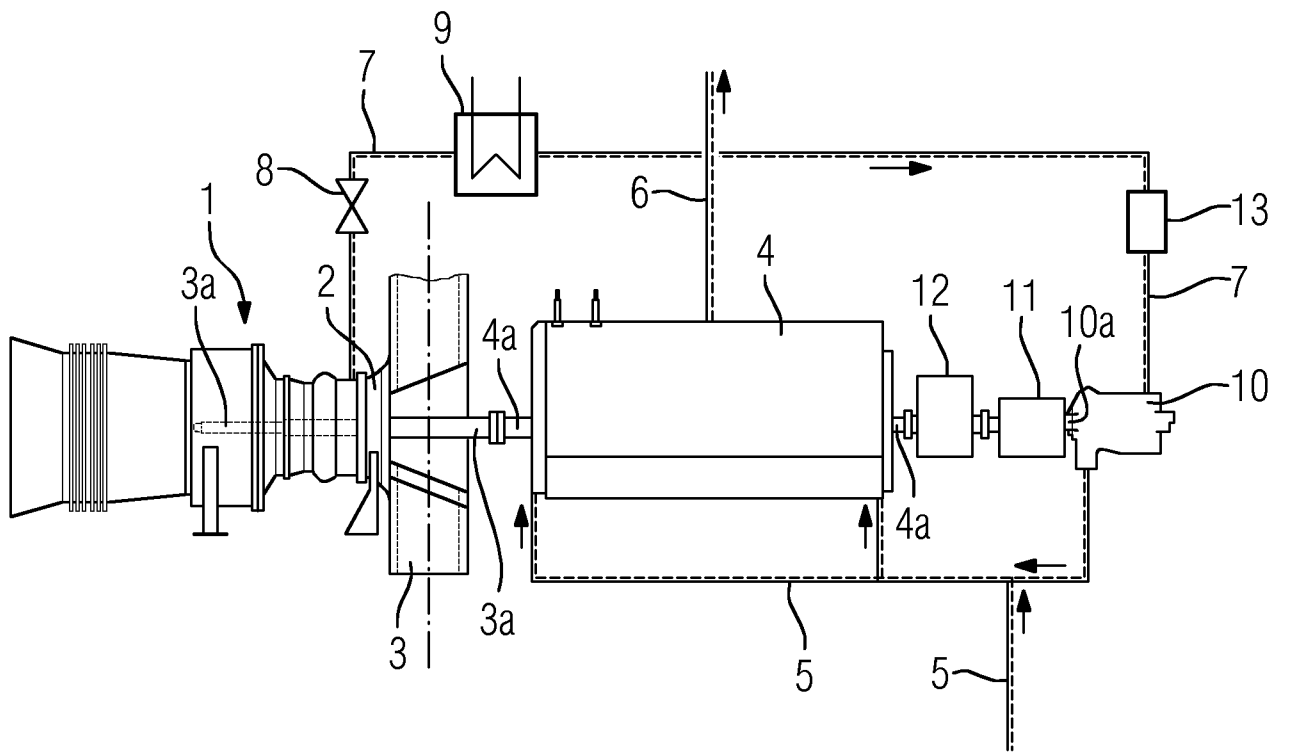
15

20

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet, dass  
ein Teil der aus dem Expander austretenden Kühlluft dem Gene-  
rator einer Dampfturbine zugeführt wird.

25

30



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

International application No  
PCT/EP2015/059464

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. F01D15/10 F01D25/12 F02C7/12 F02C7/224  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02K F02C F01D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 02/090721 A1 (BOWMAN POWER SYSTEMS LTD [GB]; MOLYNEAUX ALEXANDER KENWORTH [CH]; AINS) 14 November 2002 (2002-11-14) figures 1,2 pages 1-11	1-3,7-12
A	----- US 5 233 823 A (DAY WILLIAM H [US]) 10 August 1993 (1993-08-10) figures 2-5 columns 2-5	1-12
A	----- US 2011/239650 A1 (AMEDICK VOLKER [DE] ET AL) 6 October 2011 (2011-10-06) figures 1-4,7,8 paragraphs [0002], [0004], [0006] - [0011], [0014], [0015], [0018], [0019], [0031] - [0037], [0039], [0044] -----	1-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

\* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search <b>16 July 2015</b>	Date of mailing of the international search report <b>23/07/2015</b>
--	---

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer <b>Rakotonanahary, S</b>
--	--

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2015/059464
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 02090721	A1	14-11-2002	NONE
US 5233823	A	10-08-1993	NONE
US 2011239650	A1	06-10-2011	CN 102245861 A 16-11-2011
		EP 2196633 A1	16-06-2010
		EP 2361346 A1	31-08-2011
		RU 2011129334 A	20-01-2013
		US 2011239650 A1	06-10-2011
		WO 2010072472 A1	01-07-2010

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/059464

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 INV. F01D15/10 F01D25/12 F02C7/12 F02C7/224  
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H02K F02C F01D

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 02/090721 A1 (BOWMAN POWER SYSTEMS LTD [GB]; MOLYNEAUX ALEXANDER KENWORTH [CH]; AINS) 14. November 2002 (2002-11-14) Abbildungen 1,2 Seiten 1-11	1-3,7-12
A	----- US 5 233 823 A (DAY WILLIAM H [US]) 10. August 1993 (1993-08-10) Abbildungen 2-5 Spalten 2-5	1-12
A	----- US 2011/239650 A1 (AMEDICK VOLKER [DE] ET AL) 6. Oktober 2011 (2011-10-06) Abbildungen 1-4,7,8 Absätze [0002], [0004], [0006] - [0011], [0014], [0015], [0018], [0019], [0031] - [0037], [0039], [0044] -----	1-12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. Juli 2015	23/07/2015

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  Rakotonanahary, S
--	--

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2015/059464

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 02090721	A1	14-11-2002	KEINE
US 5233823	A	10-08-1993	KEINE
US 2011239650	A1	06-10-2011	CN 102245861 A 16-11-2011
		EP 2196633 A1	16-06-2010
		EP 2361346 A1	31-08-2011
		RU 2011129334 A	20-01-2013
		US 2011239650 A1	06-10-2011
		WO 2010072472 A1	01-07-2010