

(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
27. Dezember 2012 (27.12.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/175270 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F01D 15/10 (2006.01) *F01D 19/00* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/059557

(22) Internationales Anmeldedatum:
23. Mai 2012 (23.05.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
11170706.3 21. Juni 2011 (21.06.2011) 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). **ENGLER, Thorsten** [DE/DE]; Schwarzer
Weg 60, 47447 Moers (DE).

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

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, 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.

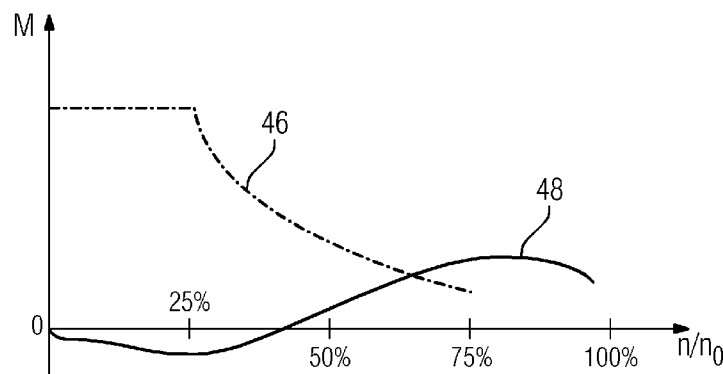
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUM ANFAHREN EINER STATIONÄREN GASTURBINE

FIG 3



(57) Abstract: The invention relates to a method for running up a stationary gas turbine (10) having a compressor (18), a turbine unit (24) and a rotor (14) which can be driven by an external rotary drive from a standstill up to a predefined rotor rotational speed, having the following steps: - rotating or driving of the rotor (14) by an external rotary drive with a drive torque, - ignition of fuel within the gas turbine (10) at a first rotor rotational speed and further operation of the combustion of the fuel which is fed continuously to the gas turbine (10) to produce a hot gas (M), wherein, during this, a gas-turbine torque which is dependent on the hot-gas flow in the turbine unit (24) and the air flow in the compressor (18) acts on the rotor (14), and - switching off of the rotary drive at a predefined rotor rotational speed, as a result of which the rotor (14) is still driven only by the hot gas (M) which is produced during the combustion. In order to achieve earlier reaching of the nominal rotational speed of the gas turbine during running up of the gas turbine (10) from a standstill or in order to reduce combustion oscillations and the pressure in the fuel supply system, it is provided according to the invention that the predefined rotor rotational speed is greater than 0.8 times the nominal rotational speed (n_0) of the rotor (14).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/175270 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)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anfahren einer stationären Gasturbine (10) mit einem Verdichter (18), einer Turbineneinheit (24) und einem Rotor (14), welcher von einem externen Drehantrieb aus dem Stand bis zu einer vorbestimmten Rotordrehzahl antreibbar ist, mit den Schritten: - Drehen bzw. Antreiben des Rotors (14) durch einen externen Drehantrieb mit einem Antriebs-Drehmoment, - Zünden von Brennstoff innerhalb der Gasturbine (10) bei einer ersten Rotordrehzahl und Weiterbetrieb der Verbrennung des der Gasturbine (10) kontinuierlich zugeführten Brennstoffs zu einem Heißgas (M), wobei währenddessen ein von der Heißgas-Strömung in der Turbineneinheit (24) und der Luft-Strömung im Verdichter (18) abhängiges Gasturbinen-Drehmoment auf den Rotor (14) einwirkt sowie - Abschalten des Drehantriebs bei einer vorbestimmten Rotordrehzahl, wodurch der Rotor (14) nur noch durch das bei der Verbrennung erzeugte Heißgas (M) angetrieben wird. Um ein frühzeitigeres Erreichen der Nenndrehzahl der Gasturbine beim Anfahren der Gasturbine (10) aus dem Stand zu erreichen oder um Verbrennungsschwingungen und den Druck im Brennstoffversorgungssystem zu verringern, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die vorbestimmte Rotordrehzahl größer ist als das 0,8-fache der Nenndrehzahl (n_0) des Rotors (14).

Beschreibung

Verfahren zum Anfahren einer stationären Gasturbine

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Anfahren einer stationären Gasturbine mit einem Verdichter, einer Turbineneinheit und einem Rotor, welcher von einem externen Drehantrieb aus dem Stand bis zu einer vorbestimmten Rotordrehzahl

10 antreibbar ist, mit den Schritten:

- Drehen des Rotors durch den externen Drehantrieb mit einem Antriebs-Drehmoment,

- Zünden von Brennstoff innerhalb der Gasturbine bei einer ersten Rotordrehzahl und Weiterbetrieb der Verbrennung des der Gasturbine kontinuierlich zugeführten Brennstoffs zu einem Heißgas, wobei währenddessen ein von der Heißgas-Strömung in der Turbineneinheit und von der Luft-Strömung im Verdichter abhängiges Gasturbinen-Drehmoment zusätzlich auf den Rotor einwirkt sowie

20

- Abschalten des Drehantriebs bei der vorbestimmten Rotordrehzahl.

Stationäre Gasturbinen und Verfahren zum Betrieb der Gasturbinen sind aus dem verfügbaren Stand der Technik in umfangreicher Art und Weise bekannt. Gasturbinen moderner Bauart, 25 welche zur Erzeugung elektrischer Energie eingesetzt werden, weisen in der Regel einen axial durchströmbaren Verdichter, eine oder mehrere Brennkammern und eine Turbineneinheit auf. Im Betrieb wird ein der Brennkammer zugeführter Brennstoff mit Hilfe der vom Verdichter verdichteten Umgebungsluft zu 30 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 35 ein Stromverteilungsnetz einspeist.

Beim Starten der Gasturbine - dem so genannten Anfahren oder Hochfahren - wird dessen Rotor mit Hilfe einer Antriebsvor-

richtung 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. 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 Verbrennung 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 synchronisiert und diesem aufgeschaltet werden.

Gemäß der DE 69513555 T2 kann für das Hochfahren des Gasturbinen-Rotors als Antriebsvorrichtung auch der Generator verwendet werden. Dazu versorgt während des Anfahrzustands ein statischer Frequenzumwandler den Generator mit elektrischer Energie, so dass dieser als Motor betrieben den Gasturbinen-Rotor beschleunigt. Nach dem Zünden der Verbrennungskammer invertiert sich der statische Frequenzumwandler, um die Übertragung der durch den Generator abgegebenen elektrischen Leistung an das Stromverteilungsnetz sicherzustellen.

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

Als Brennstoff werden dabei sowohl flüssige als auch gasförmige Brennstoffe verwendet. Zur Erzeugung einer besonders effizienten und emissionsarmen Verbrennung in der Brennkammer ist es bekannt, die Verbrennung des Haupt-Brennstoffmassenstroms durch die Pilotflamme stetig zu unterstützen. Als Pi-

lotbrennstoff wird häufig ein Brenngas, beispielsweise Erdgas verwendet.

Aufgrund der zur Erzeugung von großen Mengen an elektrischer
5 Energie erforderlichen großen Mengen an gasförmigem Brenn-
stoff sind die Brennstoffleitungssysteme der Gasturbine häufig an ein Brennstoffnetz angeschlossen, aus welchem dauerhaft der Brennstoff in der benötigten Menge über einen längeren Zeitraum entnommen werden kann. Ggf. ist zwischen dem
10 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 gewährleistet 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.
20 vom zusätzlichen Gasverdichter zu liefernde Versorgungsdruck kann sogar weit oberhalb des vom Verdichter geleisteten Druckverhältnisses liegen, da insbesondere beim Beschleunigen des Rotors auf die Nenndrehzahl und bei Lastabwurf sehr große Mengen an Pilotbrennstoff benötigt werden, um die Hauptflamme zu stabilisieren und unerwünschte thermoakustische Schwingungen sowie Flammverlöschungen sicher zu vermeiden. Pilotbrenner, welche eine vorgemischte Flamme erzeugen - so genannte Vormischpilotbrenner - weisen zudem vergleichsweise kleine Gasaustrittsbohrungen auf, welche eine weitere Erhöhung des oh-
25 nehin schon hohen Gasversorgungsdrucks erforderlich machen, um die geforderten Pilotgasmassenströme zu erreichen. Dies steht im Gegensatz zu dem Bedürfnis nach einer effizienten Betriebsmöglichkeit auch bei reduziertem Versorgungsdruck im Brennstoffnetz.

35

Aufgabe der Erfindung ist die Bereitstellung eines Verfahrens zum Anfahren einer stationären Gasturbine, welches besonders effizient und schnell durchführbar ist und bei dem die aus

dem Stand der Technik bekannten Probleme verringert oder gar vermieden werden können.

Die auf das Verfahren zum Anfahren einer stationären Gastur-
5 bine gerichtete Aufgabe wird mit einem Verfahren gemäß den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

10 Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die vorbestimmte Rotor-
drehzahl größer ist als das 0,8-fache der Nenndrehzahl n_0 des Rotors.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die Menge an
15 Pilot-Brennstoff während des Anfahrens zur Beschleunigung des Rotors auf Nenndrehzahl verringert werden kann, wenn der Rotor trotz ausreichender Strömungskräfte des Heißgases weiterhin mit Hilfe des Drehantriebs angetrieben wird. Bisher wurde nämlich mit Erreichen diesen Zustands der Hilfsantrieb
20 abgeschaltet, so dass der Rotor schon relativ frühzeitig nur noch aufgrund der Heißgasströmung weiter beschleunigte. Mit anderen Worten: der Rotor wird mit Hilfe des Drehantriebs länger als bisher angetrieben, um während des Anfahrprozesses weniger thermische Energie einsetzen zu müssen als bisher.
25 Dies hat zur Folge, dass einerseits der Versorgungsdruck im Pilotgas-Brennstoff reduziert werden kann und gleichzeitig während des Hochfahrens dadurch Verbrennungsinstabilitäten vermieden werden können. Auch kann erreicht werden, dass sich die Anfahrdauer der stationären Gasturbinen weiter verkürzt.
30 Die Nenndrehzahl des Rotors der Gasturbine kann somit eher erreicht werden, was die Verfügbarkeit der Gasturbine vergrößert und eine schnellere Bereitstellung von elektrischer Energie ermöglicht.

35 Ein weiterer Vorteil der Erfindung liegt im Verzicht auf den Einsatz von teuren und aufwändigen Komponenten zur Erhöhung des Versorgungsdrucks des Brenngases für Pilotbrenner, beispielsweise durch einen externen Gasverdichter oder einen

Druckspeicher. Zudem können Startabbrüche vermieden werden, welche infolge hoher Beschleunigung der Brennkammer auftreten können und deren Ursache ein Mangel an Pilotgas ist. Ein besonderer Vorteil der Erfindung ist, dass an bestehenden

5 Kraftwerken keine strukturellen Änderungen vorgenommen, sondern lediglich steuerungstechnische Änderungen durchgeführt werden müssen, um ein bestehendes Kraftwerk mit der Erfindung nachträglich auszurüsten. Darüber hinaus können mit dem Verfahren Emissionen während des Startens reduziert werden.

10

Vorzugsweise wird der Rotor solange vom Drehantrieb angetrieben, bis der Rotor seine Nenndrehzahl erreicht hat. Insbesondere dadurch kann die Startzeit wesentlich verkürzt werden bzw. der Versorgungsdruck im Brenngas weiter reduziert werden.

15

Vorzugsweise wird der Rotor von einem eigens dafür vorgesehenen Anfahrmotor angetrieben. Alternativ kann auch vorgesehen sein, dass der an den Rotor angekoppelte elektrische Generator, welcher im stationären Betrieb die von der Gasturbine bereitgestellte mechanische Energie in elektrische Energie umwandelt, den Gasturbinenrotor antreibt, so dass während des Anfahrens der Generator als elektrischer Motor betrieben wird. Dies hat den Vorteil, dass auf einen separaten Anfahr-

20 motor verzichtet werden kann. Im letztgenannten Fall wird die Drehzahl des Generators durch einen Anfahrumrichter vorgegeben, indem dieser den üblicherweise als Synchronmaschine ausgebildeten Generator mit einer Versorgungsspannung mit einer variablen Frequenz versorgt, welche der gewünschten Dreh-

25 zahl des Gasturbinenrotors dann entspricht.

30

Weitere Vorteile und Merkmale der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Es zeigen:

35 FIG 1 eine Gasturbine in einem Längs-Teilquerschnitt,

FIG 2 das erfindungsgemäße Verfahren in einem Blockschaltbild,

FIG 3 ein Drehzahl-Drehmoment-Diagramm des Anfahrprozesses einer stationären Gasturbine.

5 Figur 1 zeigt eine stationäre Gasturbine 10 in einem Längsteilschnitt. Die Gasturbine 10 weist im Innern einen um eine Rotationsachse 12 drehgelagerten Rotor 14 auf, der auch als Turbinenläufer bezeichnet wird. Entlang des Rotors 14 folgen aufeinander ein Ansauggehäuse 16, ein Axialturboverdichter 18, eine torusartige Ringbrennkammer 20 mit mehreren rotationssymmetrisch zueinander angeordneten Brennern 22, eine Turbineneinheit 24 und ein Abgasgehäuse 26.

Der Axialturboverdichter 18 umfasst einen ringförmig ausgebildeten Verdichterkanal 25 mit darin kaskadisch aufeinanderfolgenden Verdichterstufen aus Laufschaufel- und Leitschaufelkränzen. Die am Rotor 14 angeordneten Laufschaufeln 27 liegen mit ihren frei endenden Schaufelblattspitzen 29 einer äußeren Kanalwand 42 des Verdichterkanals 25 gegenüber. Der Verdichterkanal 25 mündet über einen Verdichterausgangsdiffusor 36 in einem Plenum 38. Darin ist die Ringbrennkammer 20 mit ihrem Verbrennungsraum 28 vorgesehen, der mit einem ringförmigen Heißgaskanal 30 der Turbineneinheit 24 kommuniziert. In der Turbineneinheit 24 sind vier hintereinander geschaltete Turbinenstufen 32 angeordnet. Am Rotor 14 ist ein Generator 40 oder eine Arbeitsmaschine angekoppelt.

Im Betrieb der Gasturbine 10 saugt der Axialturboverdichter 18 durch das Ansauggehäuse 16 als zu verdichtendes Medium Umgebungsluft 34 an und verdichtet diese. Die verdichtete Luft wird durch den Verdichterausgangsdiffusor 36 in das Plenum 38 geführt, von wo aus es in die Brenner 22 einströmt. Über die Brenner 22 gelangt auch Brennstoff in den Verbrennungsraum 28. Dort wird der Brennstoff unter Zugabe der verdichteten Luft zu einem Heißgas M verbrannt. Das Heißgas M strömt anschließend in den Heißgaskanal 30, wo es sich arbeitsleistend an den Turbinenschaufeln der Turbineneinheit 24 entspannt. Die währenddessen freigesetzte Energie wird vom Rotor 14 auf-

genommen und einerseits zum Antrieb des Axialturboverdichters 18 und andererseits zum Antrieb des elektrischen Generators 40 genutzt.

- 5 Zum Anfahren der stationären Gasturbine 10 wird gemäß der ersten Ausgestaltung der Erfindung der Generator 40 verwendet. Die Rotoren des Generators 40 und der Gasturbine 10 sind zu einem Strang starr oder über eine Kupplung oder Getriebe miteinander verbunden. Während des Anfahrverfahrens wird der
- 10 Generator 40 nicht im Generatorbetrieb, sondern im Motorbetrieb betrieben. Dazu ist ein Anfahrumschalter 42 dem Generator 40 elektrisch zuschaltbar. Der Anfahrumschalter 42 kann eine dreiphasige Wechselspannung mit beliebiger Frequenz dem Generator 40 zuführen, wobei dieser frequenzabhängig dreht.
- 15 Mit Hilfe des Anfahrumschalters 42 und des Generators 40 wird zum Anfahren der stationären Gasturbine 10 der Rotor 14 aus dem Stand angetrieben. Der Generator 40 dient dann als externer Drehantrieb. Dabei erzeugt der Generator 40 ein Antriebs-Drehmoment, welches auf den Gasturbinenrotor 14 einwirkt und
- 20 diesen beschleunigt. Dieser Schritt ist als Schritt 50 in FIG 2 dargestellt. Das von der Drehzahl abhängige Drehmoment des Antrieb-Generators 40 ist in FIG 3 in strichpunktierter Linienart gezeigt. Die Kennlinie ist mit dem Bezugszeichen 46 versehen. Die in FIG 3 dargestellt Abszisse zeigt die normierte Drehzahl n/n_0 bezogen auf die Nenndrehzahl n_0 , welche
- 25 bei einer stationären Gasturbine, die für ein 50 Hz-Netz-Betrieb vorgesehen ist, bei 3000 min^{-1} liegt.

- Der erste Verfahrensschritt 50 endet mit dem Zünden von
- 30 Brennstoff innerhalb der Gasturbine 10 bei einer ersten Rotordrehzahl. Damit beginnt auch unmittelbar der zweite Verfahrensschritt 52. Dieser beinhaltet den Weiterbetrieb der Verbrennung des der Gasturbine 10 kontinuierlich zugeführten Brennstoffs zu einem Heißgas M, wobei währenddessen ein von
- 35 der Heißgasströmung in der Turbineneinheit 24 und von der Luftströmung im Verdichter 18 abhängiges Gasturbinen-Drehmoment zusätzlich auf den Rotor 14 einwirkt. In FIG 3 zeigt

die Kennlinie 48 das Gasturbinen-Drehmoment in Abhängigkeit der normierten Drehzahl n/n_0 .

Nach dem Zünden des Brennstoffs wird der Gasturbine 10 stetig
5 eine größere Menge an Brennstoff über die Pilotbrenner und
über die Hauptbrenner zugeführt, so dass das von der Heißgas-
Strömung an den Rotor 14 in der Turbineneinheit 24 abgegebene
Drehmoment stetig zunimmt. Gleichzeitig reduziert jedoch die
Luft-Strömung im Verdichter 18 das Drehmoment, so dass auf
10 den Rotor 14 der Gasturbine 10 sich ein resultierendes, von
der Heißgasströmung in der Turbineneinheit 24 und von der
Luftströmung im Verdichter 18 abhängiges Gasturbinen-Dreh-
moment einstellt. Dessen Verlauf in Abhängigkeit von der auf
die Nenndrehzahl n_0 normierten Drehzahl n/n_0 zeigt in Figur 3
15 die Kennlinie 48.

Mit zunehmender Brennstoffmenge nimmt auch das resultierende
Gasturbinen-Drehmoment prinzipiell zu. Gemäß FIG 3 wird bei
einer normierten Drehzahl n/n_0 von etwa 40% ein positives
20 Gasturbinen-Drehmoment erzeugt, was bedeutet, dass das von
der Heißgas-Strömung in der Turbineneinheit 24 erzeugte Dreh-
moment größer ist als das Drehmoment, welches im Verdichter
10 aufgrund der Luftströmung bei der Verdichtung der Luft
diesem entgegen wirkt. Ab diesem Zeitpunkt ist die Gasturbine
25 10 prinzipiell in der Lage, durch kontinuierliche Steigerung
des Brennstoffmassenstroms den Rotor 14 weiter zu beschleuni-
gen. Da jedoch das überschüssige Drehmoment anfänglich ver-
gleichsweise gering ist, wurde bisher der Rotor 14 der Gas-
turbine 10 auch über diesen Punkt hinaus weiter vom Generator
30 40 angetrieben. Bisher war es so, dass mit Erreichen einer
vorbestimmten Rotordrehzahl, die in der Regel zwischen 50 %
und 80% der Nenndrehzahl n_0 lag, der Drehantrieb abgeschaltet
wurde, in dem der Anfahrumsrichter 42 vom Generator 40 ge-
trennt wurde. Ab diesem Zeitpunkt wurde der Rotor 14 der Gas-
35 turbine 10 allein durch das bei der Verbrennung erzeugte
Heißgas M angetrieben. Die Beschleunigung des Rotors 14 auf
Nenndrehzahl n_0 erfolgte bisher allein durch die Steigerung
des Brennstoffmassenstroms.

- Erfindungsgemäß ist nun vorgesehen, dass der Drehantrieb länger als bisher die Beschleunigung des Rotors 14 unterstützt, beispielsweise bis 90% der Rotornenndrehzahl n_0 . Vorzugsweise wird der Rotor 14 solange vom Drehantrieb angetrieben, bis der Rotor 14 die Nenndrehzahl n_0 erreicht hat. Dieser Verfahrensschritt ist in FIG 2 mit dem Bezugszeichen 54 versehen. Erst danach wird der Drehantrieb abgeschaltet.
- Demgemäß stellt im gezeigten Ausführungsbeispiel der Anfahr-umrichter 42 im erfindungsgemäßen Betrieb dem Generator 40 eine Frequenz zur Verfügung, mit der der Generator 40 den Rotor 14 bis auf Nenndrehzahl n_0 beschleunigen kann.
- Dies kann einerseits dazu genutzt werden, um die Startzeit der stationären Gasturbine 10 signifikant zu verringern. Andererseits kann gemäß einer zweiten Ausführung das Verfahren dazu verwendet werden, die Verbrennungsleistung (thermische Leistung) der Gasturbine 10 so zu reduzieren, dass die Startzeiten nicht beeinträchtigt werden. Dadurch kann jedoch der zum Start benötigte maximale Brennstoffmassenstrom reduziert werden. Die Reduzierung des Brennstoffmassenstroms ermöglicht den Betrieb der stationären Gasturbine 10 an einem Brennstoffversorgungsnetz, welches einen geringeren maximalen Brennstoffversorgungsdruck aufweist als bisher. Zudem werden damit die Anfahrmissionen begrenzt. Das Verfahren eignet sich insbesondere für gasförmige Brennstoffe.
- Insgesamt betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Anfahren einer stationären Gasturbine 10 mit einem Verdichter 18, einer Turbineneinheit 24 und einem Rotor 14, welcher von einem externen Drehantrieb aus dem Stand bis zu einer vorbestimmten Rotordrehzahl antreibbar ist, mit den Schritten:
- Drehen bzw. Antreiben des Rotors 14 durch einen externen Drehantrieb mit einem Antriebs-Drehmoment,
 - Zünden von Brennstoff innerhalb der Gasturbine 10 bei einer ersten Rotordrehzahl und Weiterbetrieb der Verbrennung des der Gasturbine 10 kontinuierlich zugeführten Brennstoffs

zu einem Heißgas M, wobei währenddessen ein von der Heißgas-Strömung in der Turbineneinheit 24 und der Luft-Strömung im Verdichter 18 abhängiges Gasturbinen-Drehmoment auf den Rotor 14 einwirkt sowie

- 5 - Abschalten des Drehantriebs bei einer vorbestimmten Rotordrehzahl, wodurch der Rotor 14 nur noch durch das bei der Verbrennung erzeugte Heißgas M angetrieben wird.

10 Um ein frühzeitigeres Erreichen der Nenndrehzahl der Gasturbine beim Anfahren der Gasturbine 10 aus dem Stand zu erreichen oder um Verbrennungsschwingungen und den Druck im Brennstoffversorgungssystem zu verringern, ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass die vorbestimmte Rotordrehzahl größer ist als das 0,8-fache der Nenndrehzahl n_0 des Rotors 14.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Anfahren einer stationären Gasturbine (10)
5 mit einem Verdichter (18), einer Turbineneinheit (24) und einem Rotor (14), welcher von einem externen Drehantrieb aus dem Stand bis zu einer vorbestimmten Rotordrehzahl antreibbar ist,
mit den Schritten,
10 - Drehen des Rotors (14) durch den externen Drehantrieb mit einem Antriebs-Drehmoment,
- Zünden von Brennstoff innerhalb der Gasturbine (10) bei einer ersten Rotordrehzahl und Weiterbetrieb der Verbrennung des der Gasturbine (10) kontinuierlich zugeführten
15 Brennstoffs zu einem Heißgas (M), wobei währenddessen ein von der Heißgas-Strömung in der Turbineneinheit (24) und der Luft-Strömung im Verdichter (18) abhängiges Gasturbinen-Drehmoment auf den Rotor (14) einwirkt sowie
- Abschalten des Drehantriebs bei der vorbestimmten Rotordrehzahl,
20 drehzahl, wonach der Rotor (14) allein durch das bei der Verbrennung erzeugte Heißgas (M) angetrieben wird,
gekennzeichnet dadurch,
dass die vorbestimmte Rotordrehzahl größer ist als das
0,8-fache der Nenndrehzahl (n_0) des Rotors (14).
25
2. Verfahren nach Anspruch 1,
bei dem die vorbestimmte Rotordrehzahl der Nenndrehzahl der Gasturbine (10) entspricht.
- 30 3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
bei dem der Rotor (14) durch einen Anfahrmotor angetrieben wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
35 bei dem der Rotor (14) durch einen an den Rotor (14) angekoppelten elektrischen Generator (40) angetrieben wird, welcher während des Anfahrens als elektrischer Motor betrieben wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4,
bei dem die Drehzahl des Generators (40) durch einen Anfahr-
umrichter (42) einstellbar ist.
- 5 6. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche,
welches zur Vermeidung von Verbrennungsinstabilitäten
durchgeführt wird.

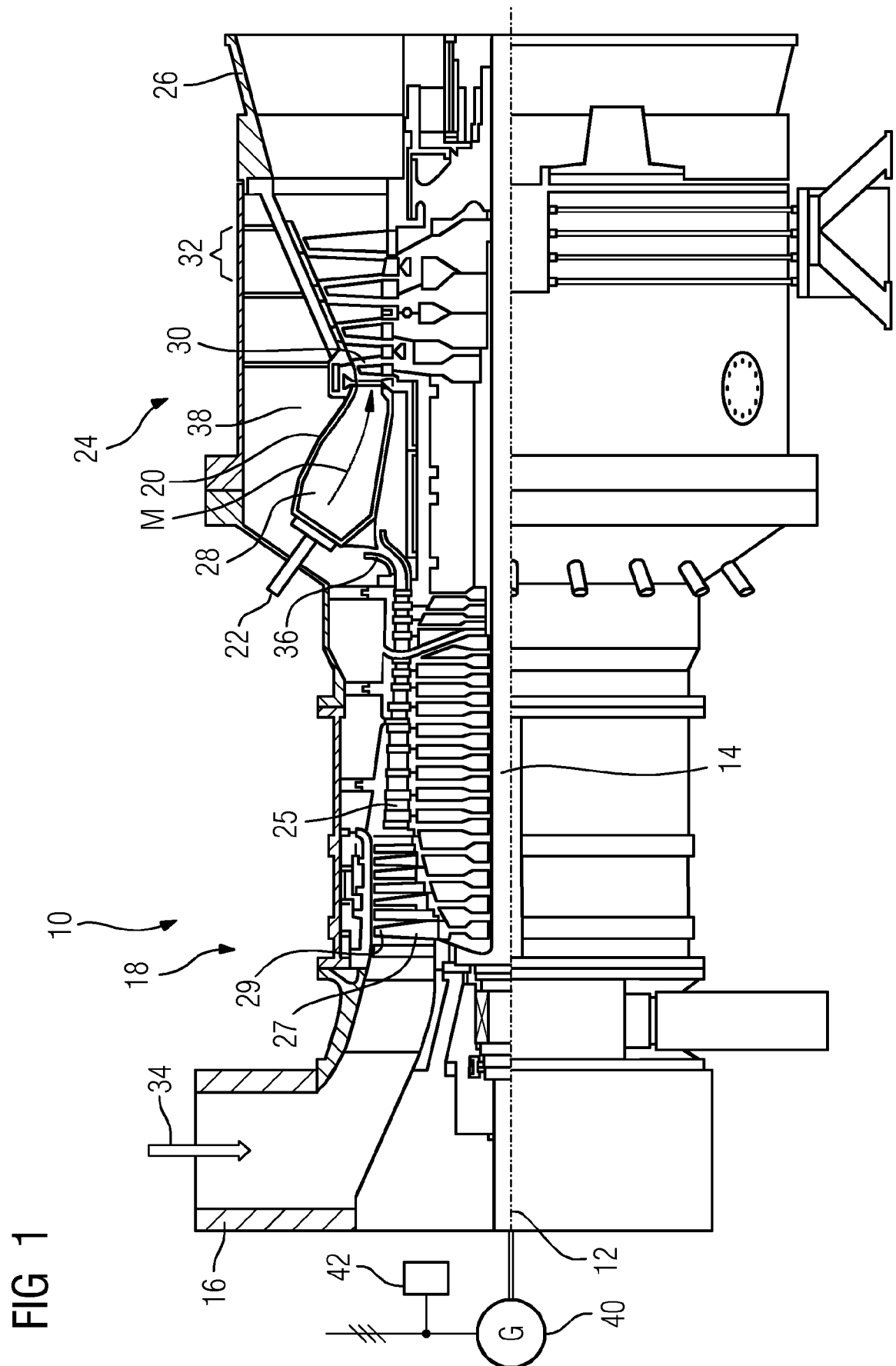


FIG 2

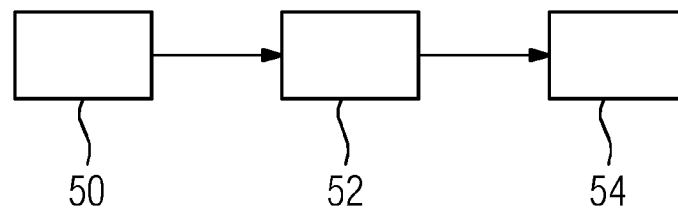
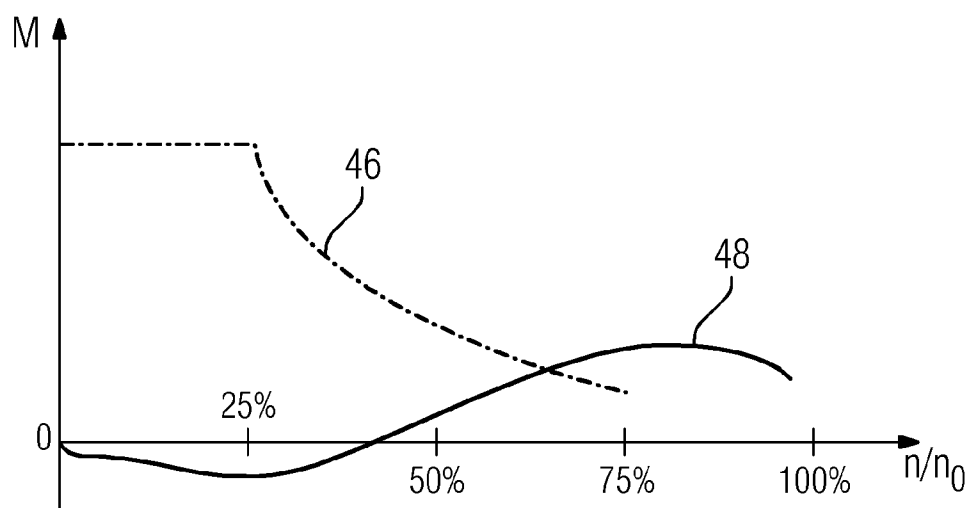


FIG 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/059557

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. F01D15/10 F01D19/00
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 H02P

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)

EP0-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 695 13 555 T2 (EUROP GAS TURBINES SA [FR]) 18 May 2000 (2000-05-18) page 7 - page 9; figure 5 -----	1-6
A	EP 2 117 108 A2 (CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD [GB]) 11 November 2009 (2009-11-11) paragraph [0023] - paragraph [0042]; figure 1 -----	1-6
A	US 3 764 815 A (HABOCK A ET AL) 9 October 1973 (1973-10-09) column 1, line 50 - column 3, line 8 -----	1-6

☐

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

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"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)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"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

"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

"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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 July 2012

Date of mailing of the international search report

12/07/2012

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

Herdemann, Claire

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/059557

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 69513555	T2	18-05-2000	DE 69513555 D1	05-01-2000
			DE 69513555 T2	18-05-2000
			EP 0677920 A1	18-10-1995
			ES 2139158 T3	01-02-2000
			FI 955932 A	29-01-1996
			FR 2718902 A1	20-10-1995
			JP H08512193 A	17-12-1996
			RU 2195763 C2	27-12-2002
			US 5694026 A	02-12-1997
			WO 9528764 A1	26-10-1995

EP 2117108	A2	11-11-2009	DE 102008023210 A1	12-11-2009
			EP 2117108 A2	11-11-2009
			US 2009278350 A1	12-11-2009

US 3764815	A	09-10-1973	CH 538216 A	15-06-1973
			DE 2110747 A1	21-09-1972
			SU 648150 A3	15-02-1979
			US 3764815 A	09-10-1973
			ZA 7201465 A	29-11-1972

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/059557

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. F01D15/10 F01D19/00
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
F01D F02C H02P

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten Gebiete fallen

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

EP0-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 695 13 555 T2 (EUROP GAS TURBINES SA [FR]) 18. Mai 2000 (2000-05-18) Seite 7 - Seite 9; Abbildung 5 -----	1-6
A	EP 2 117 108 A2 (CONVERTEAM TECHNOLOGY LTD [GB]) 11. November 2009 (2009-11-11) Absatz [0023] - Absatz [0042]; Abbildung 1 -----	1-6
A	US 3 764 815 A (HABOCK A ET AL) 9. Oktober 1973 (1973-10-09) Spalte 1, Zeile 50 - Spalte 3, Zeile 8 -----	1-6

☐

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

5. Juli 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

12/07/2012

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

Herdemann, Claire

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/059557

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 69513555	T2	18-05-2000	DE 69513555 D1	05-01-2000
			DE 69513555 T2	18-05-2000
			EP 0677920 A1	18-10-1995
			ES 2139158 T3	01-02-2000
			FI 955932 A	29-01-1996
			FR 2718902 A1	20-10-1995
			JP H08512193 A	17-12-1996
			RU 2195763 C2	27-12-2002
			US 5694026 A	02-12-1997
			WO 9528764 A1	26-10-1995

EP 2117108	A2	11-11-2009	DE 102008023210 A1	12-11-2009
			EP 2117108 A2	11-11-2009
			US 2009278350 A1	12-11-2009

US 3764815	A	09-10-1973	CH 538216 A	15-06-1973
			DE 2110747 A1	21-09-1972
			SU 648150 A3	15-02-1979
			US 3764815 A	09-10-1973
			ZA 7201465 A	29-11-1972
