

(19)



(11)

**EP 2 955 341 A1**

(12)

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:  
**16.12.2015 Patentblatt 2015/51**

(51) Int Cl.:  
**F01K 27/02 (2006.01) F01K 9/00 (2006.01)**

(21) Anmeldenummer: **14172407.0**

(22) Anmeldetag: **13.06.2014**

(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**

- **Jäkel, Christian**  
47169 Duisburg (DE)
- **Koebe, Mario, Dr.**  
45478 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Kowalski, Matthias**  
45478 Mülheim an der Ruhr (DE)
- **Lehmann, Christoph, Dr.**  
47506 Neukirchen-Vluyn (DE)
- **Mashkin, Andrey, Dr.**  
50672 Köln (DE)
- **Plotnikova, Olga**  
42369 Wuppertal (DE)
- **Schild, Carolin**  
45478 Mülheim an der Ruhr (DE)

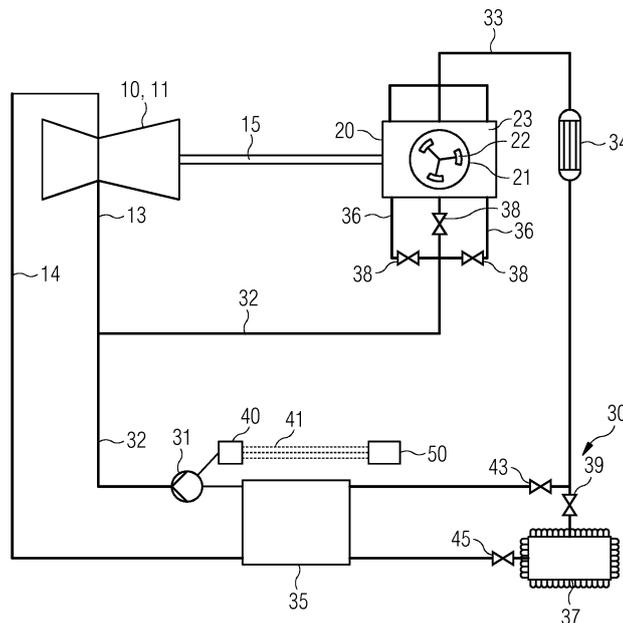
(71) Anmelder: **Siemens Aktiengesellschaft**  
**80333 München (DE)**

(72) Erfinder:  
• **Grau Sorarrain, Esteban**  
40215 Düsseldorf (DE)

### (54) Verfahren zur Kühlung eines Kraftwerksblocks

(57) Die Erfindung betrifft einen Kraftwerksblock (1) sowie ein Verfahren zur Regelung einer Kühlleitung in einem Kraftwerksblock (1). Der Kraftwerksblock (1) weist eine Turbine (10) einen Generator (20) sowie ein Kühlsystem (30) auf. Der Kraftwerksblock (1) weist ferner einen Regler (40) zur Regelung einer Kühlleistung, insbesondere der Kühlleistung des Generators (20), auf. Ferner

ist eine Datenverarbeitungseinrichtung (50) zur Vorhersage einer geplanten Auslastung des Kraftwerksblocks (1) vorgesehen. Der Regler (40) weist eine Schnittstelle (41) zur Datenverarbeitungsanlage (50) auf, wobei die Kühlleistung des Kühlsystems (30) über die vorhergesehene Auslastung des Kraftwerksblocks (1) geregelt wird.



**EP 2 955 341 A1**

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen Kraftwerksblock sowie ein Verfahren zur Kühlung eines Kraftwerksblocks.

**[0002]** Bei modernen Energieversorgungssystemen ist die Auslastung eines Kraftwerksblocks gut planbar. Die verstärkte Integration und Anbindung von regenerativen Energiequellen wie Solar- und Windkraftanlagen erfordert jedoch eine schnellere Verfügbarkeit und Regelbarkeit der Leistung eines Kraftwerksblocks. Die Regelbarkeit des Generators des Kraftwerksblocks ist durch die mechanische Spannungen beim Lastwechsel begrenzt. Eine übermäßige Beanspruchung des Generators führt im Weiteren zu einer reduzierten Lebensdauer der Generatorkomponenten. Es ist daher wünschenswert, den Generator möglichst bei konstanter Temperatur zu betreiben oder die Temperaturschwankungen zu begrenzen. Bislang werden zur Kühlung Regelungen eingesetzt, bei denen die Kühlung in Abhängigkeit der Temperatur und/oder der aktuellen Leistung des Generators erfolgt, welche sich im Betrieb leicht messen lassen. Dabei werden generatorspezifische Zeitkonstanten, wie etwa die Erwärmungs- oder Abkühlzeitkonstanten bislang nicht berücksichtigt. Dies führt in einigen Betriebszuständen zu einer zu starken Kühlung, wodurch der Wirkungsgrad des Kraftwerksblocks reduziert wird.

**[0003]** Aufgabe der Erfindung ist es, die Auslastung des Kraftwerksblocks zu kennen und das Kühlsystem anhand der geplanten Auslastung im Vorfeld einer Leistungserhöhung oder -reduzierung so anzupassen, dass die thermischen Gradienten und somit die auftretenden mechanischen Spannungen möglichst gering sind.

**[0004]** Der erfindungsgemäße Kraftwerksblock gemäß Anspruch 7 sowie das erfindungsgemäße Verfahren gemäß Anspruch 1 haben demgegenüber den Vorteil, dass die Kühlleistung des Kühlsystems in Abhängigkeit von der vorhergesagten Auslastung des Kraftwerksblocks erfolgt. Dies kann durch eine variable Kühlung erfolgen. Zur Steuerung dieser variablen Kühlung findet ein Regelkonzept Verwendung, welche im Sinne einer Smart-Grid Regelung die geplante Auslastung des Kraftwerksblocks berücksichtigt. Dadurch können die thermischen Gradienten und somit die mechanischen Spannungen reduziert werden, wodurch die Lebensdauer der jeweiligen Komponenten erhöht wird und der Wirkungsgrad des Kraftwerksblocks erhöht werden kann, weil die Kühlung durch das Kühlsystem auf ein Minimum reduziert werden kann.

**[0005]** Durch die in den abhängigen Ansprüchen angeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch angegebenen Kraftwerksblocks sowie des Verfahrens zur Kühlung des Kraftwerksblocks möglich.

**[0006]** Eine vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, dass ein Generator des Kraftwerksblocks derart gekühlt wird, dass eine Temperatur des Generators im Betrieb des Kraftwerksblocks in einem Betriebs-

bereich zwischen einer Maximaltemperatur und einer Minimaltemperatur gehalten wird. Durch die Regelung auf ein Temperaturband und nicht auf eine maximal zulässige Temperatur, wobei die Kühlung bei rückläufiger Last des Kraftwerksblocks derart zurückgefahren wird, dass die Temperatur des Generators möglichst lange oberhalb der Minimaltemperatur bleibt. Dadurch kann die thermische Belastung bei einem nachfolgenden Wiederhochfahren des Kraftwerksblocks möglich gering gehalten werden und der Kraftwerksblock schneller wieder in den Leistungsbetrieb gebracht werden.

**[0007]** Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn die Minimaltemperatur des Generators in Abhängigkeit der geplanten Auslastung des Kraftwerksblocks angepasst wird. Durch eine Anpassung der Minimaltemperatur kann in Abhängigkeit einer Pause zwischen einem Lastbetrieb und einem nachfolgenden Lastbetrieb des Kraftwerksblocks entsprechend variabel auf die Pause reagiert werden.

**[0008]** Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung des Verfahrens besteht darin, dass die Regelung für den Generator relevante Zeitkonstanten berücksichtigt. Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn eine Erwärmungs- oder Kühlzeitkonstante für Ständer oder Rotor des Generators berücksichtigt werden. Durch die Berücksichtigung der Erwärmungs- und Kühlzeitkonstanten kann die vorausschauende Regelung des Kühlsystems weiter verbessert werden, so dass die Kühlleistung des Kühlsystems reduziert und der Wirkungsgrad des Kraftwerksblocks weiter erhöht werden kann.

**[0009]** Ebenfalls ist mit Vorteil vorgesehen, dass die Kühlleistung vor einem geplanten Stopp des Kraftwerksblocks derart reduziert wird, dass der Generator beim nächsten Start mit gleichmäßig warmen Generatorkomponenten gestartet werden kann.

**[0010]** Weiterhin ist mit Vorteil vorgesehen, dass in Abhängigkeit der geplanten Auslastung des Kraftwerksblocks eine Kühlleistung des Kühlsystems für unterschiedliche Bereiche des Generators getrennt geregelt wird. Durch eine getrennte Regelung verschiedenen Generatorbereiche können beispielsweise die besonders belasteten Endzonen bei bestimmten Arbeitspunkten des Generators verstärkt gekühlt werden können.

**[0011]** Eine weitere vorteilhafte Weiterbildung besteht darin, dass das Kühlsystem einen Latentwärmespeicher aufweist, wobei durch den Latentwärmespeicher der Temperaturabfall des Generators bei Abschalten des Kraftwerksblocks begrenzt wird und die Temperatur länger oberhalb einer Minimaltemperatur gehalten werden kann.

**[0012]** Im Folgenden wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Kraftwerksblocks sowie des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Regelung der Kühlung eines Kraftwerksblocks anhand der beigefügten Zeichnung näher erläutert. Gleiche Bauteile oder Bauteile mit gleicher Funktion sind dabei mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Kraftwerksblocks.

**[0013]** Der Kraftwerksblock 1 umfasst eine Turbine 10, einen Generator 20 sowie ein Kühlsystem 30. Die Turbine 10, insbesondere eine Gasturbine 11, ist auf einer Welle 15 angeordnet, welche die Turbine 10 zumindest mittelbar mit dem Generator 20 verbindet. Zur Kühlung des Generators 20 ist ein Kühlsystem 30 vorgesehen, wobei das Kühlsystem 30 eine Pumpe 31 aufweist, mit der ein Kühlmedium durch Leitungen 32, 33 des Kühlsystems gefördert werden kann. Ferner umfasst das Kühlsystem 30 einen Vorratsbehälter 35, welcher über eine erste Leitung 32 mit dem Generator 20 verbunden, während eine zweite Leitung 33 vom Generator 20 zurück zum Vorratsbehälter 35 führt. Zusätzlich kann das Kühlsystem 30 einen Wärmetauscher 34 aufweisen, mit dem Wärme aus dem Kühlsystem 30 an eine Umgebung außerhalb des Kraftwerksblocks 1 abgegeben wird. Alternativ kann die Wärme auch benutzt werden, um Komponenten des Kraftwerksblocks 1 oder ein zum Kraftwerksblock 1 gehörendes Gebäude zu heizen. Zusätzlich kann das Kühlsystem 30 einen Latentwärmespeicher 37 aufweisen, in dem ein Kühlmedium des Kühlsystems 30, insbesondere Wasser, bevorratet werden kann. Damit kann ein Temperaturabfall des Kühlmediums bei einem Abschalten des Kraftwerksblocks 1 zumindest deutlich reduziert werden.

**[0014]** Der Kraftwerksblock 1 weist ferner einen Regler 40 zur Regelung der Kühlleistung im Kühlsystem 30 auf. Der Regler 40 hat eine Schnittstelle 41, über welche der Regler 40 mit einer Datenverarbeitungseinrichtung 50, beispielsweise einem Computer zur Planung der Auslastung des Kraftwerksblocks 1, verbunden ist. Über die Schnittstelle 41 kann die Datenverarbeitungsanlage Informationen über die geplante Auslastung des Kraftwerksblocks 1 an den Regler 40 geben, und so neben der aktuellen Last und der aktuellen Temperatur weitere Kenngrößen zur Verfügung stellen, über die der Regler 40 die Kühlleistung des Kühlsystems 30 regelt.

**[0015]** Dabei erfolgt die Regelung über die geplante Auslastung des Kraftwerksblocks 1, beispielsweise durch Informationen vom Grid oder von der Kraftwerkssteuerung. Zusätzlich werden Informationen über generatorspezifische Parameter wie Erwärmungszeitkonstanten oder Abkühlungszeitkonstanten von Ständer 21 oder Rotor 22 des Generators berücksichtigt.

**[0016]** Die Kühlleitung 32 weist Verzweigungen 36 auf, welche über Ventile 38 geöffnet oder geschlossen werden können. Somit lässt sich die Kühlleistung des Kühlsystems 30 derart anpassen, dass im Betrieb des Generators 20 höher belastete Bereiche, beispielsweise die Endzonen 23 verstärkt gekühlt werden können.

**[0017]** Im Betrieb des Kraftwerksblocks 1 werden Bauteile des Kraftwerksblocks 1, insbesondere der Generator 20, gekühlt. Zusätzlich kann auch eine Kühlung der Turbine 10, insbesondere der hinteren Verdichterstufen der Turbine 10 vorgesehen sein. Dazu ist die Pumpe 31

über eine Kühlleitung 13 mit der Turbine 10 verbunden. Das Kühlmedium kann über eine Rücklaufleitung 14 von der Turbine 10 zurück zum Vorratsbehälter strömen. Erhält die Datenverarbeitungseinrichtung 50 eine Information, dass die Leistung des Kraftwerksblocks 1 reduziert werden soll, bzw. der Kraftwerksblock 1 komplett vom Netz gehen soll, dann wird die Kühlleistung bereits im Vorfeld reduziert, um ein schnelles Abkühlen der Bauteile des Kraftwerksblocks 1, insbesondere des Generators 20, zu vermeiden. Alternativ kann zumindest eine Teilmenge des heißen Kühlmediums nach einem Lastbetrieb des Kraftwerksblocks 1 in den Latentwärmespeicher 37 gefördert werden, um einen Temperaturabfall des Kühlmediums zu reduzieren. Dazu wird ein Ventil 39 an der zweiten Leitung 33 geöffnet, wodurch das Kühlmedium in den Latentwärmespeicher 37 einströmen kann. Ferner werden Absperrventile 43,45 geschlossen, so dass das Kühlmedium nicht am Latentwärmespeicher 37 vorbei in den Vorratsbehälter 35 zurückströmt. Zum Entleeren des Latentwärmespeichers wird das Ventil 39 geschlossen und die Absperrventile 43,45 geöffnet, so dass das noch warme Kühlmedium wieder in den Kühlkreislauf 30 zurückströmen kann.

**[0018]** Durch die vorausschauende Regelung der Kühlleistung kann unter Umständen eine kurzfristige Temperaturerhöhung gegenüber der Temperatur im Lastbetrieb in Kauf genommen werden.

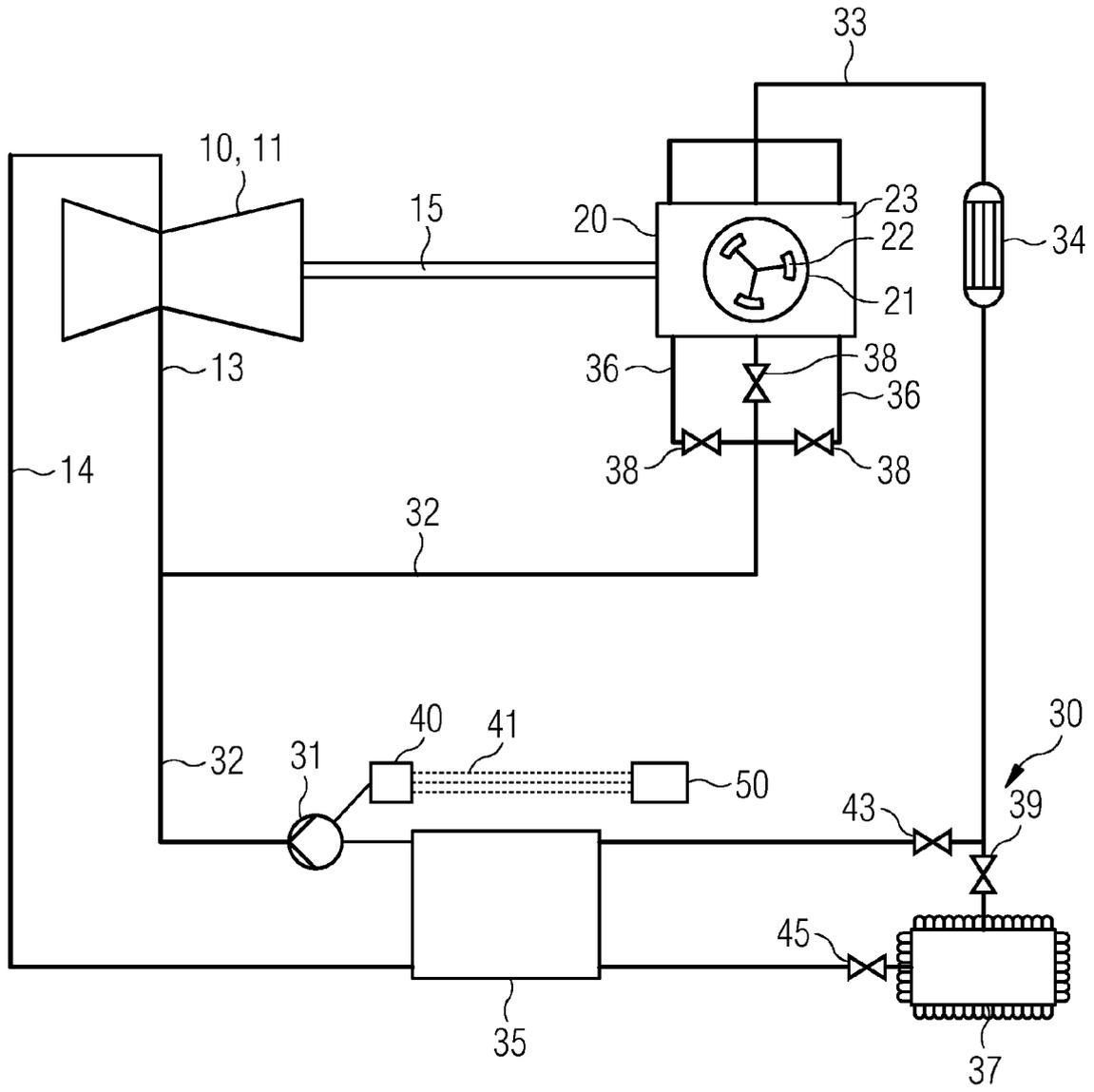
**[0019]** Soll die Leistung des Kraftwerksblocks 1 nach einer Phase der niedrigen Teillast wieder erhöht werden oder soll der Kraftwerksblock nach einem kurzfristigen Stillstand wieder ans Netz gehen, so startet der Generator 20 durch die vorgeschlagene Regelung des Kühlsystems 30 noch im warmen Generatorkomponenten 21,22. Somit sind ein schnelleres Hochfahren und eine schnellere Aufnahme eines Leistungsbetriebs des Kraftwerksblocks 1 möglich. Alternativ werden bei einem genauso schnellen Hochfahren des Kraftwerksblocks 1 wie bei konventionellen Lösungen die thermomechanischen Spannungen in dem Generator 20 und/oder der Turbine 10 reduziert, was zu einer längeren Lebensdauer der betroffenen Bauteile führt.

**[0020]** Obwohl die Erfindung im Detail durch die bevorzugten Ausführungsbeispiele näher beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht auf das offenbarte Ausführungsbeispiel beschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

## 50 Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung einer Kühlleistung in einem Kühlsystem (30) eines Kraftwerksblocks (1), wobei eine geplante Auslastung des Kraftwerksblocks (1) ermittelt wird und wobei die Kühlleistung des Kühlsystems (30) in Abhängigkeit von der vorhergesagten Auslastung des Kraftwerksblocks erfolgt.

2. Verfahren zur Regelung der Kühlleistung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Generator (20) des Kraftwerksblocks (1) derart gekühlt wird, dass eine Temperatur des Generators (20) im Betrieb des Kraftwerksblocks in einem Betriebsbereich zwischen einer Maximaltemperatur und einer Minimaltemperatur gehalten wird. 5
3. Verfahren zur Regelung der Kühlleistung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Minimaltemperatur des Generators (20) in Abhängigkeit der geplanten Auslastung des Kraftwerksblocks (1) angepasst wird. 10
4. Verfahren zur Regelung der Kühlleistung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Regelung für den Generator (20) relevante Zeitkonstanten, insbesondere Erwärmungs- oder Kühlzeitkonstanten für Ständer (21) und/oder Rotor (22) des Generators (20), berücksichtigt. 15 20
5. Verfahren zur Regelung der Kühlleistung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kühlleistung vor einem geplanten Stopp des Kraftwerksblocks (1) derart reduziert wird, dass der Generator (20) beim nächsten Start mit gleichmäßig warmen Generatorkomponenten (21,22) gestartet werden kann. 25 30
6. Verfahren zur Regelung der Kühlung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Abhängigkeit der geplanten Auslastung des Kraftwerksblocks (1) eine Kühlleistung des Kühlsystems (30) für unterschiedliche Bereiche des Generators (20) getrennt geregelt wird. 35
7. Kraftwerksblock (1) mit einer Turbine (10), einem Generator (20) sowie einem Kühlsystem (30), wobei der Kraftwerksblock (1) einen Regler (40) zur Regelung der Kühlleistung sowie eine Datenverarbeitungseinrichtung (50) zur Vorhersage einer geplanten Auslastung des Kraftwerksblock (1) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (40) eine Schnittstelle (41) zur Datenverarbeitungseinrichtung (50) aufweist und die Kühlleistung des Kühlsystems (30) über die vorhergesagte Auslastung des Kraftwerksblocks (1) regelt. 40 45 50
8. Kraftwerksblock (1) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (40) ein Smart-Grid Regler ist, welche Daten von der Kraftwerkssteuerung oder einem Grid erhält. 55
9. Kraftwerksblock nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Kühlsystem (30) so teilbar ist, dass verschiedene Bereiche (21,22,23) des Generators (20) unterschiedlich stark kühlbar sind.
10. Kraftwerksblock nach Anspruch 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** Endzonen (23) des Generators (20) stärker gekühlt werden als der restliche Generator.





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung  
EP 14 17 2407

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	JP 2008 292121 A (CHUGOKU ELECTRIC POWER) 4. Dezember 2008 (2008-12-04) * Zusammenfassung; Abbildung 1 * * Absätze [0008] - [0014], [0020] - [0027] *	1-10	INV. F01K27/02 F01K9/00
A	EP 2 615 266 A2 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 17. Juli 2013 (2013-07-17) * Absätze [0010] - [0017]; Abbildungen 2, 3 *	6,9,10	
A	KR 2013 0071900 A (KEPCO KDN CO LTD [KR]) 1. Juli 2013 (2013-07-01) * Zusammenfassung *	1-10	
A	US 2014/110939 A1 (TAKAHASHI TOSHIO [JP] ET AL) 24. April 2014 (2014-04-24) * Zusammenfassung; Abbildungen 1, 6 * * Absätze [0027], [0035] - [0037], [0042], [0057] - [0061] *	1-10	
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			F01K
Recherchenort <b>München</b>		Abschlußdatum der Recherche <b>18. November 2014</b>	Prüfer <b>Varelas, Dimitrios</b>
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 03/82 (P04C03)

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

EP 14 17 2407

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.

18-11-2014

10

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2008292121 A	04-12-2008	KEINE	
-----			
EP 2615266 A2	17-07-2013	CA 2798733 A1	22-06-2013
		CN 103174473 A	26-06-2013
		EP 2615266 A2	17-07-2013
		SG 191467 A1	31-07-2013
		US 2013160450 A1	27-06-2013
-----			
KR 20130071900 A	01-07-2013	KEINE	
-----			
US 2014110939 A1	24-04-2014	CN 103608549 A	26-02-2014
		JP 2013007368 A	10-01-2013
		US 2014110939 A1	24-04-2014
		WO 2013002066 A1	03-01-2013
-----			

15

20

25

30

35

40

45

50

55

EPO FORM P0461

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