



(19) österreichisches
patentamt

(10) **AT 413 858 B 2006-06-15**

(12)

Patentschrift

(21) Anmeldenummer: A 723/2004

(51) Int. Cl.⁷: **F02D 41/40**

(22) Anmeldetag: 2004-04-27

(42) Beginn der Patentdauer: 2005-10-15

(45) Ausgabetag: 2006-06-15

(56) Entgegenhaltungen:

US 6338245B1 US 6158413A

AT GM 702/2002

WO 03/018972A1

EP 0978643A2

(73) Patentinhaber:

AVL LIST GMBH

A-8020 GRAZ, STEIERMARK (AT).

(72) Erfinder:

NEUNTEUFL KLEMENS DIPL.ING.

GRAZ, STEIERMARK (AT).

BÜRGLER LUDWIG DIPL.ING.

ST. RADEGUND BEI GRAZ,

STEIERMARK (AT).

(54) **VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

(57) Eine Brennkraftmaschine wird abwechselnd in zumindest zwei Betriebsarten betrieben. Das Umschalten von einer ersten in eine zweite Betriebsart erfolgt in Abhängigkeit von zumindest einem charakteristischen Motorbetriebsparameter.

AT 413 858 B 2006-06-15

DVR 0078018

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere Diesel-Brennkraftmaschine, welche in Abhängigkeit von zumindest einem charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest zwischen einer ersten und einer zweiten Betriebsart umgeschaltet wird.

Die wichtigsten Bestimmungsstücke für den Verbrennungsablauf in einer Brennkraftmaschine mit innerer Verbrennung sind die Phasenlage des Verbrennungsablaufes bzw. des Verbrennungsbeginnes, die maximale Anstiegsgeschwindigkeit des Zylinderdruckes, sowie der Spitzendruck.

Bei einer Brennkraftmaschine, bei der die Verbrennung im Wesentlichen durch Selbstzündung einer direkt eingespritzten Kraftstoffmenge erfolgt, werden die Bestimmungsstücke maßgeblich durch den Einspritzzeitpunkt, durch die Ladungszusammensetzung und durch den Zündverzug festgelegt. Diese Parameter werden ihrerseits durch eine große Anzahl von Einflussgrößen bestimmt, wie zum Beispiel Drehzahl, Kraftstoffmenge, Ansaugtemperatur, Ladedruck, effektives Kompressionsverhältnis, Inertgasgehalt der Zylinderladung und Bauteiltemperatur.

Konventionelle Dieselerverbrennung läuft vorwiegend unter Diffusionsverbrennung ab, wobei Luft und Kraftstoff nicht durchgemischt, sondern jeweils separat der Verbrennungszone zugeführt werden. Die konventionelle Dieselerverbrennung ist gekennzeichnet durch eine inhomogene Verteilung von Luft und Kraftstoff. Die Konzentration des Kraftstoffs nimmt im Einspritzstrahl von innen nach außen zum Bereich des umgebenden Luft-Restgasgemisches hin immer weiter ab. Die Verbrennung in Zonen bei Luftverhältnissen im Bereich des stöchiometrischen Luftverhältnisses und darunter führt zu hohen Spitzentemperaturen, die die Ursache für die thermische NO-Bildung sind. Weiterhin führt Sauerstoffmangel in fetten Zonen in Verbindung mit hohen Temperaturen zu Rußbildung.

Strengere gesetzliche Rahmenbedingungen bewirken, dass bei der Konzeption von Brennverfahren immer wieder neue Wege eingeschlagen werden müssen, um bei Dieselerbrennkraftmaschinen den Ausstoß an Rußpartikeln und an NO_x-Emissionen zu verringern.

Es ist bekannt NO_x- und Rußemissionen im Abgas zu verringern, indem durch Vorverlegen des Einspritzzeitpunktes der Zündverzug vergrößert wird, so dass die Verbrennung durch Selbstzündung eines mageren Kraftstoff-Luftgemisches erfolgt. Eine mögliche Variante wird hier als HCLI-Verfahren (Homogenous Charge Late Injection) bezeichnet. Wenn eine derartige Gemischverbrennung durchgeführt wird, erfolgt die Kraftstoffeinspritzung somit genügend weit vor dem oberen Totpunkt der Kompressionsphase, wodurch ein weitgehend homogenes Kraftstoff-Luftgemisch entsteht. Durch Abgasrückführung kann erreicht werden, dass die Verbrennungstemperatur unterhalb der für NO_x-Entstehung erforderlichen Mindesttemperatur bleibt. Da die Homogenisierung von Kraftstoff und Luft allerdings zeitabhängig ist, ist die Realisierung dieses Verfahrens drehzahl- und lastabhängig eingeschränkt, da bei unzureichender Homogenisierung der Partikelaustritt zunimmt.

Die US 6,338,245 B1 beschreibt eine nach dem HCLI-Verfahren arbeitende Diesel-Brennkraftmaschine, bei der Verbrennungstemperatur und Zündverzug so eingestellt werden, dass im unteren und mittleren Teillastbereich die Verbrennungstemperatur unter der NO_x-Bildungstemperatur und das Luftverhältnis oberhalb des für die Rußbildung maßgeblichen Wertes liegt. Die Verbrennungstemperatur wird dabei durch Verändern der Abgasrückführrate, der Zündverzug durch den Kraftstoffeinspritzzeitpunkt gesteuert. Bei mittlerer und hoher Last wird die Verbrennungstemperatur so weit abgesenkt, dass sowohl NO_x- als auch Rußbildung vermieden wird. Nachteilig ist, dass insbesondere im mittleren Teillastbereich ein niedriges Luftverhältnis kombiniert mit niedrigen Verbrennungstemperaturen auftritt und daher ein schlechter Wirkungsgrad in Kauf genommen werden muss.

Die US 6,158,413 A beschreibt eine direkteinspritzende Diesel-Brennkraftmaschine, bei der die

Kraftstoffeinspritzung nicht vor dem oberen Totpunkt der Kompression angesetzt ist, und bei der die Sauerstoffkonzentration im Brennraum durch Abgasrückführung vermindert wird. Dieses Betriebsverfahren wird hier auch als HPLI-Verfahren (Highly Premixed Late Injection) bezeichnet. Wegen des - verglichen mit einer konventionellen Einspritzung vor dem oberen Totpunkt - nach dem oberen Totpunkt sinkenden Temperaturniveaus und der gegenüber konventioneller Betriebsweise erhöhten Menge rückgeführten Abgases ist der Zündverzug länger als bei der sogenannten Diffusionsverbrennung. Das durch die Abgasrückführrate gesteuerte niedrige Temperaturniveau bewirkt, dass die Verbrennungstemperatur unter dem für die NO_x-Bildung maßgeblichen Wert bleibt. Durch den durch den späteren Einspritzzeitpunkt bewirkten großen Zündverzug wird eine gute Gemischbildung erreicht, wodurch bei der Verbrennung des Gemisches der lokale Sauerstoffmangel deutlich reduziert wird, wodurch die Partikelentstehung verringert wird. Die Spätverschiebung des Brennverlaufes bewirkt eine Absenkung der Maximaltemperatur, führt aber gleichzeitig zu einer Anhebung der mittleren Temperatur bei einem gegebenen späten Kurbelwinkel, was den Rußabbrand verstärkt. Die Verschiebung der Verbrennung in den Expansionstakt führt darüber hinaus im Zusammenwirken mit der hohen Abgasrückführrate trotz der wegen des langen Zündverzugs größeren vorgemischten Kraftstoffmenge und folglich höheren maximalen Brennrate zu einer das zulässige Maß nicht übersteigenden Druckerhöhungsrate im Zylinder. Nachteilig ist der schlechte Wirkungsgrad im unteren Teillastbereich.

Die WO 03/018972 A1 beschreibt ein Abgasreinigungssystem mit einem NO_x-Katalysator. Über einen Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Sensor wird das Abgasreinigungssystem überwacht, wobei das Luft/Kraftstoff-Verhältnis des Abgases in einem Gemischverbrennungsmodus angefettet wird, wenn der aktivierte NO_x-Katalysator regeneriert werden muss. Das Luft/Kraftstoffverhältnis des Abgases wird in einem Diffusionsverbrennungsmodus angefettet, wenn der nicht aktivierte NO_x-Katalysator regeneriert werden muss.

Die EP 0 978 643 A2 offenbart eine Kontrolleinrichtung für eine direkteinspritzende Brennkraftmaschine, welche einen Katalysator im Abgasstrang aufweist. Bei zu geringer Katalysatortemperatur wird während des Kompressionshubes in einem Niederlassbetriebsbereich einmalig Kraftstoff eingespritzt. Im Hochlastbereich dagegen wird eine zwischen Einlass- und Kompressionshub aufgeteilte Kraftstoffeinspritzung durchgeführt.

In der österreichischen Gebrauchsmusteranmeldung GM 702/2002 wird vorgeschlagen, eine Diesel-Brennkraftmaschine im unteren Teillastbereich nach dem HCLI-Verfahren, im mittleren Teillastbereich nach dem HPLI-Verfahren und im Vollastbereich mit konventioneller Dieselverbrennung zu betreiben. Dadurch kann die Brennkraftmaschine in jedem Lastbereich mit hohem Wirkungsgrad und niedrigen NO_x- und Rußemissionen betrieben werden.

Das HCLI-Verfahren und das HPLI-Verfahren zählen zu den alternativen Dieselverbrennungsverfahren.

Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren zu entwickeln, mit welchem die Brennkraftmaschine in der für den jeweiligen Betriebspunkt optimalen Betriebsart gefahren werden kann.

Erfindungsgemäß wird dies durch folgende Schritte erreicht:

- a. Auswählen von mindestens einem, vorzugsweise von mindestens zwei charakteristischen Motorbetriebsparametern,
- b. Zuordnen von Wertebereichen zu jedem Motorbetriebsparameter, wobei zumindest ein erster Wertebereich der ersten Betriebsart und zumindest ein zweiter Wertebereich der zweiten Betriebsart zugeordnet wird,
- c. Vergleichen der aktuellen Werte der ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter mit den Wertebereichen,
- d. Umschalten in die zweite Betriebsart oder Verbleiben in der zweiten Betriebsart, wenn alle

ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter in den zweiten Wertebereichen liegen,

wobei jedem ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest ein Schwellwert für das Umschalten zwischen den Betriebsarten zugeordnet wird, wobei erster und zweiter Wertebereich durch den Schwellwert getrennt sind, und wobei für zumindest einen Schwellwert ein vorbestimmter fester Wert gewählt oder zumindest ein Schwellwert zumindest eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters in Abhängigkeit von zumindest einem anderen Motorbetriebsparameter bestimmt wird.

Vorzugsweise ist dabei vorgesehen, dass in die erste Betriebsart umgeschaltet wird oder die erste Betriebsart beibehalten wird, wenn zumindest ein aktueller Wert eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters innerhalb des ersten Wertebereiches liegt.

Zumindest zwei charakteristische Motorbetriebsparameter werden aus der Gruppe Motordrehzahl, Motorlast, Motorkühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck, Temperatur des Abgasmachbehandlungssystems, Abgastemperatur vor dem Abgasmachbehandlungssystem, Abgastemperatur nach dem Abgasmachbehandlungssystem, Änderungsgeschwindigkeit der Motordrehzahl, Änderungsgeschwindigkeit der Motorlast und aktuelles Übersetzungsverhältnis der Antriebsstranges ausgewählt. Die Motorlast kann dabei beispielsweise durch das Drehmoment, die Einspritzmenge oder die Fahrpedalstellung definiert werden. Als Abgasmachbehandlungssystem wird vorzugsweise ein Oxidationskatalysator vorgesehen. Das aktuelle Übersetzungsverhältnis des Antriebsstranges wird vorteilhafter Weise durch die Gangnummer definiert.

Die erste Betriebsart wird vorzugsweise der konventionellen Dieselerbrennung und die zweite Betriebsart einem alternativen Dieselerbrennungsverfahren zugeordnet.

Jede der ausgewählten charakteristischen Motorparameter wird zumindest mit einem hinterlegten Schwellwert verglichen. Für jeden der verwendeten Motorbetriebsparameter sind die Schwellwerte entweder als feste Werte (z.B.: oberer Schwellwert für Motordrehzahl bei etwa 4000 Umdrehungen/min.) oder als abhängige Werte (z.B.: Kennlinie über der Motordrehzahl, Kennlinie über der Motordrehzahl und Motorlast) abgelegt. Die Schwellwerte können auch mit einer Hysterese behaftet sein, d.h., dass die Schwellwerte von der Veränderungsrichtung des entsprechenden Motorbetriebsparameters abhängig sind. Wenn jeder der ausgewählten Motorbetriebsparameter innerhalb des durch die entsprechenden Schwellwerte definierten zulässigen Wertebereichs liegt, wird von konventioneller- auf alternative Dieselerbrennung umgeschaltet. Sobald eine der verwendeten Eingangsgrößen den durch die entsprechenden Schwellwerte definierten zulässigen Wertebereich verlässt, wird von alternativer- auf konventionelle Dieselerbrennung umgeschaltet.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Figur näher erläutert.

Die Figur zeigt schematisch die Entscheidungsstruktur für die Betriebsartenumschaltung. Im Ausführungsbeispiel werden als charakteristische Motorbetriebsparameter die Motordrehzahl n , die Motorlast L und die Katalysatortemperatur T_C ausgewählt. Die Motordrehzahl n wird mit einem oberen Schwellwert n_{SO} verglichen. Die Motorlast L wird mit einem kennlinienbasierten oberen Schwellwert für die Motorlast L_{SO} verglichen, welcher abhängig von der Motordrehzahl n ist. Die Katalysatortemperatur T_C wird mit einem kennfeldbasierten unteren Schwellwert für die Katalysatortemperatur T_{Cu} verglichen, welcher abhängig ist von der Motordrehzahl n und der Motorlast L . Die Vergleichsschritte sind mit A_1 , A_2 , A_3 bezeichnet. Wird in den Vergleichsschritten A_1 , A_2 , A_3 festgestellt, dass Motordrehzahl n , Motorlast L und Katalysatortemperatur T_C jeweils in dem der zweiten Betriebsart zugeordneten zweiten Wertebereich liegen, welcher durch den jeweiligen Schwellwert n_{SO} , L_{SO} , T_{Cu} vom ersten Wertebereich getrennt ist, wird mittels einer durch Bezugszeichen B angedeuteten &-Verknüpfung die Anweisung zum Umschalten oder Verbleiben in der dem alternativen Dieselerbrennungsverfahren zugeordneten zwei-

ten Betriebsart gegeben. Die zweite Betriebsart ist mit Bezugszeichen MOD2 angedeutet.

Patentansprüche:

5

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, insbesondere Diesel-Brennkraftmaschine, welche in Abhängigkeit von zumindest einem charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest zwischen einer ersten und einer zweiten Betriebsart umgeschaltet wird, mit folgenden Schritten:

10

a. Auswählen von mindestens einem, vorzugsweise von mindestens zwei charakteristischen Motorbetriebsparametern,

b. Zuordnen von Wertebereichen zu jedem Motorbetriebsparameter, wobei zumindest ein erster Wertebereich der ersten Betriebsart und zumindest ein zweiter Wertebereich der zweiten Betriebsart zugeordnet wird,

15

c. Vergleichen der aktuellen Werte der ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter mit den Wertebereichen,

d. Umschalten in die zweite Betriebsart oder Verbleiben in der zweiten Betriebsart, wenn alle ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter in den zweiten Wertebereichen liegen, wobei

20

jedem ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameter zumindest ein Schwellwert für das Umschalten zwischen den Betriebsarten zugeordnet wird, wobei erster und zweiter Wertebereich durch den Schwellwert getrennt sind, und

wobei für zumindest einen Schwellwert ein vorbestimmter fester Wert gewählt oder zumindest ein Schwellwert zumindest eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters in Abhängigkeit von zumindest einem anderen Motorbetriebsparameter bestimmt wird.

25

2. Verfahren nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass in die erste Betriebsart umgeschaltet wird oder die erste Betriebsart beibehalten wird, wenn zumindest ein aktueller Wert eines ausgewählten charakteristischen Motorbetriebsparameters innerhalb des ersten Wertebereiches liegt.

30

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest ein, vorzugsweise zumindest zwei charakteristische Motorbetriebsparameter aus der Gruppe Motordrehzahl, Motorlast, Motorkühlmitteltemperatur, Atmosphärendruck, Temperatur des Abgasnachbehandlungssystems, Abgastemperatur vor dem Abgasnachbehandlungssystem, Abgastemperatur nach dem Abgasnachbehandlungssystem, Änderungsgeschwindigkeit der Motordrehzahl, Änderungsgeschwindigkeit der Motorlast und aktuelles Übersetzungsverhältnis des Antriebsstranges ausgewählt werden.

35

40

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass in der ersten Betriebsart die Brennkraftmaschine mit konventioneller Dieselerverbrennung und in der zweiten Betriebsart mit alternativer Dieselerverbrennung betrieben wird.

45

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest ein Schwellwert hysteresebefahet ist.

Hiezu 1 Blatt Zeichnungen

50

55

