(19) österreichisches patentamt

(10) **AT 509 448 A2 2011-08-15**

(12) Österreichische Patentanmeldung

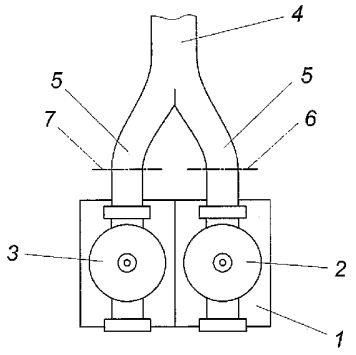
(21) Anmeldenummer: A 1730/2009
(22) Anmeldetag: 02.11.2009
(43) Veröffentlicht am: 15.08.2011

(51) Int. Cl. : ***F02D 41/00*** (2006.01)
F02D 45/00 (2006.01)

(73) Patentanmelder:
FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FÜR VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINEN UND THERMODYNAMIK MBH
A-8010 GRAZ (AT)

(54) VERFAHREN ZUM BERECHNEN EINER GASSTRÖMUNG AUS WENIGSTENS ZWEI SICH VEREINIGENDEN STRÖMUNGSSTRÄNGEN EINER VERBRENNUNGSKRAFTMASCHINE

(57) Es wird ein Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik beschrieben, wobei Strömungsparameter zellenweise anhand von durch das Raster eines Rechengitters bestimmten Zellen berechnet werden. Um Rechnerleistung einzusparen, wird vorgeschlagen, dass bei hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmenden Strömungssträngen die Strömungsparameter für einen Strömungsstrang berechnet und für Zellen, die eine Schnittstelle in Form eines Strömungsquerschnitts bestimmen, erfasst und den Zellen einer korrespondierenden Schnittstelle des anderen Strömungsstrangs als Randbedingung für die weitere Strömungsberechnung stromabwärts der Schnittstelle vorgegeben werden.



AT 509 448 A2 2011-08-15

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Dipl.-Ing. Friedrich Jell
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

~~(36 966) II~~

Z u s a m m e n f a s s u n g :

Es wird ein Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik beschrieben, wobei Strömungsparameter zellenweise anhand von durch das Raster eines Rechengitters bestimmten Zellen berechnet werden. Um Rechnerleistung einzusparen, wird vorgeschlagen, dass bei hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmenden Strömungssträngen die Strömungsparameter für einen Strömungsstrang berechnet und für Zellen, die eine Schnittstelle in Form eines Strömungsquerschnitts bestimmen, erfasst und den Zellen einer korrespondierenden Schnittstelle des anderen Strömungsstrangs als Randbedingung für die weitere Strömungsberechnung stromabwärts der Schnittstelle vorgegeben werden.

NACHGEREICHT

010995

~~(36 966) II~~

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik, wobei Strömungsparameter zellenweise anhand von durch das Raster eines Rechengitters bestimmten Zellen berechnet werden.

Um Gasströmungen simulieren zu können, werden auf der numerischen Strömungsmechanik (CFD) beruhende Berechnungsverfahren eingesetzt, die vor allem die Navier-Stokes-Gleichungen als Modellgleichungen benützen, und zwar anhand einer Diskretisierung durch ein Rechengitter, dessen Raster Berechnungszellen bilden. Bei der Simulierung der bei Verbrennungskraftmaschinen auftretenden Gasströmungen wird insbesondere die Finite-Volumen-Methode eingesetzt, die bei einem entsprechend feinen Rechengitter rasch zu einem hohen Berechnungsaufwand führt. Soll beispielsweise das Strömungsverhalten der Abgase einer Verbrennungskraftmaschine in einer Auspuffanlage berechnet werden, so müssen zunächst die Strömungsparameter der Abgasstränge der einzelnen Zylinder als Voraussetzung für die Berechnung der Strömungsparameter der Abgasströmung aus den vereinigten Abgassträngen in der gemeinsamen Abgasanlage ermittelt werden, was die Strömungserfassung in den einzelnen Zylindern mit ihrem zeitlichen Bezug zueinander bedingt.

Der Erfindung liegt somit die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Berechnung von Gasströmungen von Verbrennungskraftmaschinen mit Hilfe der numerischen Strö-

NACHGEREICHT

mungsmechanik so auszugestalten, dass Rechenleistung eingespart werden kann, ohne das Rechenergebnis nachteilig zu beeinflussen.

Ausgehend von einem Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine der eingangs geschilderten Art löst die Erfindung die gestellte Aufgabe dadurch, dass bei hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmenden Strömungssträngen die Strömungsparameter für einen Strömungsstrang berechnet und für Zellen, die eine Schnittstelle in Form eines Strömungsquerschnitts bestimmen, erfasst und den Zellen einer korrespondierenden Schnittstelle des anderen Strömungsstrangs als Randbedingung für die weitere Strömungsberechnung stromabwärts der Schnittstelle vorgegeben werden.

Die Erfindung geht von der Erkenntnis aus, dass bei Verbrennungskraftmaschinen Gasströmungen vorhanden sind, die hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmen, sodass nicht jeder dieser Strömungsstränge für sich zellenweise berechnet werden muss. Es genügt vielmehr, einen dieser hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmenden Strömungsstränge mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik zu berechnen, um anhand von Strömungsparametern, die für einen Strömungsquerschnitt bestimmende Zellen erfasst werden, den anderen Strömungssträngen im Bereich korrespondierender Schnittstellen Randbedingungen vorgeben zu können, die für die Simulierung der von dieser Schnittstelle ausgehenden Gasströmung hinreichend sind. Dies bedeutet, dass die Berechnung der Gasströmungen stromaufwärts der jeweiligen Schnittstelle entfallen kann, wenn die Strömungsparameter im Bereich der Schnittstelle des berechneten Strömungsstrangs zellenweise erfasst und zeitbezogen abgespeichert werden, um sie als Randbedingungen in den Schnittstellen der nicht berechneten Strömungsstränge zellenweise vorzugeben.

Sollen zeitlich synchron auftretende Strömungsstränge erfasst werden, wie sie beispielsweise in einander symmetrisch in einem Zylinder gegenüberliegenden Überströmkanälen von Zweitaktmotoren auftreten, so ist hinsichtlich der Vorgabe

NACHGEREICHT

der Randbedingungen auf die zeitliche Übereinstimmung Rücksicht zu nehmen. Bei Strömungssträngen, die zwar hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmen, jedoch zeitlich versetzt sind, wie dies beispielsweise bei Abgassträngen mehrzylindriger Verbrennungskraftmaschinen der Fall ist, ist dementsprechend auf den zeitlichen Versatz der Vorgabe der Randbedingungen zu achten. Für die Berechnung der Abgasströmung einer Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens zwei Zylindern können somit die für einen Zylinder berechneten Strömungsparameter an einer vorbestimmten Schnittstelle im Abgasstrang dieses Zylinders erfasst und der korrespondierenden Schnittstelle im Abgasstrang des anderen Zylinders zur Berechnung der Gasströmung stromabwärts der Schnittstelle als Randbedingung entsprechend dem Kurbelwinkel zeitlich versetzt vorgegeben werden, um dann das Abgasverhalten dieser Verbrennungskraftmaschine in einer Auspuffanlage auf der Berechnung der vereinigten Strömungsstränge zu simulieren.

Besonders einfache Übertragungsbedingungen für die zellenweise ermittelten Strömungsparameter ergeben sich, wenn an den Schnittstellen der Strömungsstränge übereinstimmende Rechengitter verwendet werden, was jedoch nicht zwingend ist.

Anhand der Zeichnung, die einen Zweitakt-Verbrennungsmotor in einem schematischen Blockschaltbild zeigt, wird das erfindungsgemäße Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik näher erläutert.

Die dargestellte Verbrennungskraftmaschine 1, ein Zweitakt-Verbrennungsmotor, umfasst zwei Zylinder 2 und 3, deren sich in einer gemeinsamen Abgasanlage 4 vereinigende Abgasleitungen mit 5 bezeichnet sind. Da vorausgesetzt werden kann, dass sowohl das Laden als auch Entladen der baugleichen Zylinder 2, 3 in übereinstimmender Weise erfolgt, allerdings um einen Kurbelwinkel von 180° gegeneinander zeitlich versetzt, kann auch von nach einer entsprechenden zeitlichen Versetzung übereinstimmenden Abgasströmungen in den Abgasleitungen 5 ausgegangen

NACHGEREICHT

werden. Um nicht die Abgasströmungen für beide Zylinder 2 und 3 beispielsweise mit Hilfe der Finite-Volumen-Methode berechnen zu müssen, werden den beiden Abgasleitungen 5 übereinstimmende Schnittstellen 6, 7 nahe den Zylindern 2, 3 zugeordnet. Einer der beiden Zylinder 2, 3, beispielsweise der Zylinder 2, wird nun in herkömmlicher Weise hinsichtlich seiner Gasströmungen berechnet. Die Strömungsparameter der die zugehörige Schnittstelle 6 bestimmenden Zellen des gewählten Rechengitters werden für alle Zeitschritte gespeichert. Anstatt der Berechnung der Gasströmungen des Zylinders 3 werden die gespeicherten Strömungsparameter an der Schnittstelle 6 des berechneten Zylinders 2 der korrespondierenden Schnittstelle 7 des nicht berechneten Zylinders 3 als Randbedingungen zellenweise vorgegeben, und zwar um einen Kurbelwinkel von 180° zeitversetzt. Mit diesen Randbedingungen kann die Abgasströmung des Zylinders 3 in der Abgasleitung 5 stromabwärts der Schnittstelle 7 in herkömmlicher Weise berechnet werden, um dann das Abgasverhalten durch die beiden vereinigten Abgasströmungen in der gemeinsamen Abgasanlage 4 zu simulieren.

Besonders vorteilhafte Berechnungsbedingungen ergeben sich, wenn ein übereinstimmendes Rechnungsgitter an den beiden Schnittstellen 6 und 7 gegeben ist, weil in diesem Fall die für jede Zelle des Rechnungsgitters im Bereich der Schnittstelle 6 abgespeicherten Strömungsparameter ohne Interpolation zellgenau auf die korrespondierende Schnittstelle 7 des nicht berechneten Zylinders 3 übertragen werden können.

Ein Vergleich der Berechnungen des Abgasverhaltens in der gemeinsamen Abgasanlage 4 unter Zugrundelegung einer üblichen vollständigen Berechnung der Strömungsstränge für beide Zylinder 2 und 3 mit einer Berechnung aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens erbrachte keinen Unterschied. Es konnte allerdings mit dem erfindungsgemäßen Verfahren etwa die halbe Rechenzeit eingespart werden.

Ähnliche Verhältnisse ergaben sich bei der Berechnung der symmetrisch aufgebauten Überströmkanäle der beiden Zylinder 2, 3, wobei die Gasströmung lediglich in einem der einander symmetrisch gegenüberliegenden Überströmkanäle eines

NACHGEREICHT

Zylinders berechnet und die im Bereich einer vorgegebenen Schnittstelle zellenweise erfassten Strömungsparameter als Randbedingungen der korrespondierenden Schnittstelle des gegenüberliegenden Überströmkanals für die weitere Berechnung des Strömungsstrangs vorgegeben werden, und zwar praktisch ohne Zeitversetzung, weil ja die Gasströmungen in den einander symmetrisch gegenüberliegenden Überströmkanälen eines Zylinders synchron verlaufen.

NACHGEREICHT

Patentanwälte
Dipl.-Ing. Helmut Hübscher
Dipl.-Ing. Karl Winfried Hellmich
Dipl.-Ing. Friedrich Jell
Spittelwiese 7, A 4020 Linz

(36 966) II

Patentansprüche:

1. Verfahren zum Berechnen einer Gasströmung aus wenigstens zwei sich vereinigenden Strömungssträngen einer Verbrennungskraftmaschine mit Hilfe der numerischen Strömungsmechanik, wobei Strömungsparameter zellenweise anhand von durch das Raster eines Rechengitters bestimmten Zellen berechnet werden, dadurch gekennzeichnet, dass bei hinsichtlich der Strömungsmechanik übereinstimmenden Strömungssträngen die Strömungsparameter für einen Strömungsstrang berechnet und für Zellen, die eine Schnittstelle in Form eines Strömungsquerschnitts bestimmen, erfasst und den Zellen einer korrespondierenden Schnittstelle des anderen Strömungsstrangs als Randbedingung für die weitere Strömungsberechnung stromabwärts der Schnittstelle vorgegeben werden.

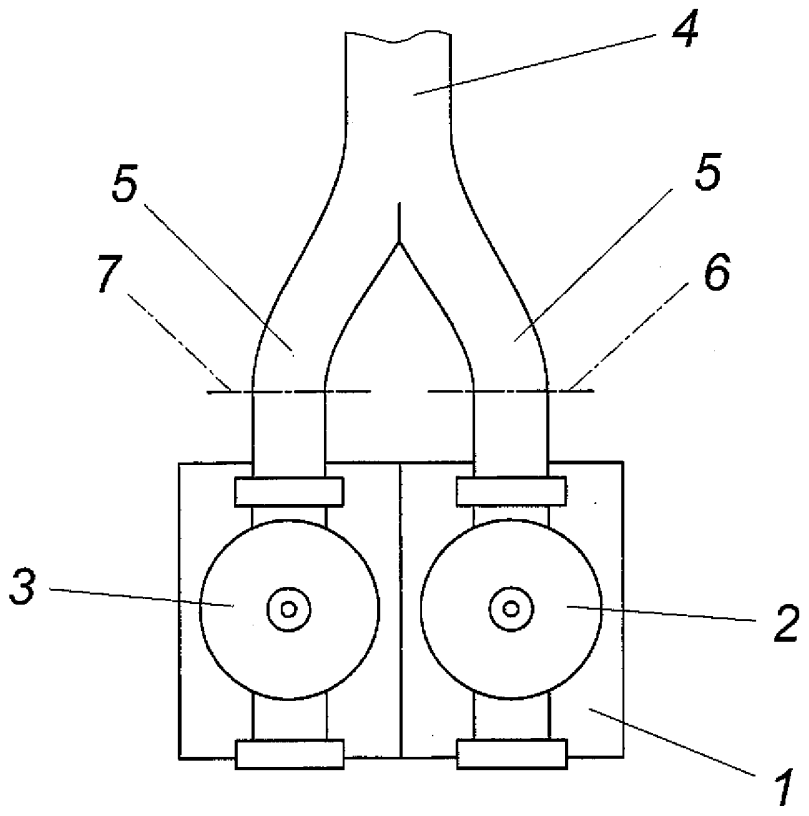
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für die Berechnung der Abgasströmung einer Verbrennungskraftmaschine mit wenigstens zwei Zylindern die für einen Zylinder berechneten Strömungsparameter an einer vorbestimmten Schnittstelle im Abgasstrang dieses Zylinders erfasst und der korrespondierenden Schnittstelle im Abgasstrang des anderen Zylinders zur Berechnung der Gasströmung stromabwärts der Schnittstelle als Randbedingung entsprechend dem Kurbelwinkel zeitlich versetzt vorgegeben werden.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass an den Schnittstellen der Strömungsstränge übereinstimmende Rechengitter verwendet werden.

Linz, am 02. November 2009

Forschungsgesellschaft für
Verbrennungskraftmaschinen
und Thermodynamik mbH
durch:

NACHGEREICHT



NACHGEREICHT