

(19)



(11)

EP 3 105 508 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
19.06.2019 Patentblatt 2019/25

(51) Int Cl.:
F23R 3/34 ^(2006.01) **F23N 1/00** ^(2006.01)
F23N 5/00 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **15710796.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2015/055837

(22) Anmeldetag: **19.03.2015**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2015/150099 (08.10.2015 Gazette 2015/40)

(54) **VERFAHREN ZUM REGELN EINER AUFTEILUNG VON BRENNSTOFF AUF VERSCHIEDENE
BRENNERSTUFEN**

METHOD FOR REGULATING A DISTRIBUTION OF FUEL AT DIFFERENT BURNER STAGES

PROCÉDÉ DE RÉGLAGE D'UNE DISTRIBUTION DE CARBURANT SUR PLUSIEURS ÉTAGES DE
BRÛLEURS

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

(30) Priorität: **31.03.2014 EP 14162670**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
21.12.2016 Patentblatt 2016/51

(73) Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **SIMON, Dieter**
45473 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **DEUKER, Eberhard**
45481 Mülheim an der Ruhr (DE)
• **KOCK, Boris Ferdinand**
40878 Ratingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A1- 2 442 031 US-A1- 2009 133 379
US-A1- 2009 217 672 US-A1- 2010 300 108
US-A1- 2013 173 074

EP 3 105 508 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Regeln einer Aufteilung von Brennstoff auf vorbestimmte Brennerstufen zumindest eines Brenners einer Maschine während eines stationären Maschinenbetriebs, wobei es sich bei der Maschine insbesondere um eine mehrere Brenner aufweisende Gasturbine handelt.

[0002] Ein solches Verfahren ist aus US 2010/0300108 A1 bekannt.

[0003] Bei Gasturbinen ist es bekannt, über die Aufteilung von Brennstoff auf verschiedene Brennerstufen Einfluss auf die Emissionen und die Verbrennungsstabilität bzw. das Brummverhalten zu nehmen, die minimiert oder zumindest unter vorbestimmten Grenzwerten gehalten werden müssen. Ein Problem besteht allerdings darin, dass sowohl die Emissionen als auch die Verbrennungsstabilität durch unterschiedlichste Störgrößen beeinflusst werden, wie beispielsweise durch den Umgebungszustand, durch Alterungseffekte, durch Verschmutzung, durch den Lastpunkt der Maschine oder dergleichen, und dass die genauen Wechselwirkungen zwischen Verbrennungsstabilität und Emissionen einerseits und den Störgrößen andererseits nur unzureichend bekannt sind. Eine unmittelbare Regelung der Brennstoffaufteilung wurde aus diesen Gründen bislang nicht eingesetzt. Eine im Stand der Technik bekannte Lösung des Problems sieht vor, in der Leittechnik auf Erfahrungswerten basierende Kennfelder zu hinterlegen, die der Brennstoffzufuhr bzw. deren Aufteilung auf die einzelnen Brennerstufen für jeden Betriebszustand der Gasturbine Werte zuordnen. Soweit bekannte Störgrößen messtechnisch erfasst werden, können die Kennfelder noch um Korrekturfunktionen ergänzt werden, wie beispielsweise eine umgebungstemperaturabhängige Modulation der zu den einzelnen Brennerstufen geleiteten Brennstoffanteile. Im Ergebnis ist jedoch festzustellen, dass es trotz einer solchen kennfeldbasierten Steuerung immer wieder zu erhöhten Emissionen oder unzulässig starkem Brummen kommt.

[0004] Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein alternatives Verfahren zu schaffen, mit dem über die Brennstoffzufuhr zu den einzelnen Brennerstufen Einfluss auf die Verbrennungsstabilität und die Emission genommen wird.

[0005] Zur Lösung dieser Aufgabe schafft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Regeln einer Aufteilung von Brennstoff auf vorbestimmte Brennerstufen zumindest eines Brenners einer Maschine während eines stationären Maschinenbetriebs, das die Schritte aufweist:

a) Definieren von Grenzwerten verschiedener Regelgrößen, wobei die Regelgrößen zumindest eine Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität und eine Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas umfassen;

b) Erfassen und Zwischenspeichern der Regelgrößen unter Verwendung geeigneter Messeinrichtungen während des stationären Maschinenbetriebs, wobei die den einzelnen Brennerstufen während des stationären Maschinenbetriebs zugeführten Brennstoffvolumenströme bekannte Ausgangsgrößen darstellen;

c) Vergleichen der in Schritt b) zwischengespeicherten Regelgrößen mit den zugeordneten Grenzwerten und, wenn im Rahmen dieser Vergleiche eine Überschreitung zumindest eines Grenzwertes festgestellt wird,

d) Verändern des Brennstoffvolumenstroms zu einer ersten Brennerstufe um einen vorbestimmten Wert;

e) erneutes Erfassen und Zwischenspeichern der Regelgrößen unter Verwendung der Messeinrichtungen;

f) Bewerten, ob zumindest eine der in Schritt e) zwischengespeicherten Regelgrößen eine Verbesserung oder eine Verschlechterung gegenüber einer der in Schritt b) zwischengespeicherten Regelgrößen darstellt;

g) Wiederholen der Schritte d) bis f), bis in Schritt f) eine Verbesserung zumindest einer Bewertungsgröße erfasst wird; und

h) Durchführen der Schritte b) bis g) für weitere vorbestimmte Brennerstufen des Brenners, insbesondere für sämtliche Brennerstufen des Brenners.

[0006] Mit anderen Worten wird erfindungsgemäß eine Regelung vorgeschlagen, bei der durch schrittweises Verändern der Brennstoffzufuhr zu den einzelnen Brennerstufen eine verbesserte Brennstoffaufteilung durch Ausprobieren ermittelt wird, um den NOx-Anteil im Abgas sowie die Verbrennungsstabilität unterhalb der vorbestimmten Grenzwerte zu halten. Indem man die einzelnen Stellgrößen in Form der den einzelnen Brennerstufen zugeführten Brennstoffvolumenströme leicht variiert und die Auswirkung auf die Verbrennungsstabilität sowie den NOx-Anteil im Abgas beobachtet, kann ermittelt werden, ob die neue Einstellung eine Verbesserung darstellt oder nicht. Ein wesentlicher Vorteil des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass eine Optimierung der Brennstoffaufteilung bei Änderungen der Umgebungsbedingungen oder alterungsbedingten Änderungen der Maschinenkomponenten stets automatisch erfolgt, und zwar unabhängig davon, ob der Einfluss der Änderungen auf die Verbrennungsstabilität und/oder auf den NOx-Anteil im Abgas bekannt sind oder nicht. Ferner kann die Inbetriebnahmezeit der Maschine Dank des erfindungsgemäßen Verfahrens innerhalb einer sehr kurzen Zeitdauer durchgeführt werden. Als Messeinrichtungen können herkömmliche Einrichtungen zum Einsatz kommen. Messeinrichtungen zur Bestimmung des NOx-Anteils im Abgas sind im Stand der Technik hinlänglich bekannt. Als Messeinrichtungen zur Erfassung der Verbrennungsstabilität können beispielsweise Schallsensoren, Druckaufnehmer oder dergleichen dienen. Ob sich die Maschi-

ne im stationären Betrieb befindet, kann beispielsweise mittels einer Überwachung der Maschinenleistung festgestellt werden.

[0007] Gemäß der Erfindung wird, wenn nach Durchführung einer Brennstoffvolumenstromänderung in Schritt d) keine Verschlechterung einer Bewertungsgröße in Schritt f) erfasst wird, der Brennstoffvolumenstrom im erneut durchgeführten Schritt d) um einen vorbestimmten Wert in gleicher Richtung wie beim vorangegangenen Schritt d) verändert. Wurde der Brennstoffvolumenstrom im vorangegangenen Schritt d) beispielsweise erhöht, so wird er im erneut durchgeführten Schritt d) wieder erhöht. Wurde der Brennstoffvolumenstrom im vorangegangenen Schritt d) hingegen verringert, so wird er auch im erneut durchgeführten Schritt d) verringert.

[0008] Gemäß der Erfindung wird auch, wenn nach Durchführung einer Brennstoffvolumenstromänderung in Schritt d) eine Verschlechterung einer Bewertungsgröße in Schritt f) erfasst wird, im erneut durchgeführten Schritt d) die im vorangegangenen Schritt d) durchgeführte Brennstoffvolumenstromänderung rückgängig gemacht. Auf diese Weise wird verhindert, dass eine weitere Verschlechterung stattfindet.

[0009] Vorteilhaft wird, wenn nach einer Rückgängigmachung einer vorangegangenen Brennstoffvolumenstromänderung der Brennstoffvolumenstrom wieder der Ausgangsgröße entspricht, der Brennstoffvolumenstrom im erneut durchgeführten Schritt d) um einen vorbestimmten Wert entgegen der ursprünglichen Richtung verändert. Wurde also der Brennstoffvolumenstrom bei erstmaliger Durchführung des Schrittes d) erhöht, so wird er nunmehr ausgehend von der Ausgangsgröße verringert. Wurde er bei erstmaliger Durchführung des Schrittes d) verringert, so wird er ausgehend von der Ausgangsgröße nunmehr erhöht.

[0010] Gemäß einer Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird, wenn in Schritt c) sowohl eine Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität als auch die Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für den NO_x-Anteil im Abgas festgestellt wird, in Schritt f) nur eine Verbesserung der Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität oder nur eine Verbesserung der Bewertungsgröße für den NO_x-Anteil im Abgas berücksichtigt. Mit anderen Worten erhält eine der Regelgrößen eine Priorität.

[0011] Bevorzugt werden die Schritte b) bis g), nachdem diese gemäß Schritt h) für sämtliche der vorbestimmten Brennerstufen durchgeführt wurden, erneut für die erste Brennerstufe durchgeführt. Mit anderen Worten schließt sich an eine Durchführung des vollständigen Verfahrenszyklus ein weiterer Verfahrenszyklus an, damit die Regelung auf sich ändernde Störgrößen reagieren kann.

[0012] Bevorzugt wird derjenige Anteil des Brennstoffvolumenstroms, um den die Brennstoffzufuhr einer Brennerstufe in Schritt d) erhöht oder verringert wird, von dem Brennstoffvolumenstrom zumindest einer der anderen

Brennerstufen abgezogen oder zumindest einer der anderen Brennerstufen hinzugefügt, so dass der den Brennerstufen insgesamt zugeführte Brennstoffgesamtvolumenstrom konstant gehalten wird. Entsprechend wird die Maschinenleistung durch die erfindungsgemäße Regelung nur wenig oder gar nicht beeinflusst. Das Aufteilen desjenigen Anteils des Brennstoffvolumenstroms, um den die Brennstoffzufuhr einer Brennerstufe in Schritt d) erhöht oder verringert wird, auf die anderen Brennerstufen kann dabei beispielsweise zu gleichen Teilen, proportional zur aktuellen Brennstoffaufteilung oder in anderer Weise erfolgen.

[0013] Vorteilhaft wird das erfindungsgemäße Verfahren beendet, wenn in Schritt c) kein Überschreiten von Grenzwerten festgestellt wird oder die Maschine den stationären Betrieb verlässt. Letzteres kann beispielsweise mittels einer Überwachung der Maschinenleistung festgestellt werden.

[0014] Bevorzugt werden die Einstellungen der Brennstoffvolumenströme zu den einzelnen Brennerstufen, die im Rahmen der Durchführung der Schritte b) bis h) vorgenommen werden, in nach Maschinenleistung und Umgebungstemperatur geclusterten Matrizen gespeichert. Ein erneutes Anfahren der Maschine kann dann basierend auf einer gespeicherten Matrize erfolgen, die als Kennfeld verwendet wird.

[0015] Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden anhand der nachfolgenden Beschreibung eines Verfahrens gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme der beiliegenden Zeichnung deutlich, die ein schematisches Ablaufdiagramm zeigt.

[0016] Das nachfolgend beschriebene Verfahren dient zum Regeln einer Aufteilung von Brennstoff auf verschiedene Brennerstufen mehrerer ringförmig angeordneter Brenner einer Gasturbine während eines stationären Gasturbinenbetriebs. Jeder Brenner umfasst einen Pilotbrenner und eine Vielzahl von Vormisch- bzw. Hauptbrennern. Der Pilotbrenner definiert eine erste Brennerstufe eines Brenners. Die Vormischbrenner jedes Brenners bilden eine zweite und eine dritte Brennerstufe. Sämtliche Pilotbrenner werden über eine gemeinsame erste Ringleitung mit Brennstoff versorgt. Ebenso werden sämtliche Vormischbrenner der zweiten Brennerstufe und sämtliche Vormischbrenner der dritten Brennerstufe jeweils über eine gemeinsame zweite bzw. dritte Ringleitung mit Brennstoff versorgt.

[0017] An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die Anzahl von Brennerstufen grundsätzlich variabel ist, soweit zumindest zwei Brennerstufen vorgesehen sind, die getrennt voneinander mit Brennstoff versorgt werden.

[0018] Zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird in einem ersten Schritt S1 ein Grenzwert für eine Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität bzw. das Brumverhalten festgelegt. Ferner wird in Schritt S1 ein Grenzwert für eine Bewertungsgröße für den NO_x-Anteil im Abgas definiert. Die Grenzwerte bilden jeweils obere Schranken, die während des stationä-

ren Gasturbinenbetriebs nicht überschritten werden sollen.

[0019] In einem zweiten Schritt S2 werden die Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität und die Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas während des stationären Maschinenbetriebs unter Verwendung geeigneter Messeinrichtungen erfasst und zwischengespeichert, wobei die Brennstoffmengen, die den einzelnen Brennstufen während des stationären Betriebs zugeführt werden, bekannt sind. Der stationäre Gasturbinenbetrieb kann beispielsweise mittels einer Überwachung der Maschinenleistung festgestellt werden. Als Messeinrichtungen zur Erfassung der Verbrennungsstabilität können beispielsweise Schallsensoren, Druckaufnehmer oder dergleichen dienen. Als Messeinrichtung zur Bestimmung des NOx-Anteils im Abgas stehen Geräte basierend auf verschiedenen Messprinzipien zur Verfügung, die den NOx-Anteil direkt ermitteln.

[0020] In einem sich anschließenden Schritt S3 werden die in Schritt S2 zwischengespeicherten Messergebnisse mit den in Schritt S1 definierten Grenzwerten verglichen. Wird im Rahmen eines solchen Vergleichs festgestellt, dass keiner der Grenzwerte überschritten wurde, so wird Schritt S2 erneut durchgeführt. Wird in Schritt S3 hingegen festgestellt, dass zumindest einer der Grenzwerte überschritten wurde, so wird in einem weiteren Schritt S4.1 die Brennstoffzufuhr zu der ersten Brennerstufe um einen vorbestimmten Wert geändert. Mit anderen Worten wird der ersten Brennerstufe nun eine vorbestimmte Menge mehr oder weniger Brennstoff zugeführt.

[0021] Daraufhin werden die Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität und die Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas in Schritt S5.1 unter Verwendung der zuvor genannten Messeinrichtungen erneut erfasst und zwischengespeichert.

[0022] In Schritt S6.1 wird nunmehr bewertet, ob zumindest eine der in Schritt S5.1 zwischengespeicherten Regelgrößen eine Verbesserung gegenüber einer der in Schritt S2 zwischengespeicherten Regelgrößen darstellt. Wird in Schritt S6.1 festgestellt, dass die Veränderung der Brennstoffzufuhr in Schritt S4.1 keine Verschlechterung einer Bewertungsgröße zur Folge hatte, so wird die Brennstoffzufuhr zur ersten Brennerstufe in Schritt S4.2 erneut um einen vorbestimmten Wert in gleicher Richtung wie in Schritt S4.1 geändert. Wurde die Brennstoffzufuhr in Schritt S4.1 also erhöht, so wird sie in Schritt S4.2 wieder erhöht. Wurde die Brennstoffzufuhr in Schritt S4.1 hingegen verringert, so wird sie auch in Schritt S4.2 verringert. Daraufhin werden die Regelgrößen unter Verwendung der Messeinrichtungen im Schritt S5.2 wieder erfasst und zwischengespeichert. Anschließend wird in Schritt S6.2 bewertet, ob zumindest eine der in Schritt S5.2 zwischengespeicherten Regelgrößen eine Verbesserung gegenüber der in Schritt S5.1 zwischengespeicherten Regelgrößen darstellt. Wird in Schritt S6.2 erneut festgestellt, dass die Brennstoffzufuhr in Schritt S4.2 keine Verschlechterung einer Bewer-

tungsgröße zur Folge hatte, so wird in Schritt S4.3 die Brennstoffzufuhr wieder in gleicher Richtung um einen vorbestimmten Wert geändert, woraufhin die Schritte S5.3 und S6.3 in analoger Weise durchgeführt werden.

[0023] Wird in Schritt S6.n (n = 2, 3...) festgestellt, dass eine Verschlechterung zumindest einer Bewertungsgröße stattgefunden hat, so wird die Brennstoffzufuhr auf diejenige des Schrittes S4.n-1 zurückgesetzt. Daraufhin wird der zuvor beschriebene Verfahrensablauf nacheinander auf die zweite und die dritte Brennerstufe angewendet.

[0024] Wird in Schritt S6.1 festgestellt, dass eine Verschlechterung zumindest einer Bewertungsgröße gegenüber den in Schritt S2 erfassten und zwischengespeicherten Bewertungsgrößen stattgefunden hat, so wird in Schritt S4.2 zumindest ein weiterer Veränderungsschritt entgegen der in Schritt S4.1 gewählten Richtung ausgehend vom Ausgangspunkt durchgeführt. Wurde also die Brennstoffzufuhr der ersten Brennerstufe in Schritt S4.1 gegenüber der Brennstoffzufuhr der ersten Brennerstufe in Schritt S2 erhöht, so wird sie in Schritt S4.2 ausgehend vom Ausgangspunkt verringert. Wurde sie in Schritt S4.1 verringert, so wird sie in Schritt S4.2 nunmehr erhöht. Daraufhin werden die Schritte S5.2 und S6.2 durchgeführt. Wird in Schritt S6.n (n = 2, 3...) festgestellt, dass eine Verschlechterung zumindest einer Bewertungsgröße stattgefunden hat, so wird die Brennstoffzufuhr auf diejenige des Schrittes S4.n-1 zurückgesetzt. Daraufhin wird der zuvor beschriebene Verfahrensablauf nacheinander auf die zweite und die dritte Brennerstufe angewendet.

[0025] Wird in Schritt S3 sowohl eine Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität als auch die Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas festgestellt, so wird in Schritt S4.1 nur eine Verbesserung der Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität oder eine Verbesserung der Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas berücksichtigt. Mit anderen Worten wird einer der Bewertungsgrößen eine Priorität eingeräumt.

[0026] Wurde die Aufteilung des Brennstoffs im Rahmen der zuvor beschriebenen Schritte für sämtliche Brennerstufen geregelt, so wird das zuvor beschriebene Verfahren wieder auf die erste Brennerstufe angewendet. Mit anderen Worten beginnt das Verfahren dann wieder von vorne.

[0027] Das Verfahren wird beendet, sobald die Gasturbine den stationären Betrieb verlässt oder wenn in Schritt S3 keine Überschreitung von Grenzwerten ermittelt wird.

[0028] Die Einstellungen der Brennstoffzufuhr zu den einzelnen Brennerstufen, die im Rahmen der Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens vorgenommen wurden, werden in nach Maschinenleistung und Umgebungstemperatur geclusterten Matrizen gespeichert. Ein erneutes Anfahren der Maschine kann dann basierend auf einer gespeicherten Matrizie erfolgen, die dann als

Kennfeld verwendet wird. Sobald die Maschine nach ihrem erneuten Anfahren wieder den stationären Maschinenbetrieb erreicht, wird das erfindungsgemäße Verfahren erneut durchgeführt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Regeln einer Aufteilung von Brennstoff auf vorbestimmte Brennerstufen zumindest eines Brenners einer Maschine während eines stationären Maschinenbetriebs, das die Schritte aufweist:

- a) Definieren von Grenzwerten verschiedener Regelgrößen, wobei die Regelgrößen zumindest eine Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität und eine Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas umfassen;
- b) Erfassen und Zwischenspeichern der Regelgrößen unter Verwendung geeigneter Messeinrichtungen während des stationären Maschinenbetriebs, wobei die den einzelnen Brennerstufen während des stationären Maschinenbetriebs zugeführten Brennstoffvolumenströme bekannte Ausgangsgrößen darstellen;
- c) Vergleichen der in Schritt b) zwischengespeicherten Regelgrößen mit den zugeordneten Grenzwerten und, wenn im Rahmen dieser Vergleiche eine Überschreitung zumindest eines Grenzwertes festgestellt wird,
- d) Verändern des Brennstoffvolumenstroms zu einer ersten Brennerstufe um einen vorbestimmten Wert;
- e) erneutes Erfassen und Zwischenspeichern der Regelgrößen unter Verwendung der Messeinrichtungen;
- f) Bewerten, ob zumindest eine der in Schritt e) zwischengespeicherten Regelgrößen eine Verbesserung oder eine Verschlechterung gegenüber einer der in Schritt b) zwischengespeicherten Regelgrößen darstellt;
- g) Wiederholen der Schritte d) bis f), bis in Schritt f) eine Verbesserung zumindest einer Bewertungsgröße erfasst wird; und
- h) Durchführen der Schritte b) bis g) für weitere vorbestimmte Brennerstufen des Brenners, insbesondere für sämtliche Brennerstufen des Brenners,

wobei entweder, wenn nach Durchführung einer Brennstoffvolumenstromänderung in Schritt d) keine Verschlechterung einer Bewertungsgröße in Schritt f) erfasst wird, der Brennstoffvolumenstrom im erneut durchgeführten Schritt d) um einen vorbestimmten Wert in gleicher Richtung wie beim vorangegangenen Schritt d) verändert wird, oder, wenn nach Durchführung einer Brennstoffvolumenstromänderung in Schritt d) eine Verschlechterung einer Bewertungsgröße in Schritt f) erfasst wird, im erneut durchgeführten Schritt d) die im vorangegangenen Schritt d) durchgeführte Brennstoffvolumenstromänderung rückgängig gemacht wird.

5

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem, wenn nach einer Rückgängigmachung einer vorangegangenen Brennstoffvolumenstromänderung der Brennstoffvolumenstrom wieder der Ausgangsgröße entspricht, der Brennstoffvolumenstrom im erneut durchgeführten Schritt d) um einen vorbestimmten Wert entgegen der ursprünglichen Richtung verändert wird.

10

15

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem, wenn in Schritt c) sowohl eine Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität als auch die Überschreitung des Grenzwertes für die Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas festgestellt wird, in Schritt f) nur eine Verbesserung der Bewertungsgröße für die Verbrennungsstabilität oder nur eine Verbesserung der Bewertungsgröße für den NOx-Anteil im Abgas berücksichtigt wird.

20

25

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Schritte b) bis g), nachdem diese gemäß Schritt h) für sämtliche der vorbestimmten Brennerstufen durchgeführt wurden, erneut für die erste Brennerstufe durchgeführt werden.

30

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem derjenige Anteil des Brennstoffvolumenstroms, um den die Brennstoffzufuhr einer Brennerstufe in Schritt d) erhöht oder verringert wird, von dem Brennstoffvolumenstrom zumindest einer der anderen Brennerstufen abgezogen oder zumindest einer der anderen Brennerstufen hinzugefügt wird, so dass der den Brennerstufen insgesamt zugeführte Brennstoffgesamtvolumenstrom konstant gehalten wird.

35

40

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** dieses beendet wird, wenn in Schritt c) kein Überschreiten von Grenzwerten festgestellt wird oder die Maschine den stationären Betrieb verlässt.

45

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Einstellungen der Brennstoffvolumenströme zu den einzelnen Brennerstufen, die im Rahmen der Durchführung der Schritte b) bis h) vorgenommen werden, in nach Maschinenleistung und Umgebungstemperatur geclusterten Matrizen gespeichert werden.

50

55

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem ein Anfahren der Maschine basierend auf einer gespeicherten

Matrize erfolgt.

Claims

1. Method for regulating a distribution of fuel at predetermined burner stages of at least one burner of a machine during a steady-state machine operating mode, which has the steps:

a) defining limiting values of various regulating variables, wherein the regulating variables comprise at least one evaluation variable for the stability of the combustion and an evaluation variable for the NOx content in the exhaust gas;
 b) acquiring and buffering the regulating variables using suitable measuring devices during the steady-state machine operating mode, wherein the fuel volume flows which are fed to the individual burner stages during the steady-state machine operating mode constitute known output variables;
 c) comparing the regulating variables buffered in step b) with the assigned limiting values, and if it is detected within the scope of these comparisons that at least one limiting value is exceeded,
 d) changing the fuel volume flow to a first burner stage by a predetermined value;
 e) renewed acquiring and buffering of the regulating variables using the measuring devices;
 f) evaluating whether at least one of the regulating variables buffered in step e) constitutes an improvement or worsening compared to one of the regulating variables buffered in step b);
 g) repeating the steps d) to f), until an improvement in at least one evaluation variable is acquired in step f); and
 h) carrying out the steps b) to g) for further predetermined burner stages of the burner, in particular for all the burner stages of the burner,

wherein either, if no worsening of an evaluation variable is sensed in step f) after a fuel volume flow change has been carried out in step d), the fuel volume flow is changed, in the step d) which is carried out again, by a predetermined value in the same direction as in the preceding step d), or, if worsening of an evaluation variable is sensed in step f) after a fuel volume flow change has been carried out in step d), in the step d) which is carried out again the fuel volume flow change which is carried out in the preceding step d) is reversed.

2. Method according to Claim 1, in which, if after a preceding fuel volume flow change has been reversed the fuel volume flow corresponds again to the initial value, in the step d) which is carried out again the

fuel volume flow is changed by a predetermined value in the opposite direction to the original direction.

3. Method according to one of the preceding claims, in which if in step c) it is detected that the limiting value for the evaluation variable for the stability of the combustion is exceeded and the limiting value for the evaluation variable for the NOx content in the exhaust gas is exceeded, in step f) only an improvement in the evaluation variable for the stability of the combustion or only an improvement in the evaluation variable for the NOx content in the exhaust gas is taken into account.
4. Method according to one of the preceding claims, in which after steps b) to g) have been carried out according to step h) for all of the predetermined burner stages, said steps b) to g) are carried out again for the first burner stage.
5. Method according to one of the preceding claims, in which that portion of the fuel volume flow by which the fuel supply of a burner stage is increased or reduced in step d) is subtracted from the fuel volume flow of at least one of the other burner stages or added to at least one of the other burner stages, with the result that the overall fuel volume flow which is fed in total to the burner stages is kept constant.
6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** said method is ended if in step c) it is not detected that limiting values are exceeded or the machine exits the steady-state operating mode.
7. Method according to one of the preceding claims, in which the settings of the fuel volume flows to the individual burner stages which are implemented within the scope of the execution of steps b) to h) are stored in matrices which are clustered according to machine power and ambient temperature.
8. Method according to Claim 7, in which the machine is started up on the basis of a stored matrix.

Revendications

1. Procédé de réglage d'une répartition de carburant sur des étages déterminés à l'avance d'au moins un brûleur d'un moteur pendant un fonctionnement en régime permanent du moteur, qui a les stades :

a) définition de valeurs limites de diverses grandeurs de réglage, les grandeurs de réglage comprenant au moins une grandeur d'évaluation de la stabilité de la combustion et une grandeur d'évaluation de la proportion de NOx dans les

gaz d'échappement;

b) relevé et mémorisation intermédiaire des grandeurs de réglage en utilisant des dispositifs de mesure appropriés pendant le fonctionnement en régime permanent du moteur, les courants en volume de carburant envoyés aux divers étages du brûleur pendant le fonctionnement en régime permanent du moteur représentant des grandeurs initiales connues;

c) comparaison des grandeurs de réglage mémorisées intermédiairement au stade b) aux valeurs limites associées et, si l'on constate, dans le cadre de cette comparaison, un dépassement d'au moins une valeur limite,

d) modification du courant en volume de carburant allant à un premier étage du brûleur d'une valeur déterminée à l'avance;

e) relevé et mémorisation intermédiaire renouvelés des grandeurs de réglage en utilisant les dispositifs de mesure;

f) évaluation du point de savoir si au moins l'une des grandeurs de réglage mémorisées intermédiairement au stade e) représente une amélioration ou une détérioration par rapport à une grandeur de réglage mémorisée intermédiairement au stade b) ;

g) répétition des stades d) à f) jusqu'à ce que l'on relève au stade f) une amélioration d'au moins une grandeur d'évaluation et

h) on effectue les stades b) à g) pour d'autres étages déterminés à l'avance du brûleur, notamment pour tous les étages du brûleur,

dans lequel, si, après avoir effectué une modification du courant en volume du carburant au stade d), on ne relève pas de détérioration d'une grandeur d'évaluation au stade f), on modifie le courant en volume de carburant dans le stade d) effectué à nouveau d'une valeur déterminée à l'avance dans le même sens que dans le stade d) précédent,

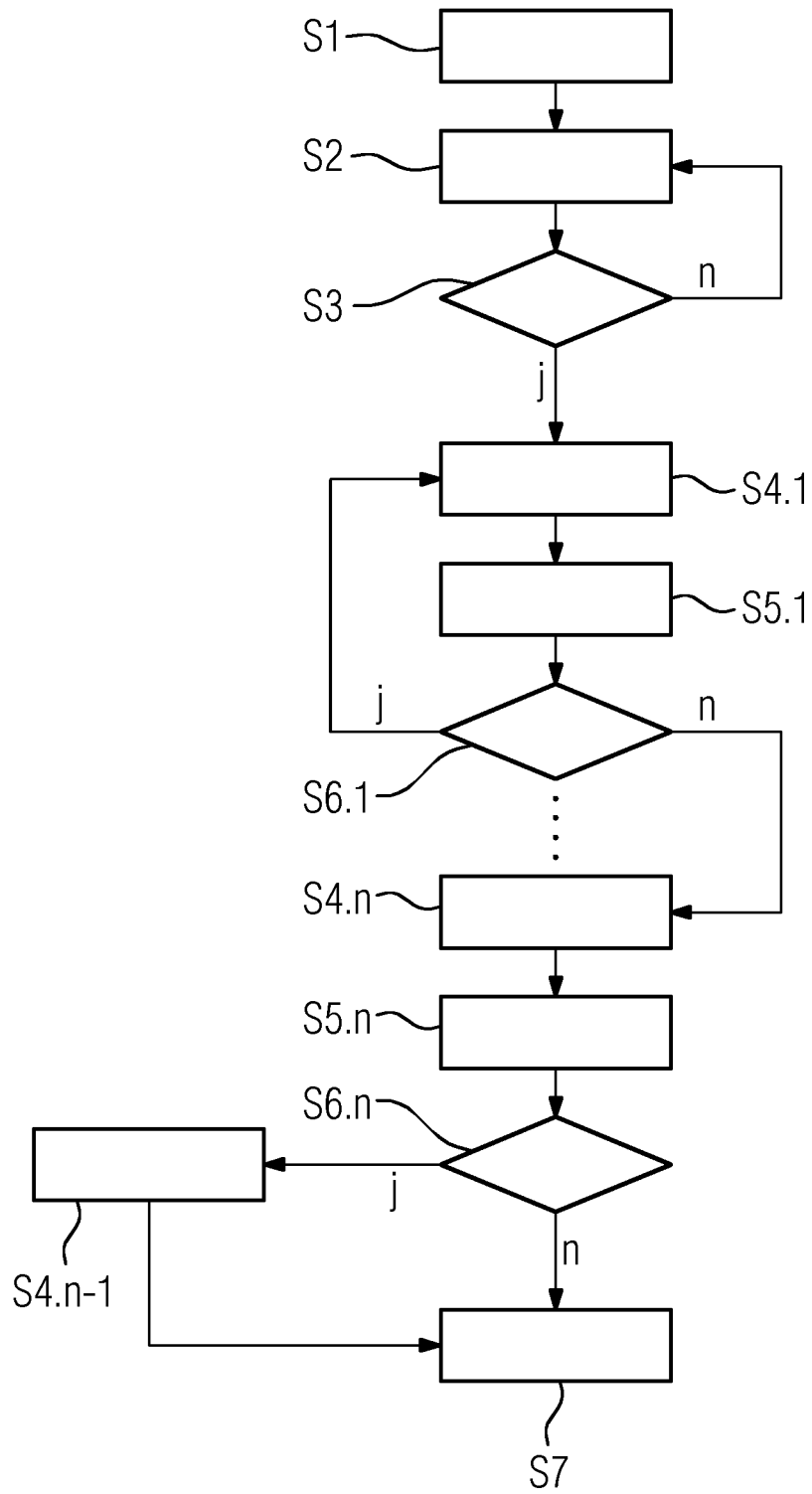
ou si, après avoir effectué une modification du courant en volume du carburant dans le stade d), on détecte une détérioration d'une grandeur d'évaluation dans le stade f), on annule, dans le stade d) effectué à nouveau, la modification de courant en volume du carburant effectuée dans le stade d) précédent.

2. Procédé suivant la revendication 1, dans lequel si, après une annulation d'une modification du courant en volume du carburant précédent, le courant en volume du carburant correspond à nouveau à la grandeur initiale, on modifie, dans le sens contraire au sens initial d'une valeur définie à l'avance, le courant en volume de carburant dans le stade d) effectué à nouveau.

3. Procédé suivant l'une des revendications précédentes,

tes, dans lequel si, dans le stade c) on constate à la fois un dépassement de la valeur limite de la grandeur d'évaluation de la stabilité de la combustion et le dépassement de la valeur limite de la grandeur d'évaluation de la proportion de NOx dans les gaz d'échappement, on ne tient compte dans le stade f) que d'une amélioration de la grandeur d'évaluation de la stabilité de la combustion ou que d'une amélioration de la grandeur d'évaluation de la proportion de NOx dans les gaz d'échappement.

4. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on effectue à nouveau, pour le premier étage du brûleur, les stades b) à g), après les avoir effectués suivant le stade h) pour l'ensemble des étages définis à l'avance du brûleur.
5. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on soustrait ou on ajoute au moins à l'un des autres étages du brûleur la proportion du courant en volume de carburant, dont on a augmenté ou diminué l'apport de carburant à un étage du brûleur au stade d), de manière à maintenir constant le courant en volume global de carburant envoyé dans l'ensemble aux étages du brûleur.
6. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'**on met fin à celui-ci si au stade c) on ne constate pas de dépassement de valeur limite ou si le moteur quitte le fonctionnement en régime permanent.
7. Procédé suivant l'une des revendications précédentes, dans lequel on mémorise les réglages des courants en volume du carburant aux divers étages du brûleur, qui ont été effectués dans le cadre de la mise en oeuvre des stades b) à h), dans des matrices regroupant la puissance du moteur et la température ambiante.
8. Procédé suivant la revendication 7, dans lequel on effectue un démarrage du moteur sur la base d'une matrice mise en mémoire.



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 20100300108 A1 [0002]