

(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
31. Januar 2013 (31.01.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/014176 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

F01D 19/00 (2006.01) *F02C 3/26* (2006.01)
F02C 3/20 (2006.01) *F02C 7/228* (2006.01)
F02C 3/22 (2006.01) *F02C 7/26* (2006.01)
F02C 3/24 (2006.01)

46562 Voerde (DE). **SCHILDMACHER, Kai-Uwe** [DE/DE]; Langenfeldstr. 82, 45481 Mülheim a.d. Ruhr (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/064564

(74) **Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum: 25. Juli 2012 (25.07.2012)

(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, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 11175342.2 26. Juli 2011 (26.07.2011) EP

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **DEUKER, Eberhard** [DE/DE]; Elly-Heuss-Knapp-Str. 29, 45481 Mülheim an der Ruhr (DE). **KÖSTLIN, Berthold** [DE/DE]; Lotharstr. 154, 47057 Duisburg (DE). **MEISL, Jürgen** [DE/DE]; Prinzenhöhe 47, 45478 Mülheim an der Ruhr (DE). **NEHLSSEN, Dennis** [DE/DE]; Dinslakener Str. 165,

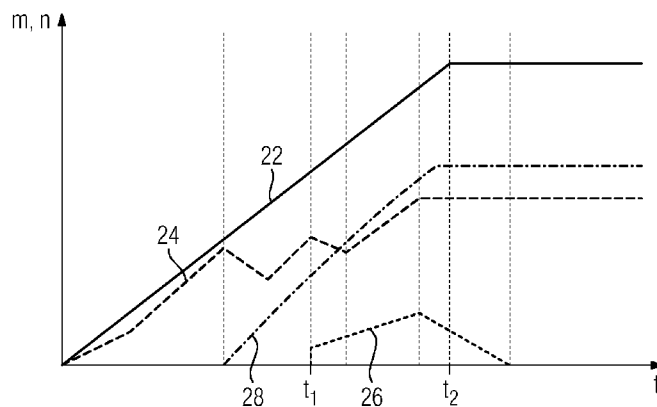
(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR RUNNING UP A STATIONARY GAS TURBINE

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM HOCHFahren EINER STATIONÄREN GASTURBINE

FIG 2



(57) **Abstract:** The invention relates to a method for running up a stationary gas turbine (10) comprising at least one combustion chamber (14), the burners of which comprise a pilot burner and a main burner and by which various types of fuel are introduced into the combustion chamber (14) for burning, wherein the following steps are carried out while a rotor (18) of the gas turbine (10) is accelerating from a standstill to a nominal speed: - feeding fuel of a first type of fuel to the pilot burners and - feeding fuel of the first type of fuel to the main burners. In order to provide a method in which a comparatively low supply pressure is required in the fuel supply system and in which combustion vibrations that put the machine at risk are avoided during the running-up process, it is proposed that fuel of a second type of fuel is fed to the burner before the nominal speed is reached.

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Hochfahren einer stationären Gasturbine (10) mit zumindest einer

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/014176 A1



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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

Brennkammer (14), deren Brenner einen Pilotbrenner und einen Hauptbrenner umfassen und durch die unterschiedliche Brennstoffarten in die Brennkammer (14) zur Verbrennung eingebracht werden, wobei während des Beschleunigens eines Rotors (18) der Gasturbine (10) aus dem Stand bis auf eine Nenn Drehzahl die Schritte durchgeführt werden: - Zuführen von Brennstoff einer ersten Brennstoffart zu den Pilotbrennern und - Zuführen von Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den Hauptbrennern. Um ein Verfahren bereitzustellen, bei dem ein vergleichsweise geringer Versorgungsdruck im Brennstoffversorgungssystem erforderlich ist und bei dem während des Hochfahrens maschinengefährdende Verbrennungsschwingungen vermieden werden, wird vorgeschlagen, dass vor dem Erreichen der Nenn Drehzahl dem Brenner Brennstoff einer zweiten Brennstoffart zugeführt wird.

Beschreibung

Verfahren zum Hochfahren einer stationären Gasturbine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Hochfahren einer stationären Gasturbine mit zumindest einer Brennkammer, deren Brenner einen Pilotbrenner und einen Hauptbrenner umfassen und durch die unterschiedliche Brennstoffe in die Brennkammer zur Verbrennung eingebracht werden, wobei während des Beschleunigens eines Rotors der Gasturbine aus dem Stand bis auf eine Nenndrehzahl die Schritte durchgeführt werden:

10

- Zuführen von Brennstoff einer ersten Brennstoffart zu den Pilotbrennern und

15

- Zuführen von Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den Hauptbrennern.

Stationäre Gasturbinen und Verfahren zum Betrieb der Gasturbinen sind aus dem verfügbaren Stand der Technik in umfangreicher Art und Weise bekannt. Gasturbinen moderner Bauart, welche zur Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt werden, weisen in der Regel einen axial durchströmbaren Verdichter, eine oder mehrere Brennkammern und eine Turbineneinheit auf.

20

Im Betrieb wird ein der Brennkammer zugeführter Brennstoff mit Hilfe der vom Verdichter verdichteten Umgebungsluft zu einem Heißgas verbrannt, welches sich in der Turbineneinheit an dem Rotor der Gasturbine arbeitsleistend entspannt. Der Rotor treibt dann einen Generator an, welcher die mechanische Energie in elektrische Energie verlustarm umwandelt und in ein Stromverteilungsnetz einspeist.

25

30

Beim Starten der Gasturbine - dem so genannten Anfahren oder Hochfahren - wird dessen Rotor mit Hilfe einer Antriebsvorrichtung auf eine Zünddrehzahl gebracht, wonach durch Einspeisen eines Pilot-Brennstoffstroms in die Brennkammer dieser gezündet wird. Anschließend zündet die Pilotflamme einen Haupt-Brennstoffstrom, welcher über separate Brenner und/oder Brennstoffdüsen auch in die Brennkammer(n) einspritzt wird.

35

Gemäß dem Buch „Stationäre Gasturbinen“ von Christoph Lechner und Jörg Seume (Herausgeber) wird die Antriebsvorrichtung bei einer Drehzahl von 50% bis 80% der Nenndrehzahl vom Rotor entkoppelt. Der Rotor wird dann nur noch von dem bei der Ver-
5 brennung entstehenden Heißgas beschleunigt. Mit Erreichen der Nenndrehzahl, zumeist 3000 min^{-1} oder 3600 min^{-1} , endet der Startvorgang der Gasturbine. Anschließend kann der Generator mit der Netzfrequenz des Stromverteilungsnetzes syn-
10 chronisiert und diesem aufgeschaltet werden.

Die Zuführung von Pilot-Brennstoff und Haupt-Brennstoff zu den entsprechenden Brennern bzw. Düsen erfolgt über getrennt arbeitende Leitungssysteme mit darin angeordneten Ventilen, mit denen sich das Volumen des jeweilig zugeführten Brenn-
15 stoffs und dessen Druck einstellen lässt.

Als Brennstoff werden sowohl flüssige als auch gasförmige Brennstoffe verwendet. Zur Erzeugung einer besonders effi-
zienten und emissionsarmen Verbrennung in der Brennkammer ist es bekannt, die Verbrennung des Haupt-Brennstoffmassenstroms
20 durch die Pilotflamme stetig zu unterstützen. Als Pilotbrennstoff wird häufig ein Brenngas, beispielsweise Erdgas verwendet.

Aufgrund der zur Erzeugung von großen Mengen an elektrischer Energie erforderlichen großen Mengen an gasförmigem Brenn-
stoff sind die Brennstoffleitungssysteme der Gasturbine häufig an ein Brennstoffnetz angeschlossen, aus welchem dauer-
haft der Brennstoff in der benötigten Menge über einen länge-
30 ren Zeitraum entnommen werden kann. Ggf. ist zwischen dem Brennstoffnetz und dem Brennstoffleitungssystem noch ein zusätzlicher Gaskompressor geschaltet, um den Versorgungsdruck des Brennstoffnetzes zuverlässig auf ein höheres Maß anzuheben, mit dem ein sicherer Betrieb der Gasturbine gewährleis-
35 tet werden kann. Der erforderliche Brennstoffdruck beim Einspeisen in die Brennkammer liegt dabei oberhalb des vom Verdichter der Gasturbine geleisteten Druckverhältnisses. Folglich wird der Brennstoffdruck so eingestellt, dass Brennstoff

in der erforderlichen Menge auch tatsächlich in die Brennkammer einströmt. Der vom Brennstoffnetz bereitzustellenden bzw. vom zusätzlichen Gasverdichter zu liefernde Versorgungsdruck kann sogar weit oberhalb des vom Verdichter geleisteten

5 Druckverhältnisses liegen, da insbesondere beim Beschleunigen des Rotors auf die Nenndrehzahl und bei Lastabwurf sehr große Mengen an Pilotbrennstoff benötigt werden. Pilotbrenner, welche eine vorgemischte Flamme erzeugen - so genannte Vormischpilotbrenner - weisen zudem vergleichsweise kleine Gasaus-

10 trittsbohrungen auf, welche eine weitere Erhöhung des ohnehin schon hohen Gasversorgungsdrucks erforderlich machen, um die geforderten Pilotgasmassenströme zu erreichen. Dies steht im Gegensatz zu dem Bedürfnis nach einer effizienten Betriebs-

15 möglichkeit auch bei reduziertem Versorgungsdruck im Brennstoffnetz.

Zudem ist aus der WO 2006/053866 A1 ein Verfahren zum Anfahren einer mit niederkalorischem Gas betriebenen Gasturbine bekannt. Als niederkalorisches Gas wird Synthesegas in die

20 Brennkammer der Gasturbine über eine Pilotbrenner und einen Hauptbrenner eingespritzt. Um trotz eines vergleichsweise geringen Brennstoffmassenstroms einen Mindestdruckverlust nicht zu unterschreiten, was zu einer zu geringen Ausströmgeschwindigkeit führen würde, schlägt die WO 2006/053866 A1 vor, ein

25 Inert-Medium dem Synthesegas unterzumischen. Dies hat jedoch den Nachteil, dass weiterhin ein hoher Versorgungsdruck insgesamt erforderlich ist.

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens, mit dem eine verbesserte Anfahrprozedur der Gasturbine erreicht wird und die aus dem aufgezeigten Stand der Technik sich ergebenden Nachteile vermieden werden.

30

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird mit einem

35 Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und weitere Merkmale sind dabei in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass während des Hochfahrens bereits ein Mischbetrieb zweier unterschiedlicher Brennstoffarten möglich ist, um die zur Beschleunigung des Rotors erforderliche thermisch Energie bereitzustellen. Bisher wurde beim Stand der Technik währenddessen lediglich eine Brennstoffart, zumeist nur Erdgas oder nur Heizöl, verwendet. Die Erfindung wendet sich somit von der bisherigen Vorgehensweise ab und schlägt vor, dass vor dem Erreichen der Nenn-
5 Brennstoffart zuggeführt wird.
10 Brennstoffart zuggeführt wird.

Diese Vorgehensweise ist insbesondere für Gasturbinen von Vorteil, bei denen ein gasförmiger Brennstoff, zumeist Erdgas, und ein flüssiger Brennstoff, zumeist Heizöl, eingesetzt wird. Insbesondere in diesem Fall kann die ansonsten vergleichsweise hohe Menge an Brennstoff der ersten Brennstoffart für den Pilotbrenner kurzfristig während der Startphase teilweise durch Brennstoff einer zweiten Brennstoffart substituiert werden. Zur Substitution eignen sich insbesondere hochkalorische Brennstoffe. Mit Hilfe dieses Mischbetriebs können beispielsweise Verbrennungsschwingungen reduziert werden, was den Betrieb der Gasturbine verbessert. Vorzugsweise wird dabei der Brennstoff der zweiten Brennstoffart entsprechend ausgebildeten Pilotbrennern zuggeführt, wodurch die Brennstoffmenge der ersten Brennstoffart zu den Pilotbrennern anfänglich reduziert werden kann. Die Brenner umfassen dann folglich einen zweistufigen Pilotbrenner. Prinzipiell kann der Brennstoff der zweiten Brennstoffart entweder vor oder nach der Aktivierung der Zuführung von Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den Hauptbrennern während des Anfahrens den Brennern zuggeführt werden.
15
20
25
30

Vorzugsweise erfolgt die Aktivierung der Zuführung von Brennstoff der zweiten Brennstoffart zu den Brennern jedoch erst nachdem der Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den Hauptbrennern zuggeführt wurde. In diesem Fall kann eine besonders zuverlässige Verbrennung der in die Brennkammer eingebrachten Brennstoffe erreicht werden. Dabei sind die Hauptbrenner vor-
35

zugsweise als Vormischbrenner ausgestaltet, was eine emissionsarme Verbrennung des Brennstoffs ermöglicht.

Die Menge von Brennstoff der zweiten Brennstoffart wird anfänglich erhöht, während die Brennstoffmenge von Brennstoff der ersten Brennstoffart reduziert wird. Dies soll eine unzulässig hohe Beschleunigung des Rotors verhindern. Dabei soll nur eine derartige Menge an Brennstoff der ersten Brennstoffart eingespeist werden, die durch den ohnehin vorhandenen Versorgungsdruk in der Brennstoffleitung - also ohne Zusatzverdichter - möglich wäre. Prinzipiell wird jedoch während der Beschleunigung des Rotors auf Nenndrehzahl hauptsächlich Brennstoff der ersten Brennstoffart verbrannt. Die Menge an Brennstoff der zweiten Brennstoffart ist während des Hochfahrens der Gasturbine vergleichsweise gering.

Besonders bevorzugt ist die Ausgestaltung, bei der die erste Brennstoffart gasförmig und die zweite Brennstoffart flüssig ist. In diesem Fall wird beim Gasturbinenstart mit Erdgas ein geringer Teil der Pilotgasmenge durch eine Pilot-Ölmenge ersetzt, wodurch die für den Hochfahrprozess erforderliche Pilotgasmenge insgesamt reduziert werden kann. Durch die Reduzierung der Pilotgasmenge kann auch der maximale Versorgungsdruck im Erdgasversorgungsnetz geringer sein als bisher, was zusätzliche Konstruktionselemente im Erdgasversorgungssystem zur Druckerhöhung erspart.

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden in einem nachfolgenden Ausführungsbeispiel anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

FIG 1 den schematischen Aufbau einer Gasturbine und

FIG 2 ein Rotordrehzahl/Brennstoffmengen-Zeit-Diagramm des Anfahrprozesses zum Beschleunigen des Rotors der Gasturbine aus dem Stillstand bis auf Nenndrehzahl.

FIG 1 zeigt schematisch den Aufbau einer stationären Gasturbine 10 mit einem Verdichter 12, einer Brennkammer 14 und einer Turbine 16 sowie einen an einem Rotor 18 der Gasturbine 10 angekoppelten Generator 20. Üblicherweise sind sowohl der Verdichter 12 als auch die Turbine 16 als axial durchström-
bare Turbomaschinen ausgeführt. Die Brennkammer 14 kann sowohl als eine Ringbrennkammer, als zwei Silo-Brennkammern oder auch als mehrere um den Umfang der Maschinenachse
gleichmäßig verteilte Rohrbrennkammern ausgebildet sein. In jeder Brennkammer 14 ist zumindest ein Brenner zum Zuführen von Brennstoff F in die Brennkammer vorgesehen. Es können auch mehrere Brenner je Brennkammer vorgesehen sein. Jeder Brenner umfasst zumindest einen Pilotbrenner und zumindest
zwei Hauptbrenner für zwei unterschiedliche Brennstoffarten. Derartige Brenner sind auch als Dual-Fuel-Brenner bekannt.

Zum Anfahren der Gasturbine 10 wird der Rotor 18 der Gasturbine 10 über eine nicht weiter dargestellte Drehvorrichtung aus dem Stand beschleunigt. Mit Drehung des Rotors 18 saugt der Verdichter 12 Umgebungsluft an und pumpt diese in die Brennkammer 14. Bereits bei geringer Drehzahl wird der Brennkammer 14 über die Pilotbrenner der Gasturbine 10 Brennstoff F zugeführt und gezündet. Anschließend verbrennen der Pilotbrennstoff und die verdichtete Luft in der Brennkammer 14 bzw. in den Brennkammern zu einem Heißgas, welches sich in der Turbine 16 an den darin angeordneten Turbinenschaufeln arbeitsleistend entspannt. Das entspannte Rauchgas wird dann über einen Kamin ab- oder einem Abhitzedampferzeuger zugeführt.

Das Verfahren zum Hochfahren des Rotors einer Gasturbine aus dem Stillstand bis zur Nenndrehzahl ohne Belastung (auch Full Speed No Load, FSNL genannt) ist in dem in FIG 2 dargestellten Diagramm gezeigt. Im Diagramm ist sowohl der Brennstoffmassenstrom m als auch die Rotordrehzahl n über die Zeit t dargestellt.

Eine erste Kennlinie 22 zeigt die Rotordrehzahl n über die Zeit t . Eine zweite Kennlinie 24 zeigt den Massenstrom m des den Pilotbrennern insgesamt zugeführten Brennstoffs der ersten Brennstoffart. Eine dritte Kennlinie 26 zeigt den Massenstrom des den Pilotbrennern zugeführten Brennstoffs der zweiten Brennstoffart. Eine vierte Kennlinie 28 zeigt den Massenstrom des den Hauptbrennern zugeführten Brennstoffs der ersten Brennstoffart.

10 Das Verfahren zum Starten, d.h. Hochfahren der stationären Gasturbine 2 wird nachfolgend anhand des in FIG 2 dargestellten Diagramms näher erläutert, wobei die erste Brennstoffart gasförmig und somit beispielsweise Erdgas sein kann und die
15 zweite Brennstoffart flüssig und somit beispielsweise Öl sein kann.

Nach der Beschleunigung des Rotors 18 aus dem Stand wird den Pilotbrennern mit zunehmender Menge Brennstoff der ersten Brennstoffart zugeführt. Dies ist aus der Kennlinie 24 ersichtlich. Mit dem Zuführen der ersten Brennstoffart - Erdgas - zu den Hauptbrennern, kann für eine kurze Zeitdauer die Pilotgasmenge an Erdgas erstmal reduziert werden, wonach dann wieder die Pilotgasmenge vergrößert wird. Zum Zeitpunkt t_1 wird eine Brennstoffmenge einer zweiten Brennstoffart - nämlich Öl - in die Brennkammer 14 eingebracht und dort verbrannt. Gleichzeitig wird die Brennstoffmenge der ersten Brennstoffart zu den Pilotbrennern geringfügig reduziert. Mithin wird ein Teil der Pilotgasmenge durch eine Pilotölmenge ersetzt. Damit läuft nun eine Mischverbrennung ab, bei
25 der Brennstoffe unterschiedlicher Arten gleichzeitig zu dem Heißgas verbrannt werden.
30

Anschließend erfolgt die weitere Beschleunigung des Rotors durch die Erhöhung der thermischen Energie. Dazu wird gleichzeitig die eingebrachte Ölmenge und die über den Hauptbrennern zugeführte Brennstoffmenge an Brennstoff der ersten Brennstoffart stetig erhöht. Mit Erreichen der Nenndrehzahl zum Zeitpunkt t_2 ist der Startprozess der Gasturbine 10 abge-

schlossen. Danach kann die über die Ölpilotbrenner zugeführte Menge an Brennstoff der zweiten Brennstoffart auf Null reduziert werden, wodurch der Mischbetrieb erstmal beendet ist.

- 5 Insgesamt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Hochfahren einer stationären Gasturbine 10 mit zumindest einer Brennkammer 14, deren Brenner einen Pilotbrenner und einen Hauptbrenner umfassen und durch die unterschiedliche Brennstoffarten in die Brennkammer 14 zur Verbrennung eingebracht werden, wobei während des Beschleunigens eines Rotors 18 der Gasturbine 10 aus dem Stand bis auf eine Nenndrehzahl die Schritte durchgeführt werden:
- Zuführen von Brennstoff einer ersten Brennstoffart zu den Pilotbrennern und
 - 15 - Zuführen von Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den Hauptbrennern.

Um ein Verfahren bereitzustellen, bei dem ein vergleichsweise geringer Versorgungsdruck im Brennstoffversorgungssystem erforderlich ist und bei dem während des Hochfahrens maschinen-gefährdende Verbrennungsschwingungen vermieden werden, wird vorgeschlagen, dass vor dem Erreichen der Nenndrehzahl dem Brenner Brennstoff einer zweiten Brennstoffart zugeführt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Hochfahren einer stationären Gasturbine
5 (10) mit zumindest einer Brennkammer (14), deren Brenner
einen Pilotbrenner und einen Hauptbrenner umfassen und
durch die unterschiedliche Brennstoffarten in die Brennkam-
mer (14) zur Verbrennung eingebracht werden,
wobei während des Beschleunigen eines Rotors (18) der Gas-
10 turbine (10) aus dem Stand bis auf eine Nenndrehzahl die
Schritte durchgeführt werden:
- Zuführen von Brennstoff einer ersten Brennstoffart zu den
Pilotbrennern und
- Zuführen von Brennstoff der ersten Brennstoffart zu den
15 Hauptbrennern,
dadurch gekennzeichnet,
dass vor dem Erreichen der Nenndrehzahl zumindest einem
Brenner Brennstoff einer zweiten Brennstoffart zugeführt
wird.
20
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem der Brennstoff der zweiten Brennstoffart den Pilot-
brennern zugeführt wird.
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem erst nach dem Zuführen von Brennstoff der ersten
Brennstoffsart zu den Hauptbrennern die Zufuhr von Brenn-
stoff der zweiten Brennstoffart erfolgt.
- 30 4. Verfahren nach Anspruch 1, 2 oder 3,
bei dem mit der Zufuhr von Brennstoff der zweiten Brenn-
stoffart die dem Pilotbrenner zugeführte Brennstoffmenge
der ersten Brennstoffart anfänglich verringert wird.
- 35 5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
bei dem die eine der beiden Brennstoffarten, vorzugsweise
die erste Brennstoffart, gasförmig und die andere der bei-

den Brennstoffarten, vorzugsweise die zweite Brennstoffart, flüssig ist.

FIG 1

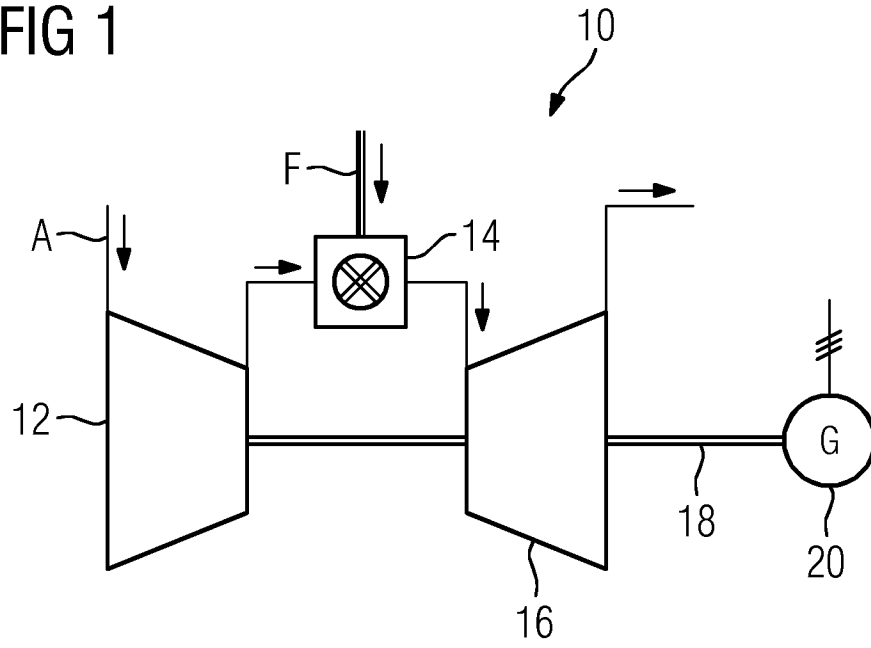
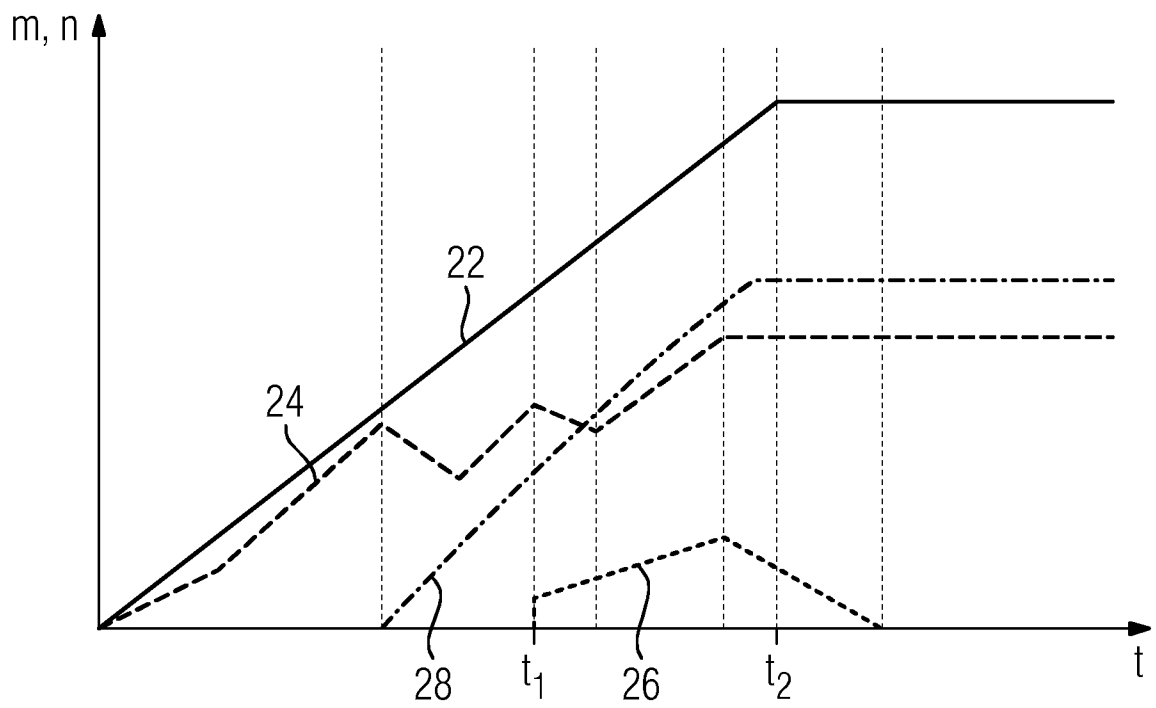


FIG 2



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/064564

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. F01D19/00 F02C3/20 F02C3/22 F02C3/24 F02C3/26
 F02C7/228 F02C7/26
 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)
 F01D F02C

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2006/053866 A1 (SIEMENS AG [DE]; KOESTLIN BERTHOLD [DE]; HANNEMANN FRANK [DE]; HEILOS) 26 May 2006 (2006-05-26) page 3, lines 1,2 - pages 4-5; figures 1-3 -----	1-5
X	EP 1 655 456 A2 (HITACHI LTD [JP]) 10 May 2006 (2006-05-10) paragraph [0046]; figures 6,7,10 -----	1-5
A	DE 195 49 140 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH]) 3 July 1997 (1997-07-03) column 3; figures 1-3 -----	1
A	EP 1 008 737 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 14 June 2000 (2000-06-14) paragraphs [0005], [0006], [0017], [0021], [0022]; figures 1,2 -----	1,5
	-/--	

Further documents are listed in the continuation of Box C.

See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

<p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"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)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"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</p> <p>"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</p> <p>"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</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 1 October 2012	Date of mailing of the international search report 11/10/2012
---	--

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 Chatziapostolou, A
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/064564

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 944 547 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16 July 2008 (2008-07-16) paragraphs [0028], [0029]; figure 1 -----	4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2012/064564

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2006053866	A1	26-05-2006	US 2008044782 A1
			WO 2006053866 A1

EP 1655456	A2	10-05-2006	CN 1769655 A
			EP 1655456 A2
			JP 4509742 B2
			JP 2006132401 A
			US 2009173057 A1

DE 19549140	A1	03-07-1997	AU 1028697 A
			CN 1206455 A
			DE 19549140 A1
			DE 59609859 D1
			EP 0870157 A1
			JP 4103965 B2
			JP 2000502771 A
			US 6148603 A
			WO 9724561 A1

EP 1008737	A2	14-06-2000	AU 765334 B2
			AU 6441399 A
			DE 69928360 D1
			DE 69928360 T2
			EP 1008737 A2
			JP 4509270 B2
			JP 2000265857 A
			NO 996028 A
			US 6367239 B1

EP 1944547	A1	16-07-2008	AT 521855 T
			CN 101600904 A
			EP 1944547 A1
			EP 2104802 A1
			ES 2370742 T3
			RU 2009131077 A
			US 2010050652 A1
			WO 2008087126 A1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2012/064564

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. F01D19/00 F02C3/20 F02C3/22 F02C3/24 F02C3/26 F02C7/228 F02C7/26 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) F01D F02C 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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2006/053866 A1 (SIEMENS AG [DE]; KOESTLIN BERTHOLD [DE]; HANNEMANN FRANK [DE]; HEILOS) 26. Mai 2006 (2006-05-26) Seite 3, Zeilen 1,2 - Seiten 4-5; Abbildungen 1-3 -----	1-5
X	EP 1 655 456 A2 (HITACHI LTD [JP]) 10. Mai 2006 (2006-05-10) Absatz [0046]; Abbildungen 6,7,10 -----	1-5
A	DE 195 49 140 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH]) 3. Juli 1997 (1997-07-03) Spalte 3; Abbildungen 1-3 -----	1
A	EP 1 008 737 A2 (GEN ELECTRIC [US]) 14. Juni 2000 (2000-06-14) Absätze [0005], [0006], [0017], [0021], [0022]; Abbildungen 1,2 -----	1,5
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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
1. Oktober 2012		11/10/2012
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 Chatziapostolou, A

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP 1 944 547 A1 (SIEMENS AG [DE]) 16. Juli 2008 (2008-07-16) Absätze [0028], [0029]; Abbildung 1 -----	4

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/064564

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2006053866 A1	26-05-2006	US 2008044782 A1	21-02-2008
		WO 2006053866 A1	26-05-2006

EP 1655456 A2	10-05-2006	CN 1769655 A	10-05-2006
		EP 1655456 A2	10-05-2006
		JP 4509742 B2	21-07-2010
		JP 2006132401 A	25-05-2006
		US 2009173057 A1	09-07-2009

DE 19549140 A1	03-07-1997	AU 1028697 A	28-07-1997
		CN 1206455 A	27-01-1999
		DE 19549140 A1	03-07-1997
		DE 59609859 D1	12-12-2002
		EP 0870157 A1	14-10-1998
		JP 4103965 B2	18-06-2008
		JP 2000502771 A	07-03-2000
		US 6148603 A	21-11-2000
		WO 9724561 A1	10-07-1997

EP 1008737 A2	14-06-2000	AU 765334 B2	18-09-2003
		AU 6441399 A	15-06-2000
		DE 69928360 D1	22-12-2005
		DE 69928360 T2	03-08-2006
		EP 1008737 A2	14-06-2000
		JP 4509270 B2	21-07-2010
		JP 2000265857 A	26-09-2000
		NO 996028 A	13-06-2000
		US 6367239 B1	09-04-2002

EP 1944547 A1	16-07-2008	AT 521855 T	15-09-2011
		CN 101600904 A	09-12-2009
		EP 1944547 A1	16-07-2008
		EP 2104802 A1	30-09-2009
		ES 2370742 T3	22-12-2011
		RU 2009131077 A	27-02-2011
		US 2010050652 A1	04-03-2010
		WO 2008087126 A1	24-07-2008
