

(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
7. Oktober 2010 (07.10.2010)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2010/112318 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
F02C 6/00 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2010/053171

(22) Internationales Anmeldedatum:
12. März 2010 (12.03.2010)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
00536/09 1. April 2009 (01.04.2009) CH

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **ALSTOM TECHNOLOGY LTD.** [CH/CH];
Brown Boveri Str. 7, CH-5400 Baden (CH).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **EROGLU, Adnan**
[CH/CH]; Zelglistrasse 9, CH-5417 Untersiggenthal
(CH). **KNAPP, Klaus** [DE/CH]; Riedwiesstrasse 10,
CH-5412 Gebenstorf (CH). **FLOHR, Peter** [DE/CH];
Nelkenstrasse 7, CH-5300 Turgi (CH). **KNÖPFEL, Hans**
Peter [CH/CH]; Erlenweg 12, CH-5605 Dottikon (CH).
GENG, Weiqun [CN/CH]; Zelgweg 8, CH-5405 Dättwil
(CH).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **ALSTOM TECHNOLOGY**
LTD.; CHTI Intellectual Property, Brown Boveri Str.
7/664/2, CH-5401 Baden (CH).

(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, RO, RS, RU, 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (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, SE, SI,
SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN,
GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: GAS TURBINE EXHIBITING IMPROVED PARTIAL LOAD EMISSION BEHAVIOR

(54) Bezeichnung : GASTURBINE MIT VERBESSERTEM TEILLAST-EMISSIONSVERHALTEN

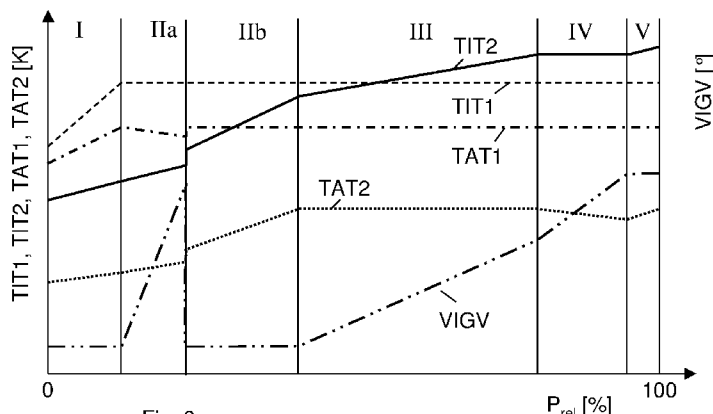


Fig. 6

(57) Abstract: The invention relates to a method for the low CO-emission partial load operation of a gas turbine having sequential combustion, wherein the air ratio (λ) of the operative burners (9) of the second combustion chamber (15) at partial load is kept below a maximum air ratio (λ_{\max}), and to a gas turbine for carrying out said method. In order to reduce the maximum air ratio (λ), a number of modifications are performed in the operating concept of the gas turbine, individually or in combination. One modification is an opening of the adjustable compressor guide vane row (14) before turning on the second combustion chamber (15). In order to turn on the second combustion chamber, the adjustable compressor guide vane row (14) is quickly closed and fuel is conducted into the burners (9) of the second combustion chamber (15) in a synchronized way. A further modification is the turning off of individual burners (9) at partial load.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2010/112318 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum CO₂-emissionsarmen Teillastbetrieb einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, wobei die Luftzahl (λ) der operativen Brenner (9) der zweiten Brennkammer (15) bei Teillast unter einer maximalen Luftzahl (λ_{\max}) gehalten wird, sowie eine Gasturbine zur Ausführung des Verfahrens. Um die maximale Luftzahl (λ) zu reduzieren, werden eine Reihe von Modifikationen im Betriebskonzept der Gasturbine einzeln oder in Kombination durchgeführt. Eine Modifikation ist ein Öffnen der verstellbaren Verdichterleitschaufelreihe (14) vor Einschalten der zweiten Brennkammer (15). Zum Einschalten der zweiten Brennkammer wird die verstellbare Verdichterleitschaufelreihe (14) schnell geschlossen und synchronisiert Brennstoff in die Brenner (9) der zweiten Brennkammer (15) eingeleitet. Eine weitere Modifikation ist das Ausschalten von einzelnen Brennern (9) bei Teillast.

Gasturbine mit verbessertem Teillast- Emissionsverhalten

5

Technisches Gebiet

Die Erfindung betrifft Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine mit sequentieller
10 Verbrennung und niedrigen CO- Emissionen.

Stand der Technik

15

Gasturbinen mit sequentieller Verbrennung sind seit geraumer Zeit erfolgreich
kommerziell im Betrieb. Bei Ihnen wird verdichtete Luft in einer ersten
Brennkammer mit Brennstoff verbrannt und eine erste, als Hochdruckturbine
bezeichnete, Turbine mit den Heisgasen beaufschlagt. Die Temperatur der aus
20 der Hochdruckturbine ausgetretenen Heissgase wird in einer zweiten
Brennkammer durch erneute Zugabe von Brennstoff und dessen Verbrennung
wieder erhöht und eine zweite, als Niederdruckturbine bezeichnete, Turbine mit
diesen Heisgasen beaufschlagt.

25 Gegenüber herkömmlichen Gasturbinen mit nur einer Brennkammer zeichnen sie
sich durch den zusätzlichen Freiheitsgrad einer getrennten Brennstoffregelung für
die erste und zweite Brennkammer aus. Diese bietet ausserdem die Möglichkeit
zunächst nur die erste Brennkammer in Betrieb zu nehmen und erst bei höherer
Last die zweite Brennkammer zuzuschalten. Dies ermöglicht ein flexibles
30 Betriebskonzept mit gutem Emissionsverhalten über einen weiten Betriebsbereich
der Gasturbine.

In den vergangenen Jahren waren die Hauptaugenmerke der Entwicklung die
Reduktion der NOx Emissionen und ein hoher Teillastwirkungsgrad. Gasturbinen
35 mit sequentieller Verbrennung, die nach bekannten Verfahren betrieben werden,

wie sie beispielsweise in der EP0718470 beschrieben sind, haben sehr niedrige NO_x Emissionen und können einen exzellenten Teillastwirkungsgrad realisieren.

Die oben erwähnten bekannten Betriebskonzepte können allerdings bei tiefer

- 5 Teillast, insbesondere im Bereich von etwa 20% bis 50% relativer Last zu hohen CO- Emissionen (Kohlenmonoxyd- Emissionen) führen.

Diese hohen CO- Emissionen werden bei tiefer Teillast typischerweise durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung verursacht.

- 10 Herkömmlich wird die zweite Brennkammer bei tiefer Teillast gezündet, wenn die verstellbaren Verdichterleitbahnen geschlossen sind und die Heissgas- oder Turbineneintrittstemperatur der Hochdruckturbinen einen oberen Grenzwert erreicht hat. Zur Zündung wird die zweite Brennkammer mit einem minimalen Brennstoffstrom versorgt, der typischerweise durch die Regelcharakteristik des
- 15 Brennstoffregelventils vorgegeben wird. Aufgrund der hohen Austrittstemperatur der ersten Turbinen kommt es zur Selbstzündung des in die zweite Brennkammer eingebrachten Brennstoffstroms. Der Brennstoffstrom wird zur Lastregelung über die Last angehoben. Solange der Brennstoffstrom klein ist, wird die Temperatur der Heissgase in der zweiten Brennkammer nicht wesentlich angehoben. Die
- 20 Reaktionsgeschwindigkeit bleibt entsprechend relativ klein und es können unverbrannte Kohlenwasserstoffe und CO aufgrund der kurzen Verweilzeit in der Brennkammer auftreten. Diese treten insbesondere bei magerer Verbrennung, das heisst bei einer Verbrennung mit hoher Luftzahl λ auf. Die Luftzahl λ ist das Verhältnis aus tatsächlich für eine Verbrennung zur Verfügung stehender
- 25 Luftmasse zur mindestens notwendigen stöchiometrischen Luftmasse. Sie wird auch als Luftverhältnis, Luftverhältniszahl oder Luftüberschuss bezeichnet.

Im Rahmen eines flexiblen Kraftwerksbetriebes wird jedoch zunehmend auch die Möglichkeit gefordert, längere Betriebsperioden bei tiefer Teillast zu fahren. Ein

- 30 längerer Betrieb bei tiefer Teillast kann nur realisiert werden, wenn auch die CO- Emissionen auf einem tiefen Level bleiben. Herkömmlich wird zur Reduktion der CO- Emissionen ein CO Katalysator verwendet. Neben hohen Anschaffungskosten führen diese zu Druckverlusten im Abgassystem der Gasturbine und damit verbunden Leistungs- und Wirkungsgradeinbussen.

5

Darstellung der Erfindung

Der vorliegenden Erfindung ist die Aufgabe gestellt, ein Verfahren zum Betrieb einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie eine Gasturbine mit
10 sequentieller Verbrennung vorzuschlagen, die einen Betrieb mit reduzierten CO-Emissionen ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch den Gegenstand der unabhängigen Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen sind Gegenstand der
15 abhängigen Ansprüche

Der Kern der Erfindung ist ein Verfahren zum Betrieb der Gasturbine, welches die Luftzahl λ der sich in Betrieb befindlichen Brenner der zweiten Brennkammer im Teillastbetrieb unter einer maximalen Luftzahl λ_{\max} hält. Dieses Verfahren zeichnet
20 sich im wesentlichen durch drei neue Elemente sowie ergänzenden Massnahmen aus, die einzeln oder in Kombination durchgeführt werden können.

Die maximale Luftzahl λ_{\max} hängt dabei von den einzuhaltenden CO-Emissionsgrenzen, dem Design des Brenners und der Brennkammer sowie den
25 Betriebsbedingungen, das heisst insbesondere der Brennereintrittstemperatur, ab.

Das erste Element ist eine Änderung in der Fahrweise der verstellbaren Verdichterleitreihe, welche es erlaubt, die zweite Brennkammer erst bei höherer
30 Teillast in Betrieb zu nehmen. Ausgehend von Leerlaufbetrieb wird die verstellbare Verdichterleitreihe bereits geöffnet, während nur die erste Brennkammer in Betrieb ist. Dies erlaubt ein Auflasten zu einer höheren relativen

Last, bevor die zweite Brennkammer in Betrieb gesetzt werden muss. Wenn die verstellbare Verdichterleitreihe geöffnet ist und die Heissgas- oder

Turbineneintrittstemperatur der Hochdruckturbine ein Limit erreicht hat, wird die zweite Brennkammer mit Brennstoff versorgt. Weiter wird die verstellbare

5 Verdichterleitreihe schnell geschlossen. Das Schliessen der verstellbaren

Verdichterleitreihe bei konstanter Turbineneintrittstemperatur TIT der

Hochdruckturbine würde ohne Gegenmassnahmen zu einer deutlichen Reduktion der relativen Leistung führen. Um diese Leistungsreduktion zu vermeiden, kann

der Brennstoffmassenstrom, der in die zweite Brennkammer eingeleitet wird,

10 erhöht werden. Die minimale Last, bei der die zweite Brennkammer in Betrieb genommen wird, und der minimale Brennstoffstrom in die zweite Brennkammer werden damit deutlich angehoben. Damit wird auch die minimale

Heissgastemperatur der zweiten Brennkammer angehoben, die Luftzahl λ

reduziert und somit die CO- Emissionen reduziert.

15

Um ein gleichmässiges Auflasten, das heisst eine Erhöhung der Leistung der Gasturbine mit praktisch konstantem Gradienten zu ermöglichen, wird das

Schliessen der Verdichterleitreihe bei konstanter Turbineneintrittstemperatur TIT der Hochdruckturbine durchgeführt, sobald die verstellbare Verdichterleitreihe

20 geöffnet ist und die Heissgas- oder Turbineneintrittstemperatur der

Hochdruckturbine das Limit erreicht hat. Weiter wird das Schliessen der

verstellbaren Verdichterleitreihe mit der Brennstoffversorgung der zweiten Brennkammer synchronisiert, d.h. beide Vorgänge gleichzeitig oder mit einer

leichten Zeitverzögerung zueinander durchgeführt.

25

Als verstellbare Verdichterleitreihe ist mindestens eine Leitschaufelreihe

bezeichnet, die zur Regelung des Ansaugmassenstroms des Verdichters in Ihrem Anstellwinkel verstellbar ist. Bei modernen Verdichtern ist typischerweise

mindestens die Verdichtervorleitreihe verstellbar. In der Regel sind zwei oder

30 mehr Leitreihen verstellbar.

Das Limit der Turbineneintrittstemperatur TIT der Hochdruckturbine wird auch als Teillastlimit bezeichnet. Es ist in der Regel kleiner oder gleich dem Vollastlimit, wobei das Vollastlimit die maximale Turbineneintrittstemperatur bei Vollast ist.

- 5 Bei dem Ablasten wird das Verfahren umgekehrt, das heisst, die Last wird bei geschlossener verstellbarer Verdichterleitreihe durch Reduktion des in die zweite Brennkammer zugeführten Brennstoffmassenstroms gesenkt bis ein geeigneter Grenzwert der relativen Last, der TIT der Niederdruckturbine, der TAT der Niederdruckturbine, des Brennstoffmassenstroms der zweiten Brennkammer oder
- 10 eines anderen geeigneten Parameters oder einer Kombination von Parametern erreicht ist. Sobald dieser Grenzwert erreicht ist, wird die Brennstoffzufuhr in die zweite Brennkammer gestoppt und die verstellbare Verdichterleitreihe schnell geöffnet.
- 15 Um ein wiederholtes Zu- und Abschalten der zweiten Brennkammer mit dem damit verbunden Öffnen und Schliessen der verstellbaren Verdichterleitreihe zu vermeiden, kann der Grenzwert, der das Ausschalten der zweiten Brennkammer auslöst, mit einer Hysterese versehen werden. Dass heisst, die relative Last, bei der die zweite Brennkammer abgeschaltet wird, ist tiefer als die, bei der sie
- 20 zugeschaltet wird.

- Idealerweise wird die TIT der ersten Brennkammer bei dem schnellen Schliessen oder Öffnen der verstellbaren Verdichterleitreihe durch den Regler konstant gehalten. Praktisch kann es jedoch durch das schnelle Schliessen der
- 25 verstellbaren Verdichterleitreihe und durch das Ein- oder Ausschalten der zweiten Brennkammer zu einem Überschwingen der TIT der Hochdruckturbine kommen. Um dies zu vermeiden, ist in einer Ausführung eine Vorsteuerung des Brennstoffregelventils der ersten Brennkammer vorgeschlagen. Bei dem schnellen Schliessen der verstellbaren Verdichterleitreihe wird das
- 30 Brennstoffregelventil der ersten Brennkammer durch die Vorsteuerung entsprechend etwas geschlossen. Analog wird bei dem schnellen Öffnen der

verstellbaren Verdichterleitreihe das Brennstoffregelventil durch die Vorsteuerung entsprechend etwas geöffnet.

Das zweite Element zur Reduktion der Luftzahl λ ist eine Änderung in der

- 5 Fahrweise durch Anheben der Turbinenaustrittstemperatur der Hochdruckturbinen TAT1 und/ oder der Turbinenaustrittstemperatur der Niederdruckturbinen TAT2 im Teillastbetrieb. Diese Anhebung erlaubt es das Öffnen der verstellbaren Verdichterleitreihe zu einem höheren Lastpunkt zu verschieben.
- 10 Herkömmlich ist die maximale Turbinenaustrittstemperatur der zweiten Turbinen für den Vollastfall bestimmt und die Gasturbine und eventuell nachgeschaltete Abhitzeessel entsprechend dieser Temperatur ausgelegt. Dies führt dazu, dass bei Teillastbetrieb mit geschlossener verstellbarer Verdichterleitreihe die maximale Heissgastemperatur der zweiten Turbinen nicht durch die TIT2
- 15 (Turbineneintrittstemperatur der zweiten Turbinen) begrenzt ist, sondern durch die TAT2 (Turbinenaustrittstemperatur der zweiten Turbinen). Da bei Teillast mit geschlossener, mindestens einer verstellbaren Verdichterleitreihe der Massenstrom und damit das Druckverhältnis über die Turbinen reduziert wird, wird auch das Verhältnis von Turbineneintritts- zu Turbinenaustrittstemperatur
- 20 reduziert. Entsprechend wird bei konstanter TAT2 auch die TIT2 reduziert und liegt meist deutlich unter dem Vollastwert. Eine vorgeschlagene leichte Erhöhung der TAT2 über das Vollastlimit hinaus, typischerweise in der Grössenordnung von 10°C bis 30°C, führt zwar zu einem Anstieg der TIT2, diese bleibt aber unter dem Vollastwert und kann praktisch ohne oder ohne wesentliche
- 25 Lebensdauereinbussen realisiert werden. Anpassungen in der Auslegung oder in der Materialwahl werden nicht nötig oder können typischerweise auf die Abgasseite beschränkt werden. Zur Erhöhung der TIT2 wird die Heissgastemperatur erhöht, was durch eine Erhöhung des Brennstoffmassenstroms und einer damit verbundenen Reduktion der Luftzahl
- 30 λ realisiert wird. Entsprechend werden die CO- Emissionen reduziert.

Eine weitere Möglichkeit, die Luftzahl λ der sich in Betrieb befindlichen Brenner zu reduzieren, ist das Ausschalten von einzelnen Brennern und Umverteilen des Brennstoffes bei konstanter TIT2.

- 5 Um die TIT2 im Mittel konstant zu halten, müssen die in Betrieb befindlichen Brenner entsprechend der Anzahl der abgeschalteten Brenner heisser betrieben werden. Dazu wird die Brennstoffzufuhr angehoben und damit die lokale Luftzahl λ reduziert.
- 10 Als Turbineneintrittstemperatur wird beispielsweise eine theoretische Mischungstemperatur der Heissgase und aller Kühlluftmassenströme nach ISO 2314 / 1989 benutzt. Es kann aber beispielsweise auch mit der Heissgastemperatur vor Eintritt in die Turbine, oder der sogenannten „Feuerungstemperatur“, einer Mischtemperatur nach der ersten
- 15 Turbinenleitschaufel, benutzt werden

Ausgehend von hoher Last, bei der alle Brenner der zweiten Brennkammer in Betrieb sind, sind verschiedene Fahrweisen möglich bei denen beispielsweise umgekehrt proportional zur Last Brenner ausgeschaltet werden.

20

- Für einen auf CO- Emissionen optimierten Betrieb wird bei einer Gasturbine mit Trennebene typischerweise zunächst an die Trennebene angrenzender Brenner ausgeschaltet. Als Trennebene wird dabei die Ebene bezeichnet, in der ein Gehäuse typischerweise in obere und untere Hälfte geteilt ist. Die jeweiligen
- 25 Gehäusehälften sind in der Trennebene beispielsweise mit einem Flansch verbunden.

- In Folge werden danndessen Nachbarbrenner ausgeschaltet oder ein auf der gegenüber liegenden Seite der Brennkammer an die Trennebene angrenzender
- 30 Brenner ausgeschaltet und in Folge immer abwechselnd die Nachbarbrenner

alternierend auf beiden Seiten der Brennkammer ausgehend von der Trennebene.

Es wird bevorzugt zunächst ein an die Trennebene angrenzender Brenner ausgeschaltet, da die Trennebene einer Gasturbine typischerweise nicht absolut dicht ist und meist ein Leckagestrom zu einer leichten Abkühlung und Verdünnung der Brenngase und damit lokal erhöhten CO- Emissionen führt. Durch Abschalten der an die Trennebene angrenzenden Brenner werden diese lokalen CO- Emissionen vermieden.

Als Kompromiss muss durch das Abschalten einzelner Brenner aber in Kauf genommen werden, dass mindestens zwei Brenner mit kalten, nicht betriebenen Nachbarbrennern arbeiten. Jede Grenze zu einem kalten Nachbarbrenner führt potentiell zu erhöhten CO- Emissionen, weshalb die Anzahl von Gruppen kalter Brenner zu minimieren ist. Abhängig von dem Design der Gasturbine, insbesondere von den Leckagen im Bereich der Trennebene, kann eine einzelne Gruppe abgeschalteter Brenner, zwei auf beiden Seiten der Trennebene angeordnete Gruppen abgeschalteter Brenner oder eine Vielzahl von Gruppen abgeschalteter Brenner vorteilhaft sein.

Eine weitere Möglichkeit die Luftzahl λ zu reduzieren ist ein geregeltes „Staging“. Homogene Verbrennungsvorgänge können in Ringbrennkammern zu Pulsationen führen. Dies werden bei hoher Last typischerweise durch ein sogenanntes „Staging“ vermieden. Unter Staging versteht man das Abblenden der Brennstoffzufuhr in mindestens einen Brenner. Dazu wird eine Blende oder ein anderes Drosselement in die Brennstoffleitung des mindestens einen abzublendenden Brenner fest eingebaut. Die Luftzahl λ des mindestens einen abgeblendeten Brenners wird entsprechend der reduzierten Brennstoffmenge für alle Betriebszustände grösser. Bei hoher Last führt dies zu einer gewünschten Inhomogenität in der Ringbrennkammer. Bei tiefer Last führt diese Inhomogenität jedoch zu einem überproportionalen Anstieg der CO Produktion des mindestens

einen abgeblendeten Brenners. Die Verbrennungsinstabilitäten, die durch das Staging vermieden werden sollen, treten in der Regel bei der tiefen Last nicht mehr auf oder sind vernachlässigbar klein. In einem Ausführungsbeispiel wird deshalb vorgeschlagen, die Abblendung nicht durch eine feste Blende

- 5 durchzuführen, sondern durch mindestens ein Regelventil. Dies mindestens eine Regelventil wird bei tiefer Last geöffnet, damit alle eingeschalteten Brenner quasi homogen mit einer tiefen Luftzahl λ betrieben werden können. Bei hoher Last wird das mindestens eine Regelventil androsselt, um das Staging zu realisieren.
- 10 Das mindestens eine Regelventil kann in die Zuleitung von Einzelbrennern angeordnet sein. Alternativ können die Brenner auch in mindestens zwei Gruppen mit je einem Regelventil und je einer Ringleitung zur Verteilung des Brennstoffes zusammengefasst werden.
- 15 In einer weiteren Ausführung wird zur Reduktion der Luftzahl λ bei Teillast Verdichterendluft oder Verdichter- Abzapfluft (auch Bleed-Luft genannt) entspannt und der Ansaugluft zugemischt. Dies kann beispielsweise durch Einschalten eines sogenannten „Anti- Icing Systems“, bei dem Luft aus dem Verdichterplenum in die Ansaugluft zur Erhöhung der Ansaugtemperatur zugemischt wird, realisiert
- 20 werden. Die Abzweigung von Verdichterluft führt zu einer Reduktion der durch die Brennkammer strömenden Luftmenge. Ausserdem wird die auf die Gesamtleistung der Gasturbine bezogene Verdichterarbeit erhöht. Um die erhöhte Leistungsaufnahme des Verdichters zu kompensieren, muss die Turbinenleistung und damit die Brennstoffmenge erhöht werden. Beides führt zu einer Reduktion
- 25 der Luftzahl λ und damit einer Reduktion der CO- Emissionen.

Weitere Möglichkeiten die CO- Emissionen zu reduzieren, eröffnen sich durch eine Regelung der Kühlluftmassenströme und/ oder der Kühllufttemperatur.

- 30 Bei Teillast kann beispielsweise die TIT1 reduziert werden. Entsprechend der reduzierten Heissgastemperatur werden die Heissgasteile kühler und die

Kühlleistung kann durch eine Reduktion des Hochdruck- Kühlluftmassenstroms und/ oder Erhöhung der Hochdruck- Kühllufttemperatur nach Kühlluftkühler reduziert werden. Entsprechend der reduzierten Kühlleistung werden durch Kühlluft und Kühlluftleckagen verursachte kalte Strähnen oder Strömungsgebiete reduziert. Folglich wird das Temperaturprofil bei Eintritt in die zweite Brennkammer homogener. Mit dem homogenen Eintrittsprofil wird ein lokales Abkühlen der Flamme vermieden und damit die CO- Emissionen reduziert.

Entsprechend kann bei Teillast mit reduzierter TIT2 die Niederdruck- Kühlleistung durch eine Reduktion des Niederdruck- Kühlluftmassenstroms und/ oder Erhöhung der Niederdruck- Kühllufttemperatur nach Kühlluftkühler reduziert werden. Durch die reduzierte Kühlleistung werden direkt kalte Bereiche in der Brennkammer entschärft, dass heisst relativ zur Heissgastemperatur warme und kalte Strähnen reduziert und entsprechend die CO- Emissionen reduziert.

Alternativ kann je nach Kühlluftsystem die Niederdruck- Kühlluftmenge angehoben werden. Wenn ein grosser Teil der Niederdruck- Kühlluft in die zweite Turbine eingeleitet wird, kann damit der Luftmassenstrom durch die Brenner und Brennkammer reduziert werden. Die Luftzahl λ wird damit reduziert und eine Reduktion der CO- Emissionen kann erreicht werden.

Um das Niederdruck- Kühlluftsystem effektiv als Bypass für die Brennkammern, insbesondere als Bypass für die zweite Brennkammer nutzen zu können, ist in einer Ausführung der Erfindung eine Aufteilung des Niederdruckkühlluftsystems in einen Teil für die zweite Brennkammer und einen Teil für die zweite Turbine vorgeschlagen. Dabei ist der Kühlluftstrom für zumindest ein Teilsystem regelbar ausgeführt. Idealerweise sind beide Teilsysteme regelbar, so dass bei Teillast der Kühlluftmassenstrom in die Brenner und die Brennkammer reduziert wird während gleichzeitig der Kühlluftmassenstrom in die zweite Turbine erhöht wird.

Diese Regelung des K hlluftsystems wird typischerweise in Abhängigkeit der Last oder relativen Last durchgeführt. Eine Regelung in Abhängigkeit der Stellung der Verdichtervorleitreihe, des Verdichteraustrittsdruckes, der TIT1, TIT2 oder eines anderen geeigneten Parameters sowie einer Kombination aus Parametern ist ebenfalls möglich.

Anstelle einer Regelung der Kühlluftmassenströme und/ oder Kühllufttemperatur kann beispielsweise auch eine Steuerung in Abhängigkeit von den selben Parametern oder Parameterkombinationen angewandt werden.

In einer weiteren Ausführung wird die Brennstofftemperatur, auf die der Brennstoff in einem Vorwärmer angehoben wird, in Abhängigkeit der Last geregelt. Zur Reduktion der CO- Teillastemissionen wird die Brennstofftemperatur bei Teillast angehoben. Durch Erhöhung der Brennstofftemperatur steigt die Reaktionsgeschwindigkeit und die Flamme wandert stromauf. Dies führt zu einer stabileren Flamme mit besserem Ausbrand und entsprechend reduzierten CO-Emissionen.

Diese Regelung der Brennstofftemperatur wird typischerweise in Abhängigkeit der Last oder relativen Last durchgeführt. Eine Regelung in Abhängigkeit der Stellung der Verdichtervorleitreihe, des Verdichteraustrittsdruckes, der TIT1, TIT2 oder eines anderen geeigneten Parameters sowie einer Kombination aus Parametern ist ebenfalls möglich.

Anstelle einer Regelung der Brennstofftemperatur kann beispielsweise auch eine Steuerung in Abhängigkeit von den selben Parametern oder Parameterkombinationen angewandt werden.

Neben dem Verfahren ist eine Gasturbine zur Durchführung des Verfahrens Gegenstand der Erfindung. Je nach gewähltem Verfahren oder Kombination von Verfahren muss die Auslegung der Gasturbine angepasst werden und/ oder das

Brennstoffverteilsystem und/ oder das Kühlluftsystem angepasst werden, um die Durchführbarkeit des Verfahrens zu gewährleisten.

Um das Abschalten einzelner Brenner bei Teillast zu ermöglichen, ist in
5 mindestens eine Brennstoffleitung zu mindestens einem Brenner der zweiten Brennkammer ein Einzelschaltventil vorzusehen.

Um ein lastabh ngiges Staging zu realisieren, ist in mindestens eine Brennstoffleitung zu mindestens einem Brenner der zweiten Brennkammer ein
10 Regelventil vorzusehen. Alternativ kann das Brennstoffverteilsystem in mindestens zwei Teilgruppen von Brennern mit zugehöriger Brennstoffverteilung aufgeteilt werden. Wobei jede Teilgruppe ein Brennstoffregelventil sowie eine Brennstoffringleitung zur Verteilung des Brennstoffes an die Brenner der jeweiligen Teilgruppe beinhaltet.

15 Um ein  ffnen der verstellbaren Verdichterleitreihe zu ermöglichen, ist eine Überprüfung des Pumpabstandes des Hochdruckverdichters und gegebenenfalls eine Anpassung des Druckaufbaus im Verdichter, beispielsweise durch umstaffeln der Beschaukelung, durchzuführen.

20 Um eine Erhöhung der Teillast- Turbinenaustrittstemperatur zu realisieren ist mindestens der Turbinenaustritt und die Abgasleitungen für eine Turbinenaustrittstemperatur auszulegen, die höher als die maximale Vollastabgastemperatur ist.

25 Um eine Regelung der Kühlluftmassenströme und Temperaturen zu realisieren, sind der oder die Kühlluftkühler regelbar auszuführen und Regelventile für die K hlluftsysteme vorzusehen. Weiter sind die Systeme im Rahmen des erweiterten Betriebsbereiches für erhöhte K hlluftstr me und eine erhöhte Maximaltemperatur
30 nach dem K hler auszulegen.

Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen beschrieben und ergeben sich aus der Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen. Alle erläuterten Vorteile sind nicht nur in den jeweils angegebenen Kombinationen, sondern auch in anderen Kombinationen oder Alleinstellung
5 verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen.

Eine Ausführung zeichnet sich beispielsweise durch eine Abstimmung verschiedener Komponenten zur Reduktion der lokal auftretenden Luftzahl λ aus. Alle Bauteile einer Gasturbine liegen im Bereich zulässiger Toleranzen. Diese
10 Toleranzen führen für jede Komponente zu leicht unterschiedlichen Geometrien und Eigenschaften. Dies führt im Betrieb insbesondere auch zu unterschiedlichen Druckverlusten und Durchflüssen. Die Toleranzen sind so gewählt, dass sie im Normalbetrieb, insbesondere bei hoher Teillast und Volllast, praktisch keinen Einfluss auf das Betriebsverhalten haben. Bei Teillast mit hoher Luftzahl λ wird
15 die Brennkammer aber unter Bedingungen betrieben, bei denen schon kleine Störungen einen signifikanten Einfluss auf die CO- Emissionen haben können. Wenn beispielsweise eine Brennstofflanze mit tiefer Durchflusszahl in einen Brenner mit grosser Querschnittsfläche eingebaut wird, kann diese Kombination zu einer Erhöhung der lokalen Luftzahl λ führen, die zu einer lokal erhöhten CO
20 Produktion führt. Um dies zu vermeiden, wird ein Abstimmen von Komponenten zur Reduktion der lokal auftretenden Luftzahl λ vorgeschlagen. Dazu werden die Geometrien und/ oder Durchflusskoeffizienten der verschiedenen Bauteile gemessen und Teile mit hohen Durchflüssen und Teile mit tiefen Durchflüssen innerhalb der zweiten Brennkammer kombiniert.

25 Eine Brennerlanze ist ein Beispiel für eine Brennstoffzuführung in einen Brenner einer zweiten Brennkammer. Diese ist hier und im weiteren beispielhaft aufgeführt. Die Ausführungsbeispiele gelten genauso für andere Arten der Brennstoffzufuhr, wie zum Beispiel Rohre oder Profile mit Brennstoffdüsen.

30 Typisches Beispiel ist der Einbau von Brennerlanzen mit hohem Durchfluss in Brenner mit grossem Querschnitt und entsprechend tiefem Druckverlust.

Eine weitere Optimierungsmöglichkeit bietet sich durch die Abstimmung von
35 zweiter Brennkammer auf die erste Brennkammer. Hierbei wird in der Regel ein Bauteil mit hohem Durchfluss in der ersten Brennkammer mit einem Bauteil mit tiefem Durchfluss in der zweiten Brennkammer kombiniert.

Beispielsweise wird nach einem Brenner der ersten Brennkammer, der einen hohen Brennstoffdurchfluss hat, eine Brennerlanze mit tiefem Durchfluss angeordnet. Der lokal hohe Durchfluss in der ersten Brennkammer führt zu einer

5 lokal hohen Austrittstemperatur aus der ersten Brennkammer und damit zu einer lokal erhöhten Eintrittstemperatur in den stromab liegenden Brenner der zweiten Brennkammer. Entsprechend der erhöhten Eintrittstemperatur für diesen Brenner, ist die Reaktionsgeschwindigkeit von in ihn eingespritzten Treibstoff höher als im

10 Durchschnitt aller Brenner. Er kann daher mit einer lokal höheren maximalen Luftzahl λ_{\max} betrieben werden. An dieser Position kann zur Abstimmung an die erste Brennkammer eine Lanze mit kleinem Durchflusskoeffizienten eingebaut werden.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

- 5 Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in den Fig. 1 bis 11 schematisch dargestellt.

Es zeigen schematisch:

- 10 Fig. 1 eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung,

Fig. 2 einen Schnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie das Brennstoffverteilsystem mit einer Brennstoffringleitung und acht Einzelschaltventilen zum Abblenden von acht
15 Brennern,

Fig. 3 einen Schnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie das Brennstoffverteilsystem mit einer Brennstoffringleitung und vier Einzelregelventilen zur Regelung des
20 Brennstoffstroms von vier Brennern,

Fig. 4 einen Schnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie das Brennstoffverteilsystem mit zwei getrennt regelbaren Teilgruppen und zwei Brennstoffringleitungen,
25

Fig. 5 ein herkömmliches Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung,

Fig. 6 ein Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung,
30 bei dem während des Auflastens während des Betriebs mit nur der ersten Brennkammer die verstellbare Verdichterleitreihe geöffnet wird, bis sie beim Zuschalten der zweiten Brennkammer schlagartig geschlossen wird,

Fig. 7 ein Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung,
35 bei dem während des Auflastens nach Zuschalten der zweiten Brennkammer die TAT Begrenzungen über das Volllastlimit angehoben werden,

Fig. 8 einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der alle Brenner im Betrieb sind,

5 Fig. 8a einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je die an die Trennebene angrenzenden Brenner ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner in Betrieb sind,

10 Fig. 8b einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je zwei an die Trennebene angrenzenden Brenner ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner in Betrieb sind,

15 Fig. 9a einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der rechts ein an die Trennebene angrenzender Brenner ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner in Betrieb sind,

20 Fig. 9b einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je ein an die Trennebene angrenzender Brenner ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner in Betrieb sind,

25 Fig. 10 einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der drei Gruppen von Brennern ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner in Betrieb sind,

Fig. 11 einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der eine Gruppe von Brennern ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner in Betrieb sind.

30

Ausführung der Erfindung

5

Fig. 1 zeigt eine Gasturbine mit sequentieller Verbrennung zur Durchführung des erfindungsgemässen Verfahrens. Sie besteht aus einem Verdichter 1, einer ersten Brennkammer 4, einer ersten Turbine 7, einer zweiten Brennkammer 15 und einer zweiten Turbine 12. Typischerweise umfasst sie einen Generator 19, der am kalten Ende der Gasturbine, dass heisst am Verdichter 1 an eine Welle 18 der Gasturbine angekuppelt ist.

Ein Brennstoff, Gas oder Öl, wird über eine Brennstoffzuführung 5 in die erste Brennkammer 4 eingeleitet, mit im Verdichter 1 verdichteter Luft vermischt und verbrannt. Die Heissgase 6 werden unter Arbeitsabgabe in der nachfolgenden ersten Turbine 7 teilentspannt.

Sobald die zweite Brennkammer in Betrieb ist, wird den teilentspannten Gasen 8 in Brennern 9 der zweiten Brennkammer 15 über eine Brennstoffzuführung 10 weiterer Brennstoff zugemischt und in der zweiten Brennkammer 15 verbrannt. Die Heissgase 11 werden unter Arbeitsabgabe in der nachfolgenden zweiten Turbine 12 entspannt. Die Abgase 13 können nutzbringend einem Abhitzekessel eines Kombikraftwerkes oder einer anderen Abwärmenutzung zugeführt werden.

Zur Regelung des Ansaugmassenstroms verfügt der Verdichter 1 über mindestens eine verstellbare Verdichterleitreihe 14.

Um die Temperatur der Ansaugluft 2 anheben zu können, ist eine Anti- Icing Leitung 26 vorgesehen durch die ein Teil der verdichteten Luft 3 der Ansaugluft 2 zugeführt werden kann. Zur Regelung ist ein Anti- Icing Regelventil 25 vorgesehen. Dies wird herkömmlich an kalten Tagen mit hoher relativer Luftfeuchte in der Umgebungsluft eingeschaltet, um einer Vereisungsgefahr des Verdichters vorzubeugen.

Ein Teil der verdichteten Luft 3 wird als Hochdruckkühlluft 22 abgezweigt, über einen Hochdruck- Kühlluftkühler 35 rückgekühlt und der ersten Brennkammer 4 (Kühlluftleitung nicht dargestellt) und der ersten Turbine als Kühlluft 22 zugeführt.

Der Massenstrom der Hochdruckkühlluft 22, der der Hochdruckturbine 7 zugeführt wird, kann in dem Beispiel durch ein Hochdruckkühlluft- Regelventil 21 geregelt werden.

- 5 Ein Teil Hochdruckkühlluft 22 wird als sogenannte Trägerluft 24 in die Brennerlanzen der Brenner 9 der zweiten Brennkammer 15 zugeführt. Der Massenstrom der Trägerluft 24 kann durch ein Trägerluft- Regelventil 17 geregelt werden.
- 10 Aus dem Verdichter 1 wird ein Teil der Luft teilverdichtet abgezweigt, über einen Niederdruck- Kühlluftkühler 36 rückgekühlt und der zweiten Brennkammer 15 und der zweiten Turbine als Kühlluft 23 zugeführt. Der Massenstrom der Kühlluft 23 kann in dem Beispiel durch ein Kühlluft- Regelventil 16 geregelt werden.
- 15 Die Brennkammern sind beispielsweise als Ringbrennkammern mit einer Vielzahl von Einzelbrennern 9 ausgeführt, wie es in Fig. 2 und 3 am Beispiel der zweiten Brennkammer 15 gezeigt ist. Jeder dieser Brenner 9 wird über ein Brennstoffverteilsystem und Brennstoffzuführung 10 mit Brennstoff versorgt.
- 20 Fig. 2 einen Schnitt durch die zweite Brennkammer 15 mit Brennern 9 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie das Brennstoffverteilsystem mit einer Brennstofffringleitung 30 und acht Einzelschaltventilen 37 zum Ausschalten von acht Brennern 9. Durch Schliessen von Einzelschaltventilen 37 wird die Brennstoffzufuhr zu einzelnen Brennern 9 gestoppt und dieser auf die
- 25 verbleibenden Brenner verteilt, wobei der Gesamtbrennstoffmassenstrom über ein Regelventil 28 geregelt wird. Damit wird der die Luftzahl λ der für die in Betrieb befindlichen Brenner 9 reduziert.
- Fig. 3 zeigt einen Schnitt durch die zweite Brennkammer 15 sowie ein
- 30 Brennstoffverteilsystem mit einer Brennstofffringleitung 30 und Brennstoffzuführungen 10 zu den einzelnen Brennern 9. In dem Beispiel sind vier Brenner 9 mit Einzelregelventilen 27 zur Regelung des Brennstoffstroms in den Brennstoffzuführungen 10 der jeweiligen Brenner 9 versehen. Der Gesamtbrennstoffmassenstrom wird über ein Regelventil 28 geregelt. Die
- 35 getrennte Regelung des Brennstoffmassenstroms zu den vier Brennern 9 mit Einzelregelventil 27 erlaubt ein Staging. Die vier Einzelregelventile sind bei tiefer Teillast voll geöffnet, damit in alle Brenner 9 der zweiten Brennkammer 15

gleichmässig Brennstoff eingebracht wird, so dass alle Brenner 9 zur Minimierung der CO- Emissionen mit der gleichen Luftzahl λ betrieben werden. Mit steigender relativer Last, insbesondere wenn beispielsweise oberhalb von 70% relativer Last erhöhte Pulsationen auftreten können, werden die Einzelregelventile 27 leicht
5 geschlossen, um ein Staging zu realisieren und damit die Verbrennung zu stabilisieren. Dabei wird die Luftzahl λ der über die leicht geschlossenen Einzelregelventile 27 versorgten Brenner 9 erhöht. Dies ist jedoch bei der hohen Last in bezug auf die CO- Emissionen unkritisch.

- 10 Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung sowie das Brennstoffverteilsystem mit zwei getrennt regelbaren Teilgruppen von Brennern. Diese weisen je eine Brennstoffringleitung für eine erste Teilgruppe 31 und eine Brennstoffringleitung für eine zweite
15 Teilgruppe 32 sowie den zugehörigen Brennstoffzuführungen 10 auf. Zur unabhängigen Regelung der Brennstoffmenge beider Teilsysteme ist ein Brennstoffregelventil für die erste Teilgruppe 33 und ein Brennstoffregelventil für die zweite Teilgruppe 34 vorgesehen.

Die beiden Regelventile für die erste und die zweite Teilgruppe 33, 34 sind bei
20 tiefer Teillast so geregelt, dass der Brennstoffmassenstrom pro Brenner gleich ist.

Damit wird in alle Brenner 9 der zweiten Brennkammer 15 gleichmässig Brennstoff eingebracht, so dass alle Brenner 9 zur Minimierung der CO- Emissionen mit der gleichen Luftzahl λ betrieben werden. Mit steigender relativer
25 Last, insbesondere falls beispielsweise oberhalb von 70% relativer Last erhöhte Pulsationen auftreten, wird das Regelventil der ersten Teilgruppe 33 nicht so stark weiter geöffnet, wie das Regelventil der zweiten Teilgruppe 34, um ein Staging zu realisieren und damit die Verbrennung zu stabilisieren.

- 30 Alternativ kann das Regelventil der ersten Teilgruppe 33 stromab des zweiten Regelventils 34 angeschlossen werden. In dem Fall ist analog zu dem Beispiel aus Fig. 3 bei Teillast das Regelventil der ersten Teilgruppe 33 ganz zu öffnen und bei hoher Teillast anzudrosseln, um dann ein Staging zu realisieren. Der Gesamtbrennstoffmassenstrom wird dann über das Regelventil 34 geregelt.
35 Im Fall, dass der Brennstoff ein Flüssigbrennstoff, wie zum Beispiel Öl ist, wird je nach Art des Brenners eine Wassereinspritzung zur Reduktion der NOx Emissionen erforderlich. Diese wird beispielsweise analog zu der

Brennstoffversorgung durchgeführt und es sind entsprechende Leitungen und Regelsysteme vorzusehen.

Bei sogenannten Dual Fuel Gasturbinen, die sowohl mit einem Flüssigbrennstoff wie beispielsweise Öl als auch mit einem Brenngas, wie beispielsweise Erdgas, betrieben werden können, sind für jeden Brennstoff separate Brennstoffverteilungssysteme vorzusehen.

Fig. 5 zeigt ein herkömmliches Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung. Ausgehend von Leerlauf, das heißt einer relativen Last P_{rel} von 0%, wird die Gasturbine bis zu Volllast, das heißt einer relativen Last P_{rel} von 100%, belastet. Bei 0% P_{rel} ist die verstellbare Verdichterleitreihe geschlossen, das heißt auf einen minimalen Öffnungswinkel eingestellt.

Die erste Brennkammer ist gezündet, was zu einer Turbineneintrittstemperatur TIT1 der ersten Turbine 7 und einer korrespondierenden Turbinenaustrittstemperatur TAT1 führt. Die zweite Brennkammer ist noch nicht in Betrieb, so dass keine Erwärmung der Gase in der zweiten Brennkammer statt findet. Die Temperatur TAT1 der aus der ersten Turbine 7 austretenden Gase wird durch die Brennkammerkühlung sowie Berücksichtigung der Niederdruck-Turbinenkühlung auf die Turbineneintrittstemperatur TIT2 der zweiten Turbine 12 reduziert. Aus der zweiten Turbine 12 treten die entspannten Gase mit einer Temperatur TAT2 aus.

In einer Phase I des Verfahrens wird ausgehend von 0% P_{rel} zur Leistungserhöhung zunächst die TIT1 bis zu einem TIT1- Limit angehoben. Mit steigender TIT1 steigt auch die Austrittstemperatur TAT1 und die Temperaturen TIT2 und TAT2 der nachfolgenden zweiten Turbine 12.

Um nach Erreichen des TIT1- Limits die Leistung weiter anzuheben, wird am Anfang der Phase II die zweite Brennkammer 15 gezündet und die Brennstoffzufuhr 10 in die Brenner 9 der zweiten Brennkammer proportional zur Last erhöht. Die TIT2 und TAT2 steigen über Last in der Phase II entsprechend mit einem steilen Gradienten bis ein erstes Limit der TAT2 erreicht wird.

Herkömmlich ist das TAT2- Limit identisch mit einem TAT2- Volllastlimit.

Um nach Erreichen des TAT2- Limits die Leistung weiter anzuheben, wird in einer Phase III des Verfahrens die verstellbare Verdichterleitreihe 14 geöffnet, um durch Erhöhung des Ansaugmassenstroms die Leistung zu regeln. Proportional zu dem Ansaugmassenstrom steigt das Druckverhältnis der zweiten Turbine 12, weshalb bei konstanter TAT2 die TIT2 über der relativen Leistung P_{rel} weiter zunimmt bis ein erstes TIT2- Limit erreicht wird.

Um nach Erreichen des ersten TIT2- Limits die relative Last P_{rel} weiter anzuheben, wird in einer Phase IV des Verfahrens die verstellbare Verdichterleitreihe 14 bei konstanter TIT2 weiter geöffnet, bis sie die maximal geöffnete Position erreicht.

In dem gezeigten Beispiel wird in einer Phase V des Verfahrens die TIT2 bei konstanter Position der verstellbaren Verdichterleitreihe 14 von dem ersten TIT2 Limit zu einem zweiten TIT2- Limit angehoben, bis 100% P_{rel} erreicht sind.

Fig. 6 zeigt ein Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, bei dem gegenüber dem in Bild 5 gezeigten Verfahren die Phase II modifiziert wurde. Die Phase II ist hier in zwei Teile geteilt. Sobald das Limit der TIT1 am Ende der Phase I erreicht wird, wird einer Phase IIa die Last erhöht, indem die verstellbare Verdichterleitreihe 14 geöffnet wird. Die zweite Brennkammer 15 ist während der Phase IIa noch nicht in Betrieb. Sobald die verstellbare Verdichterleitreihe 14 am Ende der Phase IIa die offene Position erreicht hat, wird die zweite Brennkammer 15 zugeschaltet und die verstellbare Verdichterleitreihe 14 schnell geschlossen. Synchron zum Schliessen der verstellbaren Verdichterleitreihe 14 wird der Brennstoffmassenstrom, der in die zweite Brennkammer 15 eingebracht wird, erhöht. Damit wird die zweite Brennkammer erst bei deutlich höherer Last mit deutlich erhöhtem Brennstoffmassenstrom und deutlich erhöhter TIT2 stationär betrieben. Da der Ansaugmassenstrom, sobald die zweite Brennkammer stationär in Betrieb ist, unverändert der Minimalstrom ist, wird die Luftzahl λ deutlich reduziert und damit die CO- Emissionen reduziert. In der Phase IIb wird die Leistung durch Erhöhen der TIT2 bis zum Erreichen des TAT2- Limits analog zu dem für die Phase II beschriebenen Verfahren angehoben. Während des schnellen Schliessens der verstellbaren Verdichterleitreihe 14 kann es zu erhöhten CO- Emissionen kommen, weshalb diese mit einer möglichst hohen Winkelgeschwindigkeit zugefahren werden. Die Winkelgeschwindigkeit wird zum einen durch die Limite

der Stellglieder der verstellbaren Verdichterleitreihe 14 Regelung begrenzt zum anderen kann es bei zu schnellem Schliessen zu Lastschwankungen und Problemen in der Regelung der Turbineneintrittstemperaturen kommen. Auch wenn die Stellglieder ein Schliessen der verstellbaren Verdichterleitreihe 14
5 innerhalb weniger Sekunden zulassen, wird die verstellbare Verdichterleitreihe 14 beispielsweise in einem Zeitintervall von wenigen Minuten, bevorzugt in einem Intervall von weniger als einer halben Minute geschlossen.

Fig. 7 zeigt ein Verfahren zum Regeln einer Gasturbine mit sequentieller
10 Verbrennung, bei dem gegenüber dem in Bild 5 gezeigten Verfahren die Phase III modifiziert wurde. In der Figur 7 sind zwei Modifikationen dargestellt.

Die erste Modifikation der Phase III ist ein Anheben des TAT2 Limits auf ein zweites Limit, welches höher als das TAT2 Volllastlimit liegt. Dies erlaubt ein
15 weiteres Anheben der TIT2, bis das zweite TAT2 Limit erreicht wird. Dabei bleibt die verstellbare Verdichterleitreihe 14 bis zum Ende der Phase IIIa geschlossen. Dadurch, dass die verstellbare Verdichterleitreihe 14 geschlossen bleibt und mit der TIT2 der Brennstoffmassenstrom steigt, wird die Luftzahl λ deutlich reduziert und damit die CO- Teillastemissionen reduziert. In der Phase IIIb wird das TAT2
20 Limit proportional zur Last reduziert, bis am Ende der Phase das erste TAT2 Limit erreicht wird. Um trotz sinkender TAT2 die Leistung zu erhöhen, wird die verstellbare Verdichterleitreihe 14 mit einem steilen Gradienten geöffnet. Proportional zum Öffnen der verstellbaren Verdichterleitreihe 14 nimmt der Massenstrom und damit das Druckverhältnis über die zweite Turbine 12 zu. Mit
25 dem Druckverhältnis steigt das Temperaturverhältnis von TIT2 zu TAT2, so dass trotz sinkender TAT2 die TIT2 weiter steigt, bis sie am Ende der Phase IIIb das erste TIT2- Limit erreicht.

Die zweite in Fig. 7 dargestellte Modifikation ist ein Anheben von TIT1 und TAT1
30 am Anfang der Phase IIIa. Die gezeigte Anhebung ist nur beispielhaft während der Phase III gezeigt. Sie ist unabhängig von den Eckpunkten des Verfahrens oder der Phasen. Sie kann in jedem CO- emissionskritischen Teillastbereich durchgeführt werden. Die Luftzahl λ wird hier nicht direkt beeinflusst. Die minimale Luftzahl λ_{\min} zum Erreichen einer emissionsarmen Verbrennung ist
35 abhängig von den Randbedingungen der Verbrennung. Durch Erhöhen der TAT1 werden diese Randbedingungen verbessert. Durch Anheben der TAT1 steigt die

Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit in der zweiten Brennkammer 15, wodurch der Ausbrand verbessert wird und die CO- Emissionen reduziert werden.

Fig. 8 zeigt einen schematischen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der alle Brenner 9 im Betrieb sind. Sie sind jeweils mit einem x als in Betrieb gekennzeichnet.

Fig. 8a zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je die an die Trennebene 38 angrenzenden Brenner 9 ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind. Die ausgeschalteten Brenner 9 sind mit einem o als nicht in Betrieb gekennzeichnet.

Fig. 8b zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je zwei an die Trennebene 38 angrenzenden Brenner 9 ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind.

Zum Schalten der Einzelbrenner in Fig. 8a und 8b können beispielsweise, wie in Fig. 2 gezeigt, Einzelschaltventile in den Brennstoffzuführungen 10 zu den einzelnen Brennern 9 vorgesehen werden. In einer Ausführung des Verfahrens sind bei hoher relativer Last P_{rel} alle Brenner 9 im Betrieb. Bei Absenken der Last unter einen Grenzwert der P_{rel} werden zunächst entsprechend Fig. 8a die an die Trennebene 38 angrenzenden Brenner 9 ausgeschaltet.

Nach einem weiteren Absenken der Last unter einen tieferen Grenzwert der P_{rel} werden weiter entsprechend Fig. 8b auch die Brenner 9 ausgeschaltet, die zwei Positionen von Trennebene 38 entfernt sind.

Fig. 9a zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der rechts ein an die Trennebene 38 angrenzender Brenner 9 ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind,

Fig. 9b zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der links und rechts je ein an die

Trennebene 38 angrenzender Brenner 9 ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind,

Alternativ zu dem in Fig. 8a/b gezeigten Abschalten von Brennerteilgruppen können ausgehend von hoher Last, bei der alle Brenner 9 in Betrieb sind, auch einzelne Brenner 9 ausgeschaltet werden. Zunächst wird, wie in Fig. 9a gezeigt, nur ein auf in Blickrichtung links liegender an die Trennebene 38 angrenzender Brenner 9 ausgeschaltet. Im nächsten Schritt wird ein in Blickrichtung rechts liegender an die Trennebene 38 angrenzender Brenner 9 ausgeschaltet.

Alternierend können umgekehrt proportional zur Last weitere Brenner 9 abgeschaltet werden.

Fig. 10 zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der drei Gruppen von Brennern 9 ausgeschaltet sind und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind. Eine derartige Konfiguration kann beispielsweise dann gewählt werden, wenn der Einfluss der Leckagen an der Trennebene 38 auf die CO- Emissionen klein ist und ausserdem der Einfluss von ausgeschalteten, kalten Nachbarbrenner auf die CO- Emissionen der eingeschalteten Brenner 9 klein ist. Vorteil dieser Anordnung ist ein relativ homogenes Temperaturprofil am Austritt der Brennkammer 15.

Fig. 11 zeigt einen Querschnitt durch die zweite Brennkammer 15 einer Gasturbine mit sequentieller Verbrennung, in der nur eine Gruppe von Brennern 9 ausgeschaltet ist und die übrigen Brenner 9 in Betrieb sind. Diese Anordnung ist vorteilhaft, wenn der Einfluss von ausgeschalteten, kalten Nachbarbrenner auf die CO- Emissionen der eingeschalteten Brenner 9 sehr gross ist und das dabei entstehende schlechte Austrittstemperaturprofil der Brennkammer 15 von der nachfolgenden zweiten Turbine 12 toleriert werden kann oder die Kühlung an das Temperaturprofil angepasst werden kann.

Alle erläuterten Vorteile sind nicht nur in den angegebenen Kombinationen beschränkt, sondern auch in anderen Kombinationen oder Alleinstellung verwendbar, ohne den Rahmen der Erfindung zu verlassen. Beispielsweise sind beliebig andere Möglichkeiten denkbar, einzelne Brenner 9 oder Gruppen von Brennern 9 aus zu schalten.

Bezugszeichenliste

	1	Verdichter
5	2	Ansaugluft
	3	Verdichtete Luft
	4	Erste Brennkammer
	5	Brennstoffzuführung
	6	Heissgase
10	7	Erste Turbine
	8	Teilentspannte Heissgase
	9	Brenner der zweiten Brennkammer
	10	Brennstoffzuführung
	11	Heissgase
15	12	Zweite Turbine
	13	Abgase (zum Abhitzekeessel)
	14	Verstellbare Verdichterleitschaufeln
	15	Zweite Brennkammer
	16	Niederdruck- Kühlluftregelventil
20	17	Trägerluft- Regelventil
	18	Welle
	19	Generator
	20	
	21	Hochdruckkühlluft- Regelventil
25	22	Hochdruckkühlluft
	23	Kühlluft
	24	Trägerluft
	25	Anti- Icing Regelventil
	26	Anti- Icing Leitung
30	27	Einzelregelventil
	28	Brennstoffregelventil
	29	Brennstoffzufuhr
	30	Brennstoffringleitung
	31	Brennstoffringleitung für erste Teilgruppe
35	32	Brennstoffringleitung für zweite Teilgruppe
	33	Brennstoffregelventil für erste Teilgruppe
	34	Brennstoffregelventil für zweite Teilgruppe

	35	Hochdruck- Kühlluftkühler
	36	Niederdruck- Kühlluftkühler
	37	Einzelventil
	38	Trennebene
5	TAT	Turbinenausstrittstemperatur
	TAT1	Turbinenausstrittstemperatur der ersten Turbine
	TAT2	Turbinenausstrittstemperatur der zweiten Turbine
	TIT	Turbineneintrittstemperatur
	TIT1	Turbineneintrittstemperatur der ersten Turbine
10	TIT2	Turbineneintrittstemperatur der zweiten Turbine
	P_{rel}	relative Leistung
	X	eingeschalteter Brenner
	O	ausgeschalteter Brenner

Patentansprüche

1. Verfahren zum CO- emissionsarmen Betrieb einer Gasturbine mit sequentieller
5 Verbrennung, wobei die Gasturbine im wesentlichen aus mindestens einem
Verdichter (1), einer ersten dem Verdichter nachgeschalteten Brennkammer
(4), deren Heissgase eine erste Turbine (7) beaufschlagen und einer der
ersten Turbine (7) nachgeschalteten zweiten Brennkammer (15), deren
Heissgase eine zweite Turbine (12) beaufschlagen, besteht, dadurch
10 gekennzeichnet, dass die Luftzahl (λ) der operativen Brenner (9) der zweiten
Brennkammer (15) unter einer maximalen Luftzahl (λ_{\max}) gehalten wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einer
15 Lasterhöhung vor Einschalten der zweiten Brennkammer (15) zunächst die
Turbineneintrittstemperatur der ersten Turbine (TIT1) auf ein Teillastlimit
erhöht wird und die verstellbare Verdichterleitschaufelreihe (14) geöffnet wird,
zum Einschalten oder beim Einschalten der zweiten Brennkammer (15) die
verstellbare Verdichterleitschaufelreihe (14) geschlossen wird und Brennstoff
in die zweite Brennkammer (15) eingeleitet wird.
20
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem
Ablasten vor Ausschalten der zweiten Brennkammer (15) zunächst
verstellbare Verdichterleitschaufelreihe (14) geschlossen wird und diese beim
Ausschalten der zweiten Brennkammer wieder geöffnet wird.
25
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass
bei einem Ablasten der Gasturbine, um eine Hysterese zu erzeugen, die
zweite Brennkammer (15) erst bei einer Last abgestellt wird, die unter der Last
liegt, die bei Betrieb mit der ersten Brennkammer (4) bei dem Teillastlimit der
30 Turbineneintrittstemperatur der ersten Turbine (TIT1) und geöffneter
verstellbaren Verdichterleitschaufelreihe(14) erreicht wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass
35 die Brennstoffzufuhr (10) zu mindestens einem Brenner (9) der zweiten
Brennkammer (15) bei Teillast abgeschaltet wird, so dass bei unveränderter
Turbineneintrittstemperatur der zweiten Turbine (TIT2) die Luftzahl (λ) der sich
in Betrieb befindlichen Brenner (9) reduziert wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Brennstoffzufuhr (10) als erstes zu dem mindestens einem an eine Trennebene (38) angrenzenden Brenner (9) abgeschaltet wird.
- 5 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl der abgeschalteten Brenner (9) umgekehrt proportional zur Last ist.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass
10 das Teillastlimit der Turbinenaustrittstemperatur der ersten (TAT1) und/ oder der zweiten Turbine (TAT2) für einen Teillastbereich angehoben wird, um das Öffnen der verstellbaren Verdichterleitreihe (14) zu einer höheren Last zu verschieben.
- 15 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein Teilstrom von komprimierter oder teilkomprimierter Verdichterluft entspannt wird und der Ansaugluft (2) zugemischt wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass
20 mindestens eine Kühllufttemperatur und/ oder mindestens ein Kühlluftmassenstrom (22, 23, 24) abhängig von der Last geregelt wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass
25 die Brennstofftemperatur der ersten und/ oder zweiten Brennkammer (4, 15) abhängig von der Last geregelt wird.
12. Gasturbine zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 11, umfassend einen Verdichter (1), eine erste dem Verdichter (1) nachgeschaltete Brennkammer (4), deren Heissgase eine erste Turbine (7) beaufschlagen und eine der ersten Turbine (7) nachgeschalteten zweite Brennkammer (15), deren Heissgase eine zweite Turbine beaufschlagen.
- 30 13. Gasturbine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Brennstoffleitung (10) zu mindestens einem Brenner (9) der zweiten Brennkammer (15) ein Einzelschaltventil (37) angeordnet ist.
- 35

14. Gasturbine nach Anspruch 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass in mindestens einer Brennstoffleitung (10) zu mindestens einem Brenner (9) der zweiten Brennkammer (15) ein Einzelregelventil (27) angeordnet ist.
- 5 15. Gasturbine nach Anspruch 13 oder 13, dadurch gekennzeichnet, dass ein Brennstoffverteilsystem ein erstes Brennstoffregelventil (33) sowie eine erste Brennstoffringleitung (31) zur Verteilung des Brennstoffes an die Brenner (9) einer ersten Brennerteilgruppe beinhaltet und mindestens ein zweites Brennstoffregelventil (34) sowie mindestens eine zweite Brennstoffringleitung
10 (32) für die Verteilung des Brennstoffes an die Brenner (9) mindestens einer zweiten Teilgruppe beinhaltet.
16. Gasturbine nach einem der Ansprüche 12 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Hochdruckverdichter für ein Druckverhältnis ausgelegt ist, das höher
15 ist als zum sicheren Betrieb bei Volllast erforderlich ist.
17. Gasturbine nach einem der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Turbinenaustritt und die Abgasleitungen für eine Turbinenaustrittstemperatur der zweiten Turbine (TAT2) ausgelegt ist, die
20 höher als die maximale Volllastabgastemperatur ist.

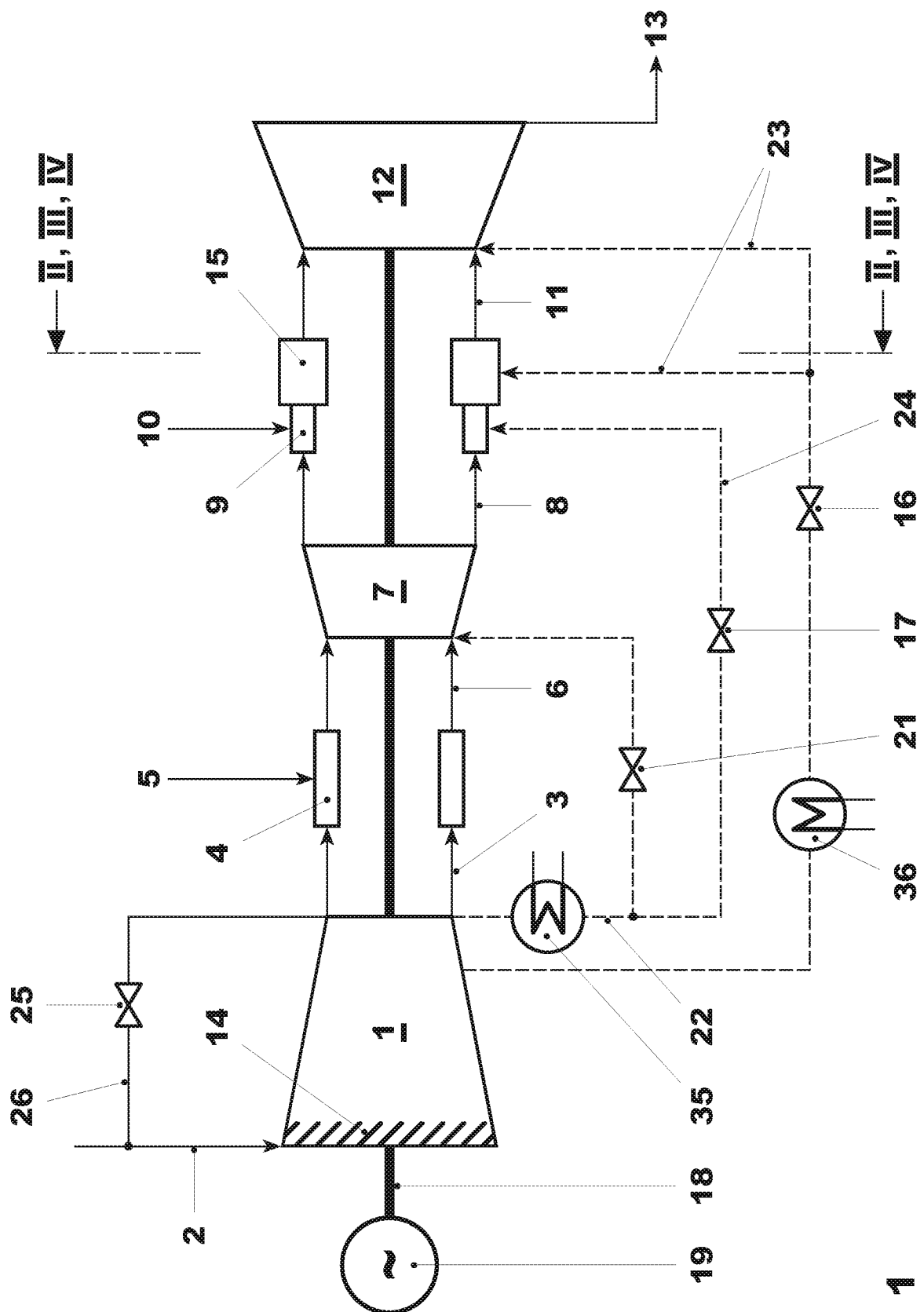


Figure 1

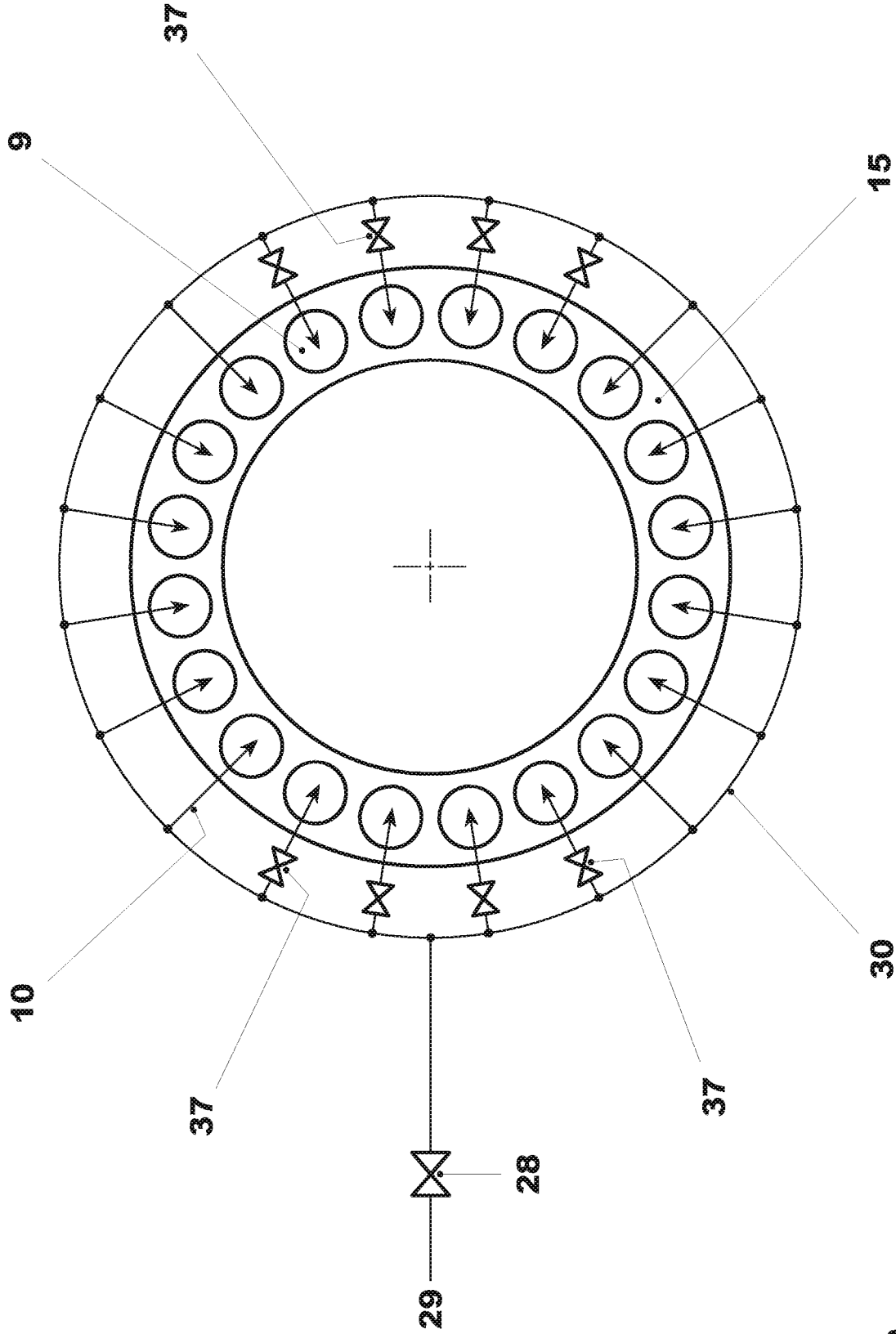


FIG. 2

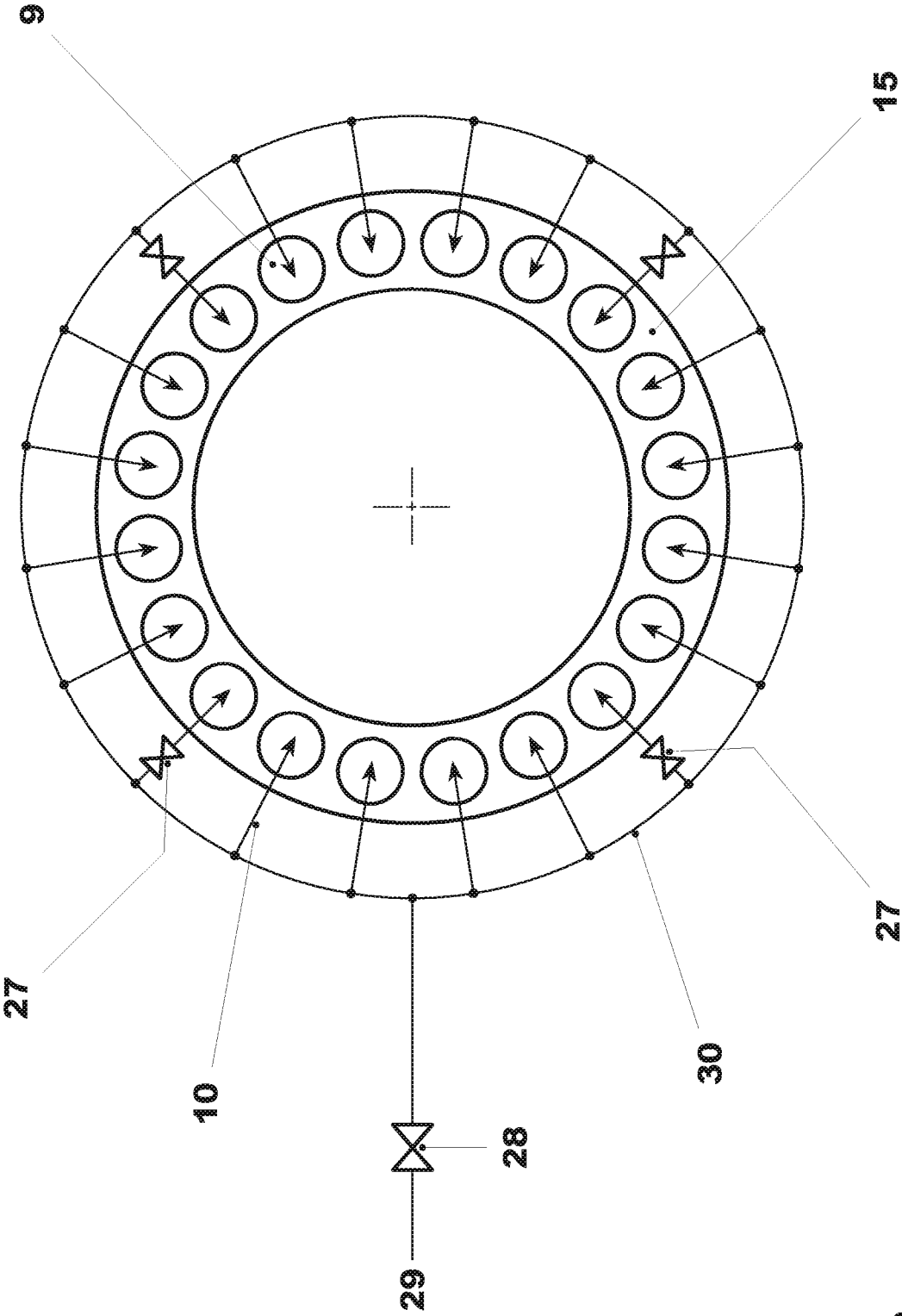


FIG. 3

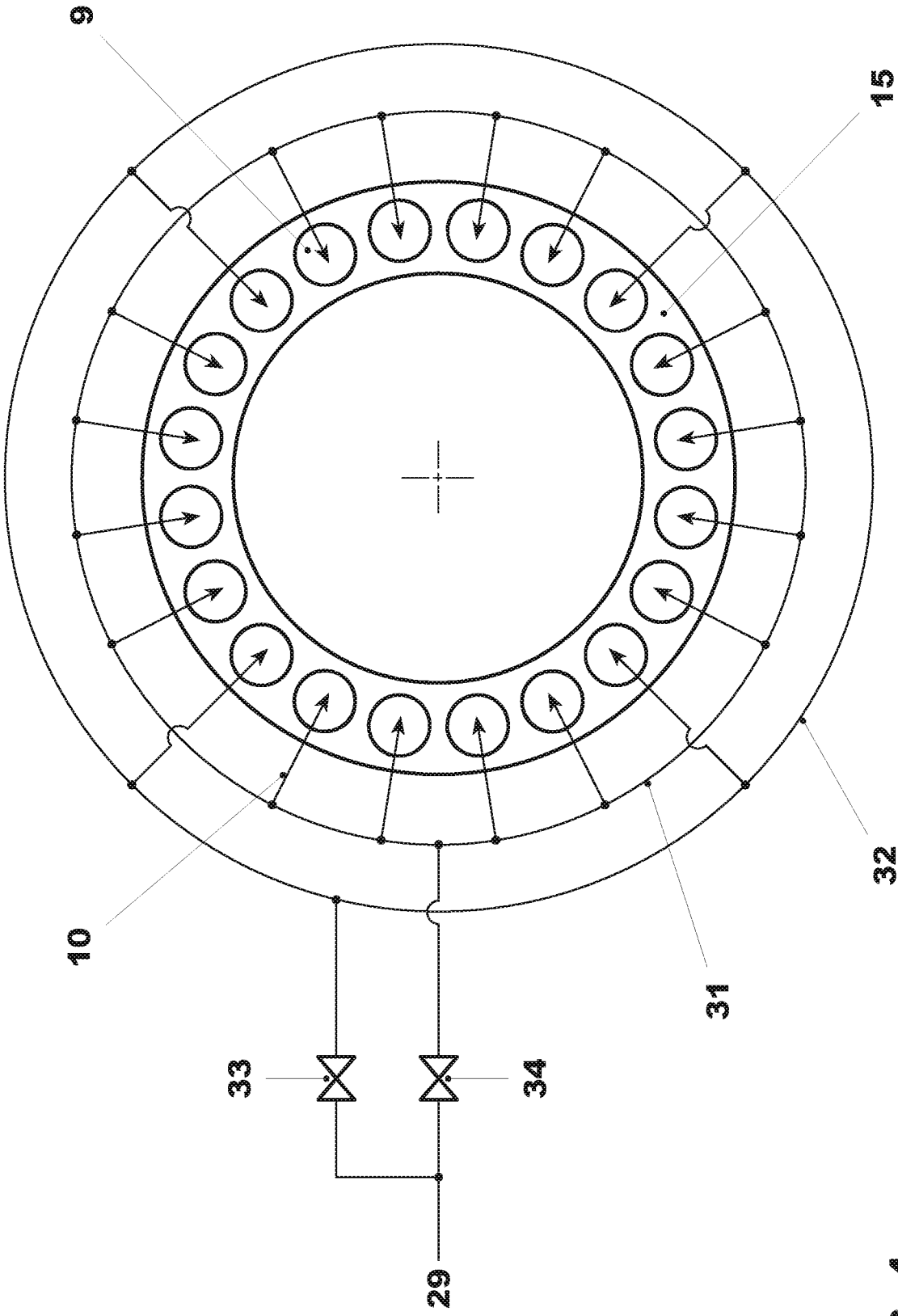


FIG. 4

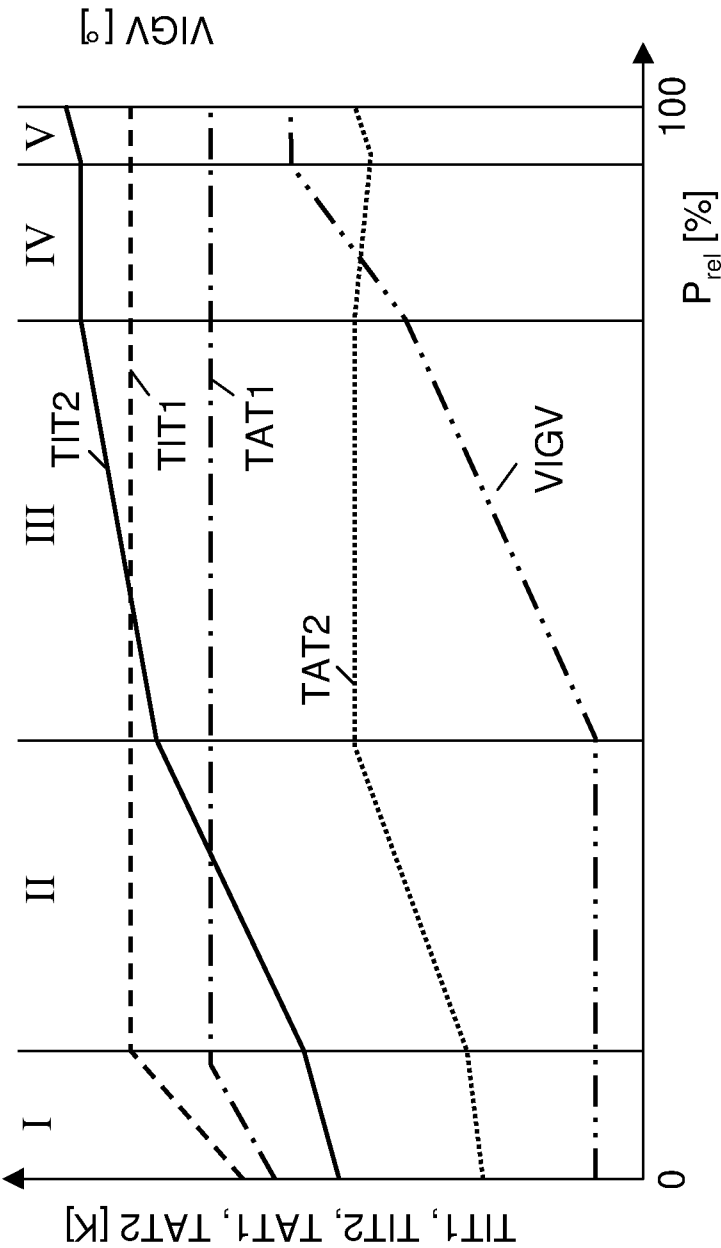


Fig. 5

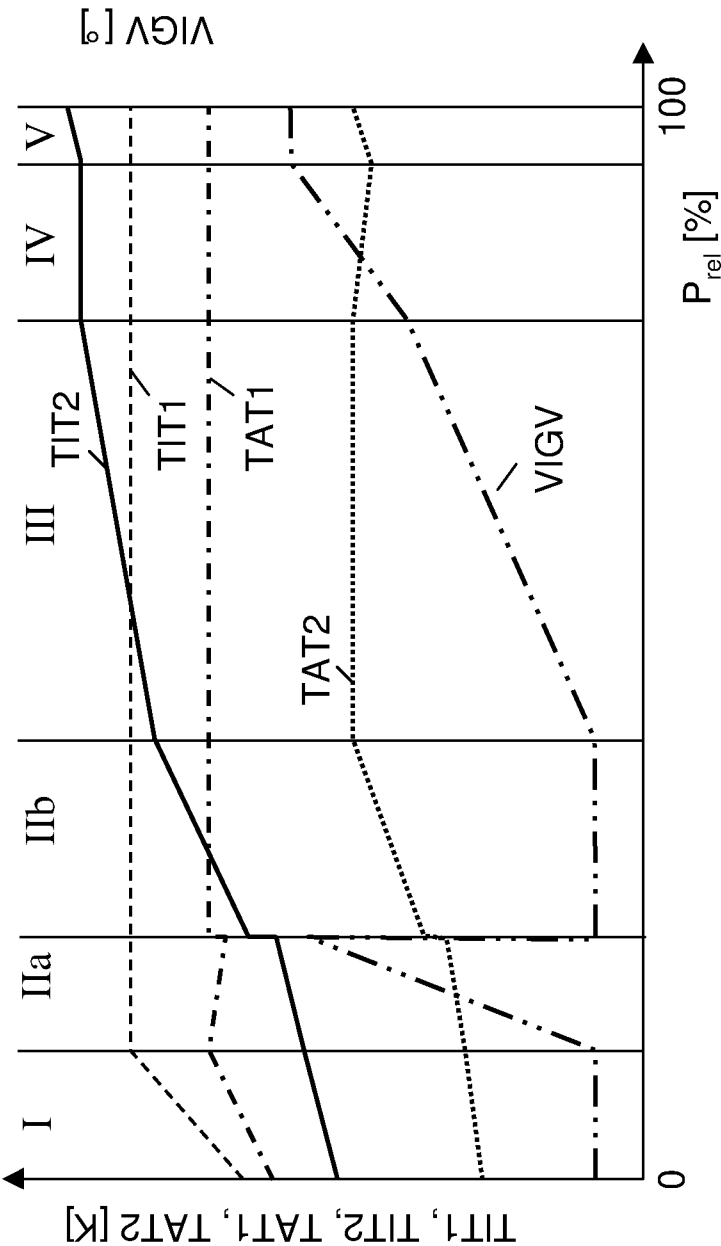


Fig. 6

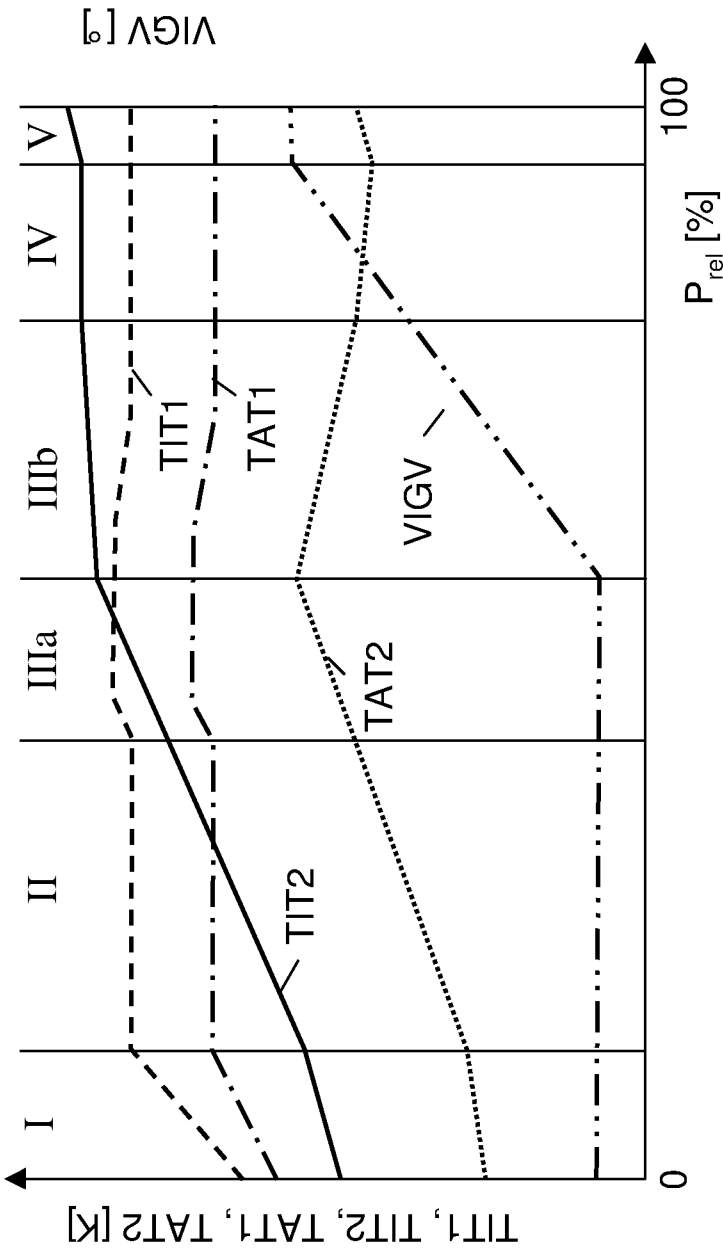


Fig. 7

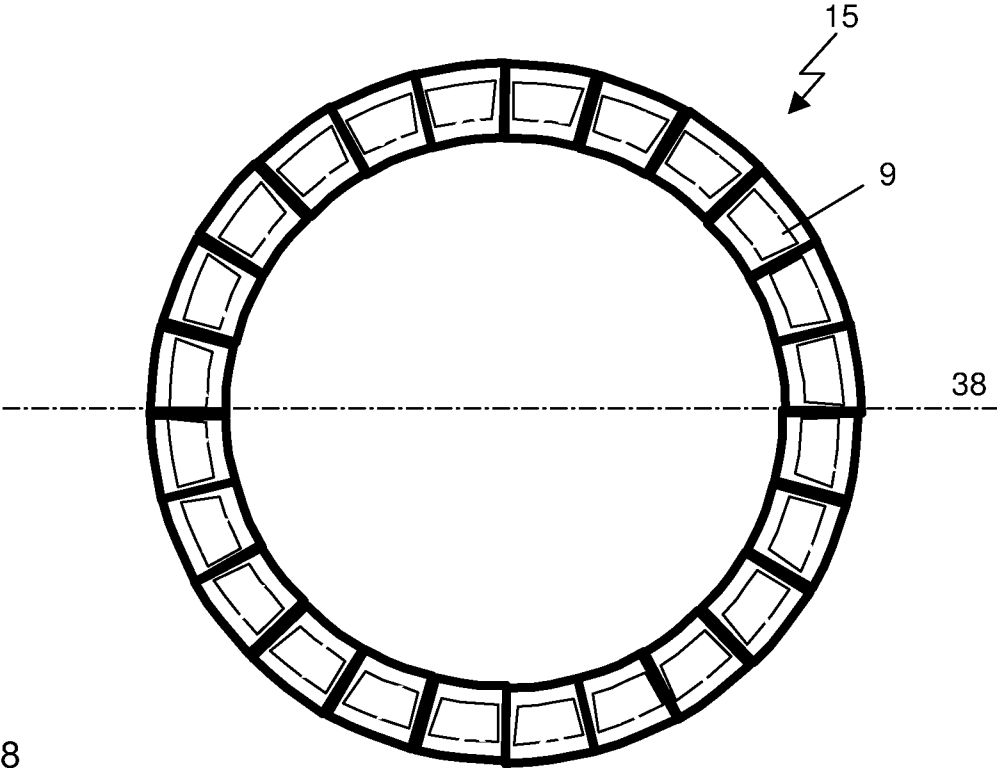


Fig. 8

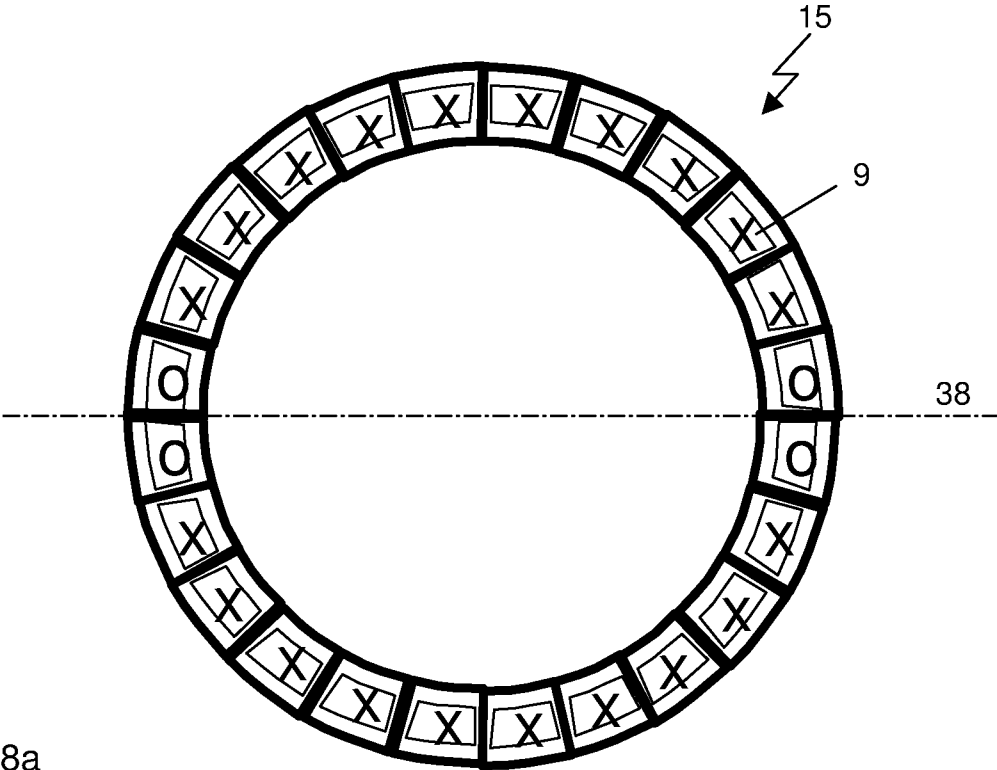


Fig. 8a

9/11

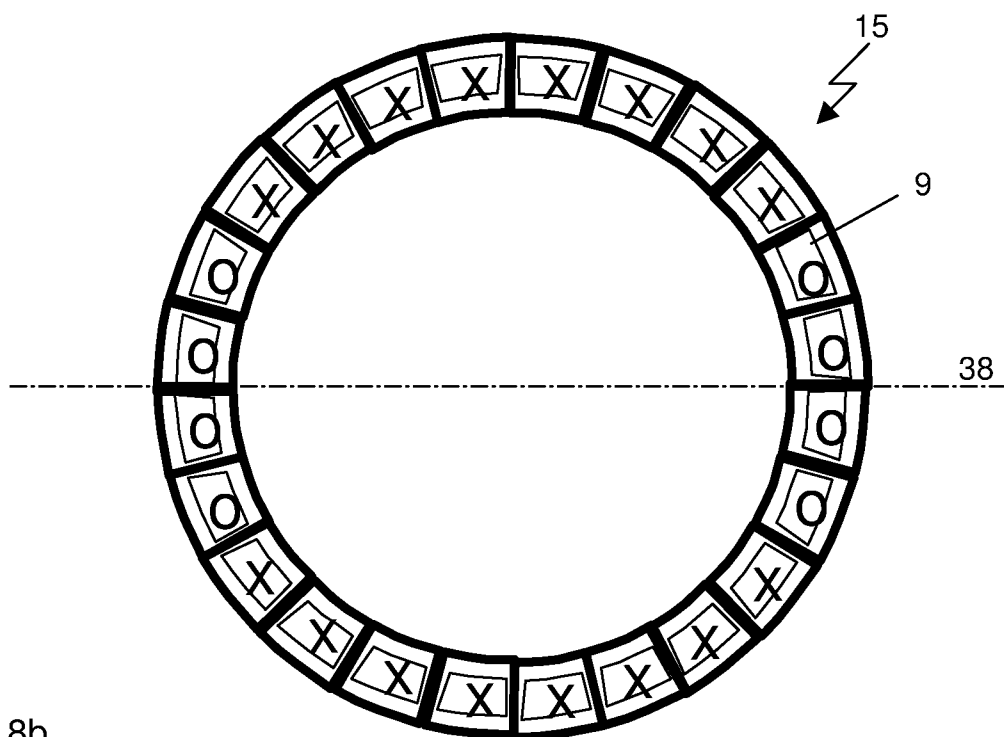


Fig. 8b

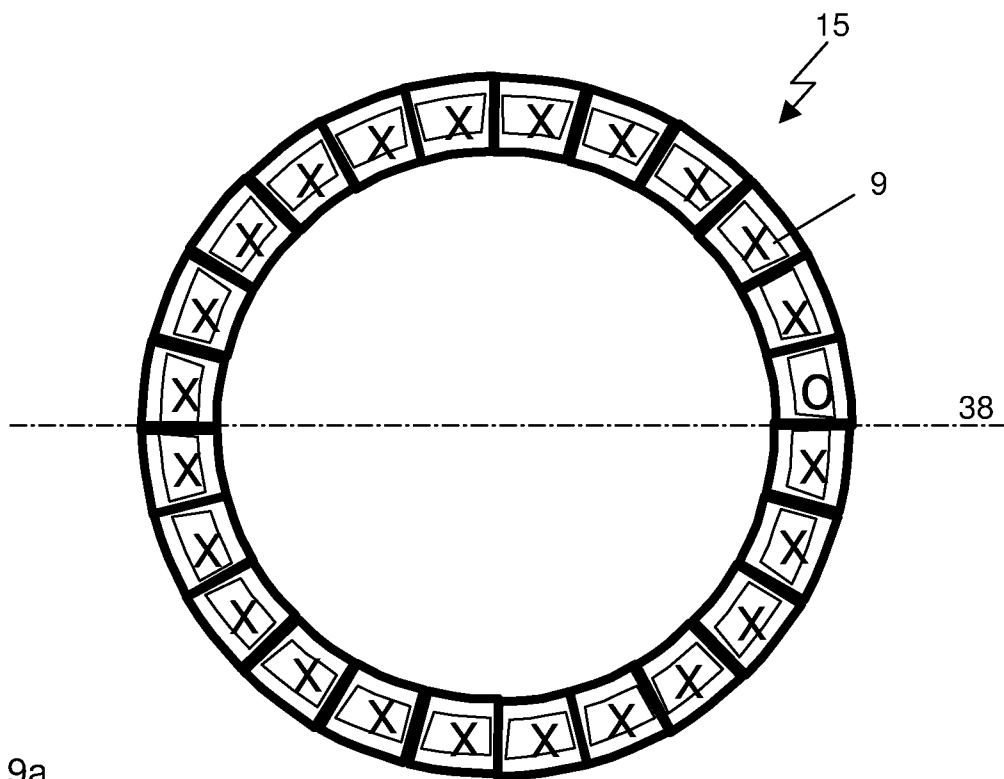
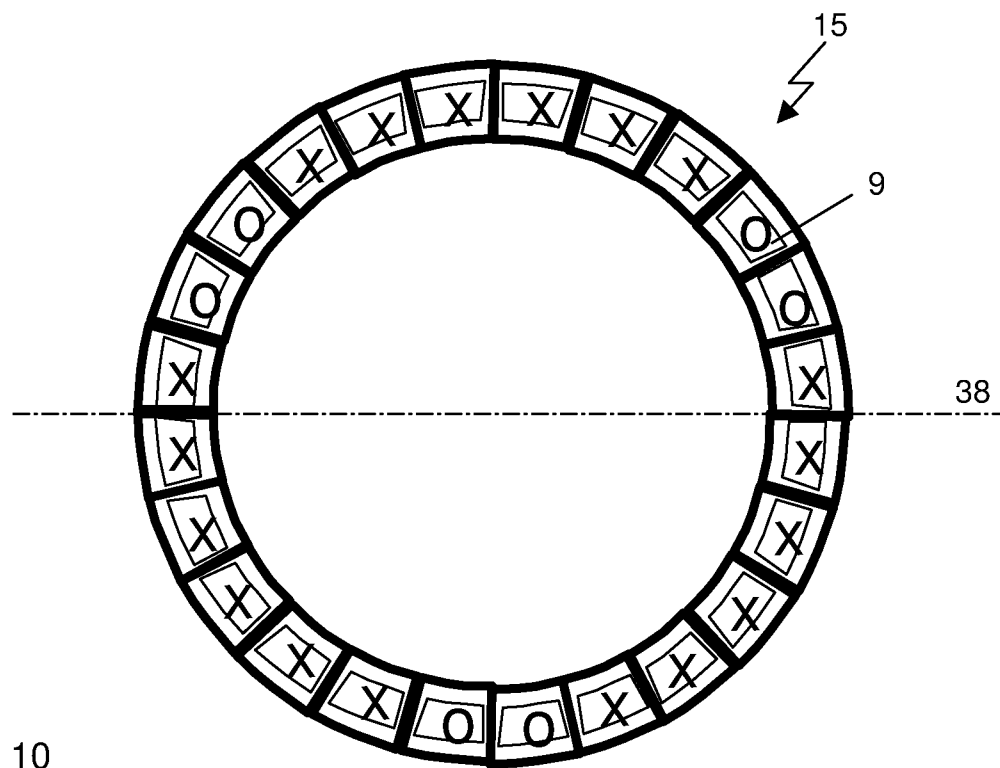
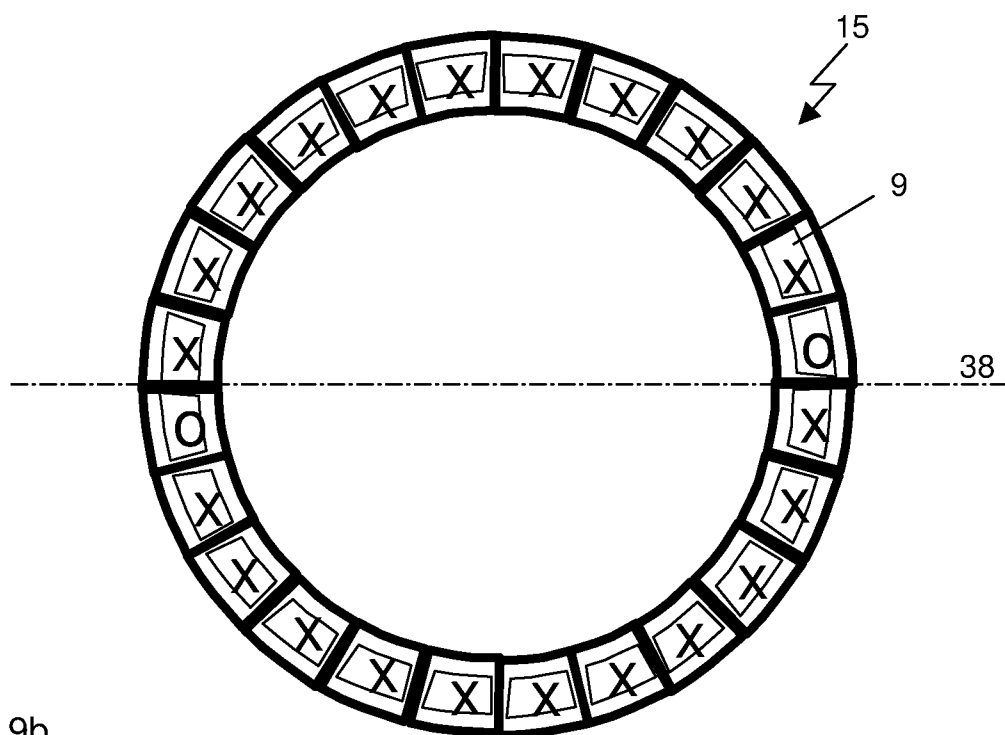


Fig. 9a



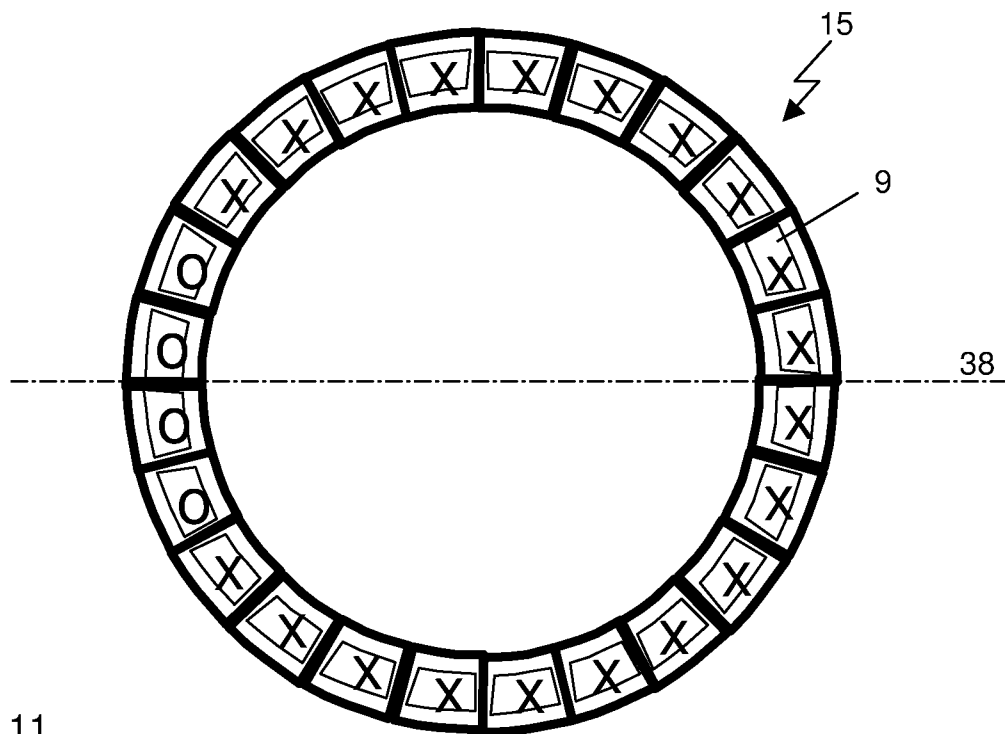


Fig. 11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/053171

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. F02C6/00

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)

F02C F23R F23N

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 practical, 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	EP 0 718 470 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ALSTOM [FR]) 26 June 1996 (1996-06-26) cited in the application	1,12
Y	column 1, line 53 - column 6, line 26; figures 1,2	5,6, 13-15
X	EP 0 921 292 A (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9 June 1999 (1999-06-09) * abstract; figure 1	1,10-12
X	EP 0 646 704 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ASEA BROWN BOVERI [CH]) 5 April 1995 (1995-04-05) * abstract; figure 1	1,10-12
	----- -/-	

☒ 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

"E" earlier document 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

2 September 2010

Date of mailing of the international search report

10/09/2010

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

Munteh, Louis

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2010/053171

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 646 705 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ASEA BROWN BOVERI [CH]) 5 April 1995 (1995-04-05) * abstract; figure 1 -----	1,12
Y	EP 1 531 305 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18 May 2005 (2005-05-18) paragraph [0010] - paragraph [0027]; figures 1-7 -----	5,6, 13-15
Y	EP 0 974 789 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 26 January 2000 (2000-01-26) figure 1 -----	13-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2010/053171

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0718470	A	26-06-1996	CA 2160448 A1	25-06-1996
			DE 4446610 A1	27-06-1996
			JP 3878684 B2	07-02-2007
			JP 8218898 A	27-08-1996
			US 5634327 A	03-06-1997
EP 0921292	A	09-06-1999	CN 1228507 A	15-09-1999
			DE 59710734 D1	16-10-2003
			JP 4353562 B2	28-10-2009
			JP 11236823 A	31-08-1999
			US 6202399 B1	20-03-2001
EP 0646704	A	05-04-1995	CA 2129780 A1	07-03-1995
			DE 59307747 D1	08-01-1998
			JP 3532971 B2	31-05-2004
			JP 7083072 A	28-03-1995
			US 5481865 A	09-01-1996
EP 0646705	A	05-04-1995	CA 2129781 A1	07-03-1995
			CZ 9402134 A3	15-03-1995
			DE 59309644 D1	15-07-1999
			JP 7150977 A	13-06-1995
			US 5465569 A	14-11-1995
EP 1531305	A1	18-05-2005	NONE	
EP 0974789	A1	26-01-2000	DE 59811336 D1	09-06-2004

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/053171

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES

INV. F02C6/00

ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

F02C F23R F23N

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	EP 0 718 470 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ALSTOM [FR]) 26. Juni 1996 (1996-06-26) in der Anmeldung erwähnt	1,12
Y	Spalte 1, Zeile 53 - Spalte 6, Zeile 26; Abbildungen 1,2	5,6, 13-15
X	EP 0 921 292 A (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM SWITZERLAND LTD [CH]) 9. Juni 1999 (1999-06-09) * Zusammenfassung; Abbildung 1	1,10-12
X	EP 0 646 704 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ASEA BROWN BOVERI [CH]) 5. April 1995 (1995-04-05) * Zusammenfassung; Abbildung 1	1,10-12
	----- -/--	

☒ 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" älteres Dokument, 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 anderen 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

2. September 2010

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/09/2010

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

Munteh, Louis

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/053171

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 646 705 A (ABB MANAGEMENT AG [CH] ASEA BROWN BOVERI [CH]) 5. April 1995 (1995-04-05) * Zusammenfassung; Abbildung 1 -----	1,12
Y	EP 1 531 305 A1 (UNITED TECHNOLOGIES CORP [US]) 18. Mai 2005 (2005-05-18) Absatz [0010] - Absatz [0027]; Abbildungen 1-7 -----	5,6, 13-15
Y	EP 0 974 789 A1 (ASEA BROWN BOVERI [CH] ALSTOM TECHNOLOGY LTD [CH]) 26. Januar 2000 (2000-01-26) Abbildung 1 -----	13-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2010/053171

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0718470	A	26-06-1996	CA 2160448 A1 25-06-1996
			DE 4446610 A1 27-06-1996
			JP 3878684 B2 07-02-2007
			JP 8218898 A 27-08-1996
			US 5634327 A 03-06-1997
EP 0921292	A	09-06-1999	CN 1228507 A 15-09-1999
			DE 59710734 D1 16-10-2003
			JP 4353562 B2 28-10-2009
			JP 11236823 A 31-08-1999
			US 6202399 B1 20-03-2001
EP 0646704	A	05-04-1995	CA 2129780 A1 07-03-1995
			DE 59307747 D1 08-01-1998
			JP 3532971 B2 31-05-2004
			JP 7083072 A 28-03-1995
			US 5481865 A 09-01-1996
EP 0646705	A	05-04-1995	CA 2129781 A1 07-03-1995
			CZ 9402134 A3 15-03-1995
			DE 59309644 D1 15-07-1999
			JP 7150977 A 13-06-1995
			US 5465569 A 14-11-1995
EP 1531305	A1	18-05-2005	KEINE
EP 0974789	A1	26-01-2000	DE 59811336 D1 09-06-2004