

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 190 167 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

26.01.2005 Patentblatt 2005/04

(51) Int Cl.7: **F02D 41/14**, F02D 41/30

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/DE1999/003373

(21) Anmeldenummer: **99959218.1**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

(22) Anmeldetag: **21.10.1999**

WO 2000/052318 (08.09.2000 Gazette 2000/36)

(54) **VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE MIT BENZINDIREKTEINSPRITZUNG**

METHOD AND DEVICE FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH DIRECT GAS INJECTION

PROCEDE ET DISPOSITIF POUR FAIRE FONCTIONNER UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE A INJECTION D'ESSENCE DIRECTE

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE FR GB IT

(30) Priorität: **05.03.1999 DE 19909658**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

27.03.2002 Patentblatt 2002/13

(73) Patentinhaber: **ROBERT BOSCH GMBH**

70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder:

- **PANTRING, Juergen**
D-71701 Schwieberdingen (DE)
- **HESS, Werner**
D-70499 Stuttgart (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A1- 0 838 582

EP-A2- 0 962 647

US-A- 5 806 496

US-A- 5 826 565

EP 1 190 167 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung.

[0002] Aus der EP 0 838 582 ist bereits ein Verfahren zur Regelung des Einlasses eines Viertaktmotors mit Direktbenzineinspritzung bekannt, bei dem zwei Zylinder oder Gruppen von Zylinder durch einen unterschiedlichen Einlass von Luft und Treibstoff unterschiedlich arbeiten. Eine Zylindergruppe arbeitet mit einem fetten Gemisch und die andere mit einem mageren. Zur Verminderung der Schadstoffemission wird ein Teil des Abgases der fett betriebenen Zylindergruppe zu einem für alle Zylinder gemeinsamen Einlass rückgeführt.

[0003] Ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung ist ferner in der DE 43 32 171 A1 (US-Patent 5 483 934) beschrieben. Bei dem dort dargestellten Steuersystem wird der gesamte Betriebsbereich der Brennkraftmaschine nach Drehzahl und Last in verschiedene Bereiche aufgeteilt und je nach aktuellem Betriebsbereich der Kraftstoff entweder während des Ansaugtaktes oder während des Kompressiontaktes eingespritzt. Bei einer Einspritzung während des Ansaugtaktes ergibt sich aufgrund der zur Verfügung stehenden Zeit bis zur Zündung sowie aufgrund der Verwirbelung des eingespritzten Kraftstoffes durch den Ansaugluftstrom eine weitestgehend homogene Kraftstoffverteilung (Homogenbetrieb), während im Falle der Einspritzung im Kompressionstakt eine Schichtladung entsteht (Schichtbetrieb). Im Homogenbetrieb wird die Brennkraftmaschine gedrosselt betrieben, d.h. die Luftzufuhr durch eine Drosselklappe begrenzt, im Schichtladungsbetrieb nahezu ungedrosselt gedrosselt betrieben, d.h. die Luftzufuhr durch die Drosselklappe nahezu nicht begrenzt. Zwischen diesen Betriebsarten wird abhängig von den genannten Betriebsgrößen und/oder von anderen vorbestimmten Kriterien, z.B. hinsichtlich der Leistungsanforderungen durch den Fahrer, umgeschaltet.

[0004] Es ist Aufgabe der Erfindung, den Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung weiter zu optimieren.

[0005] Dies wird durch die kennzeichnenden Merkmale der unabhängigen Patentansprüche erreicht.

Vorteile der Erfindung

[0006] Beim eingangs genannten Stand der Technik wird zwischen den einzelnen Betriebsarten der Brennkraftmaschine immer für die gesamte Brennkraftmaschine umgeschaltet. Ferner tragen alle Zylinder gleichmäßig zum Drehmoment der Brennkraftmaschine bei. Damit werden Flexibilität und Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Steuerung verschenkt.

[0007] Durch einen asymmetrischen Betrieb einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung, insbesondere wenn die Brennkraftmaschine wenigstens zwei voneinander unabhängig steuerbare Zylinderbänke aufweist, wird eine weitere Optimierung des Antriebs eines Kraftfahrzeugs erreicht.

[0008] Von besonderem Vorteil ist, daß in Betriebszuständen, in denen durch den verbrauchsarmen Schichtladungsbetrieb nicht mehr die vom Fahrer gewünschte Leistung bereitgestellt werden kann, lediglich ein Teil der Brennkraftmaschine, beispielsweise eine Zylinderbank, im vergleichsweise verbrauchsintensiven Homogenbetrieb betrieben wird. Die andere Zylinderbank wird weiterhin mit der verbrauchsarmen Schichtladungsbetriebsart betrieben. Damit kann einerseits die erhöhte Leistungsanforderung des Fahrers bereitgestellt werden, andererseits der Verbrauch minimiert werden. Dieser Vorteil wird auch schon dadurch erreicht, daß der Beitrag einzelner Zylinderbänke oder -gruppen zum Gesamtmoment unterschiedlich vorgegeben wird.

[0009] Ein weiterer Vorteil, der einen solchen asymmetrischen Betrieb der Brennkraftmaschine erreicht wird, ist eine Verbesserung der Geräuschemission bzw. allgemein des Komforts der Brennkraftmaschine. Besonders vorteilhaft in diesem Zusammenhang, daß bei Ausräumen eines Speicherkatalysators im Leerlauf oder im Teillastbereich nicht alle Bänke gleichzeitig umgeschaltet werden. Durch abwechselndes Umschalten wird die Geräuschemission optimiert.

[0010] Von besonderer Bedeutung ist ferner, daß durch den asymmetrischen Betrieb der Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung mehr Freiheitsgrade bei der Gestaltung der Abgaskonzepte zur Verfügung stehen. Beispielsweise wird die Leistungsanforderung des Fahrers derart umgesetzt, daß ein Teil der Brennkraftmaschine in einer abgasoptimalen Betriebsart und in einem abgasoptimalen Arbeitspunkt betrieben wird, während die eigentliche Leistungsanforderung des Fahrers durch Steuerung des Arbeitspunktes sowie gegebenenfalls der Betriebsart eines anderen Teils der Brennkraftmaschine durchgeführt wird.

[0011] Von besonderem Vorteil ist die Anwendung des asymmetrischen Betriebs bei einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung, die wenigstens zwei Zylinderbänke mit wenigstens zwei voneinander unabhängig steuerbaren Drosselklappen aufweist. In vorteilhafter Weise läßt sich dieser Gedanke jedoch auch bei Brennkraftmaschinen mit nur einer Drosselklappe anwenden, wobei die Luftfüllung derart eingestellt wird, daß ein Teil der Zylinder der Brennkraftmaschine homogen, der andere in einer Schichtbetriebsart betrieben wird. Letzteres führt zu einer insgesamt erhöhten Luftfüllung, so daß die Drosselverluste gegenüber einem Homogenbetrieb der gesamten Brennkraftmaschine reduziert sind.

[0012] Neben der Umschaltung zwischen den Betriebsarten mit Schichtladung und mit homogener Kraftstoffgemischbildung wird das Prinzip des asymmetri-

schen Betriebs der Brennkraftmaschine auch zwischen Betriebsarten wie homogenstöchiometrisch, homogen-mager oder Mischbetriebsarten wie einer Betriebsart mit Doppeleinspritzung, bei der sowohl homogenes als auch geschichtetes Kraftstoffgemisch entsteht, angewendet. Auch hier werden die durch den asymmetrischen Betrieb erreichten Vorteile wie oben dargestellt erreicht.

[0013] Weitere Vorteile ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen bzw. aus den abhängigen Patentansprüchen.

Zeichnung

[0014] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen näher erläutert. Figur 1 zeigt ein Übersichtsschaltbild einer Steuereinrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung. In Figur 2 ist anhand eines Ausführungsbeispiels ein Ablaufdiagramm dargestellt, welches das Prinzip des asymmetrischen Betriebs einer solchen Brennkraftmaschine darstellt. In Figur 3 schließlich ist ein weiteres Ausführungsbeispiel gezeigt, welches eine bevorzugte Ausführungsform als Flußdiagramm skizziert.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

[0015] Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung zur Steuerung einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung. Es ist ein Steuergerät 10 vorgesehen, welches als Komponenten eine Eingangsschaltung 14 wenigstens einen Mikrocomputer 16 und eine Ausgangsschaltung 18 aufweist. Ein Kommunikationssystem 20 verbindet diese Komponenten zum gegenseitigen Datenaustausch. Der Eingangsschaltung 14 des Steuergeräts 10 werden Eingangsleitungen 22 bis 26 zugeführt, welche in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel als Bussystem ausgeführt sind und über die dem Steuergerät 10 Signale zuführen, welche zur Steuerung der Brennkraftmaschine auszuwertenden Betriebsgrößen repräsentieren. Diese Signale werden von Meßeinrichtungen 28 bis 32 erfaßt. Derartige Betriebsgrößen sind Fahrpedalstellung, Motordrehzahl, Motorlast (z.B. Luftmasse), Abgaszusammensetzung, Motortemperatur, etc. Über die Ausgangsschaltung 18 steuert das Steuergerät 10 die Leistung der Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung. Dies ist in Figur 1 anhand der Ausgangsleitungen 34, 36 und 38 symbolisiert, welche wenigstens die einzuspritzende Kraftstoffmasse, den Zündwinkel der Brennkraftmaschine sowie wenigstens eine elektrisch betätigbare Drosselklappe zur Einstellung der Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine betätigen. Die in Figur 1 gewählte Darstellung bedeutet dabei, daß über die symbolische Ausgangsleitung 34 die Einspritzventile einer bestimmten Anzahl von Zylindern der Brennkraftmaschine betätigt werden, d.h. die einzuspritzende Kraftstoffmasse diesen Zylindern

zugeführt wird, über die Ausgangsleitung 36 der Zündfunke in diesen Zylindern zum vorbestimmten Zeitpunkt ausgelöst wird und eine elektrisch betätigbare Drosselklappe gesteuert wird, die die Luftzuführung zu diesen Zylindern beeinflusst.

[0016] Bei Brennkraftmaschinen mit wenigstens zwei Zylinderbänken oder -gruppen, bei denen jeder Zylinderbank über eine elektrisch steuerbare Drosselklappe die Luft zugeführt wird, sind im wesentlichen zwei Ausführungen vorgesehen, die in Figur 1 strichliert dargestellt sind. Zum einen wird die zweite Zylinderbank, dort zumindest die einzuspritzende Kraftstoffmasse, der Zündwinkel und die Luftzufuhr, analog zur ersten Zylinderbank über die Ausgangsschaltung 18 sowie Ausgangsleitungen 34a, 36a und 38a, die den Ausgangsleitungen 34, 36 und 38 entsprechen, durch das Steuergerät 10 gesteuert. Das heißt ein Steuergerät steuert wenigstens zwei Zylinderbänke. In einem anderen Ausführungsbeispiel ist anstelle der Leitungen 34a bis 38a ein zweites Steuergerät 10b vorgesehen, welches analog zum Steuergerät 10 aufgebaut ist und welches über die Ausgangsleitungen 34b, 36b und 38b Kraftstoffmasse, Zündwinkel und Luftzufuhr wenigstens einer weiteren Zylinderbank einstellt. Die beiden Steuergeräte 10 und 10b stehen über ein sie verbindendes Kommunikationssystem 40 zum gegenseitigen Datenaustausch miteinander in Verbindung. Über dieses Kommunikationssystem wird zumindest einer der Steuereinheiten je nach Ausführungsbeispiel einzelne oder alle von der anderen erfaßten Betriebsgrößensignalen oder aus diesen hergeleiteten Betriebsgrößen zur weiteren Auswertung übermittelt. In einem anderen Ausführungsbeispiel werden Eingangsleitungen 22b bis 26b neben dem Steuergerät 10 auch dem Steuergerät 10b zugeführt, so daß dort alternativ zur Übertragung über das Kommunikationssystem oder zusätzlich die Betriebsgrößensignale direkt vorliegen.

[0017] Die grundsätzliche Vorgehensweise für die im Mikrocomputer 16 des Steuergeräts 10 ablaufende Steuerung der Brennkraftmaschine ist anhand des Ablaufdiagramms nach Figur 2 skizziert. Als wesentliche Betriebsgrößen werden dem Mikrocomputer 16 die Fahrpedalstellung β sowie Betriebsgrößen wie Motordrehzahl NMOT, Luftmasse MHFM und Sollmomente von anderen Steuersystemen, beispielsweise von einer Antriebschlupfregelung und/oder einer Getriebesteuerung, zugeführt. Im Fahrerwunschbild 100 wird aus dem zugeführten Fahrpedalstellungssignal β zumindest unter Berücksichtigung der Motordrehzahl, gegebenenfalls einer Korrekturgröße einer Leerlaufdrehzahlregelung, etc., ein Fahrerwunschmoment MIFA der Brennkraftmaschine ermittelt. Dies erfolgt im bevorzugten Ausführungsbeispiel mittels eines Kennfeldes und nachfolgender Berechnungsschritte. Ferner werden dem Mikrocomputer 10 Sollmomente anderer Steuersysteme, z.B. ein Sollmoment einer Antriebschlupfregelung MIASR, einer Getriebesteuerung MIGS, etc. zugeführt. Diese Sollmomente und das Fahrerwunschmo-

ment werden einer Auswahlstufe 102 zugeführt, in der aus den zugeführten Sollmomenten ein resultierendes Sollmoment MISOLL zur Steuerung der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Im bevorzugten Ausführungsbeispiel erfolgt die Auswahl durch Minimal- bzw. Maximalauswahl. Das auf diese Weise ermittelte resultierende Sollmoment MISOLL wird einem weiteren Koordinator 104 zugeführt, in welchem die nachfolgend anhand des Flußdiagramms nach Figur 3 beschriebene Vorgaben für einen asymmetrischen Betrieb der Brennkraftmaschine ermittelt werden. Der Koordinator 104 setzt das Gesamtsollmoment MISOLL in Einzelsollmomente MISOLL1 bis MISOLLN für die einzelnen Zylinderbänke bzw. für einzelne Zylindergruppen und/oder in Wunschbetriebsarten BASOLL1 bis BASOLLN der einzelnen Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen um. Die Aufteilung des Sollmoments sowie die Vorgabe von Wunschbetriebsarten durch den Koordinator 104 erfolgt nach vorgegebenen Strategien.

[0018] Im Normalbetrieb bei kleineren und mittleren Lasten werden alle Zylinderbänke bzw. alle Zylindergruppen aus Verbrauchsgründen im Schichtladungsbetrieb betrieben. Im Normalfall werden die Sollmomente gleichmäßig auf die einzelnen Bänke aufgeteilt. Wird aus dem Sollmoment MISOLL eine erhöhte Leistungsanforderung an den Motor erkannt, die nicht nur durch einen Schichtladungsbetrieb aller Zylinderbänke bereitgestellt werden kann, das Sollmoment für eine der Zylinderbänke bzw. der Zylindergruppen erhöht, woraufhin diese gegebenenfalls die Betriebsart wechselt und/oder deren Wunschbetriebsart auf Homogenbetrieb eingestellt. Dadurch wird im Vergleich zu einer vollständigen Umschaltung eine Verbrauchsoptimierung erreicht, da die anderen Zylinderbänken bzw. Zylindergruppen immer noch im verbrauchsoptimalen, mageren Schichtladungsbetrieb betrieben werden. Entsprechendes gilt für die anderen Betriebsarten, beispielsweise einen Magerbetrieb mit homogener Gemischbildung oder gemischten Betriebsarten mit Doppeleinspritzung, bei welchem sowohl homogene als auch geschichtete Kraftstoffgemischbildung erfolgt. Auch hier wird bei Vorliegen einer erhöhten Leistungsanforderung einzelne Zylinderbänke bzw. -gruppen soweit wie möglich im verbrauchsoptimaleren Betrieb betrieben und eine andere Bank bzw. Gruppe zur Bereitstellung des Moments in eine leistungsoptimierte Betriebsart umgeschaltet.

[0019] Eine andere Strategie, die im Koordinator 104 in einem Ausführungsbeispiel implementiert ist, ist eine Komfortoptimierung, nach der die Umschaltung einzelner Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen von der einen in die andere Betriebsart nie gleichzeitig, sondern zeitlich nacheinander vorgegeben wird. Dadurch wird die mit der Umschaltung verbundene Geräuschemission reduziert.

[0020] Insbesondere bei Speicherkatalysatoren muß zum Ausräumen des Katalysators von Zeit zu Zeit vom Schichtladungsbetrieb in den Betrieb mit homogener Gemischbildung umgeschaltet werden. Auch in diesem

Zusammenhang läßt sich die dargestellte Vorgehensweise des asymmetrischen Betriebs der Brennkraftmaschine erfolgreich einsetzen, da zumindest im Leerlauf und Teillastbereich beide Bänke nicht gleichzeitig umgeschaltet werden müssen, um den Katalysator auszuräumen, sondern nacheinander umgeschaltet werden können bzw. bei nur einem Katalysator für alle Bänke bzw. Zylindergruppen lediglich die abwechselnde Umschaltung einer Zylinderbank bzw. Zylindergruppe ausreicht. Dadurch wird eine erhebliche Komfortverbesserung, insbesondere eine Verringerung der Geräuschemission erreicht werden.

[0021] In besonders vorteilhafter Weise kann neben einer verbrauchs- und einer komfortoptimalen Strategie auch eine abgasoptimale Strategie (z.B. im Bereich kleiner Leistungsanforderungen) eingesetzt werden. Dabei erfolgt die Aufteilung der Drehmomente und/oder die Vorgabe der Wunschbetriebsart derart, daß eine möglichst geringe Abgasbelastung auftritt. Es wird also z.B. versucht, das Gesamtsollmoment solange mittels Magerbetrieb im Schicht- und/oder Homogenbetrieb bereit zu stellen, so lange mit der jeweiligen Betriebsart dieses Moment einstellbar ist. Erst dann wird bei einer Zylinderbank bzw. -gruppe durch Vorgabe einer abweichenden Sollmoments und/oder einer Wunschbetriebsart ein weniger abgasoptimaler Arbeitspunkt eingestellt.

[0022] Die einzelnen Sollmomente MISOLL1 bis MISOLLN sowie die entsprechenden Wunschbetriebsarten werden den jeweiligen Steuersignalbilder 106 bis 108 für die einzelnen Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen zugeführt, in welchem unter Berücksichtigung von Betriebsgrößen wie Motordrehzahl, relative Luftfüllung (abgeleitet aus der zugeführten Luftmasse), etc. das jeweilige Sollmoment unter Berücksichtigung der gewünschten Betriebsart in eine einzuspritzende Kraftstoffmasse, einen Zündwinkel und eine Drosselklappenstellung umgesetzt werden. Dabei kann es vorkommen, daß der Wunschbetriebsart nicht entsprochen werden kann, beispielsweise wenn eine Notlaufsituation vorliegt, bei nicht vorhandener Einstellbarkeit des Sollmoments, bei Sonderbetriebsfunktionen wie Start, Warmlauf, Katheizen, etc.

[0023] In Figur 2 ist ein System dargestellt, in welchem für jede Zylinderbank bzw. Gruppe eine eigene Drosselklappe ansteuerbar ist. In diesem Fall kann die Betriebsart für jede Bank frei gewählt werden und die Momentenanforderungen so auf die Bänke verteilt werden, daß sich ein optimaler Wirkungsgrad der Brennkraftmaschine bzw. je nach Strategie ein optimaler Betrieb der Brennkraftmaschine ergibt. Besitzt die Brennkraftmaschine nur eine Drosselklappe, so ist diese derart einzustellen, daß sich eine Luftfüllung ergibt, die es durch entsprechende Berechnung der Kraftstoffmasse erlaubt, eine Zylinderbank homogen und eine andere Zylinderbank geschichtet zu betreiben. Hierdurch wird eine gegenüber dem homogenen Betrieb der Brennkraftmaschine insgesamt erhöhte Luftfüllung eingestellt, wodurch Drosselverluste reduziert werden. Ein

schneller Wechsel der Betriebsart der Zylinderbänke durch Steuerung der Kraftstoffmasse ist hierbei möglich.

[0024] Ein Ausführungsbeispiel des Koordinators 104 ist anhand des Flußdiagramms von Figur 3 am Beispiel einer Brennkraftmaschine mit zwei unabhängig steuerbaren Zylinderbänken bzw. -gruppen näher skizziert. Das Programm wird in vorgegebenen Zeitintervallen durchlaufen.

[0025] Im ersten Programmschritt 200 wird das Gesamtsollmoment MISOLL erfaßt. Im darauffolgenden Schritt 202 wird auf der Basis dieses Sollmoments überprüft, ob eine erhöhte Leistungsanforderung vorliegt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist dies dann der Fall, wenn das Sollmoment einen vorgegebenen Grenzwert überschreitet. Dieser Schwellenwert ist derart bemessen, daß er in etwa einer Grenzzinie entspricht, oberhalb derer die Brennkraftmaschine mit homogener Gemischbildung aus Leistungsgründen betrieben werden würde. Wurde im Schritt 202 eine erhöhte Leistungsanforderung erkannt, wird im Schritt 204 überprüft, ob die Leistungsanforderung derart hoch ist, daß alle Zylinderbänke- bzw. -gruppen umzuschalten sind. Dies ist dann der Fall, wenn ein Sollmomentenwert gefordert wird, der in der Nähe des Maximalwertes liegt. Ist dies der Fall, wird gemäß Schritt 206 zunächst als Wunschbetriebsart der ersten Bank bzw. Zylindergruppe BASOLL1 der Homogenbetrieb ausgegeben und ein Sollmomentenwert MISOLL1 für diese Zylinderbank- bzw. -gruppe ermittelt. Dieser Sollmomentenwert wird in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel auf der Basis des gesamten Sollmomentenwerts, der in Schritt 200 eingelesen wird, gebildet. Insbesondere wird ein Prozentsatz dieses Sollmomentenwerts $> 50\%$ vorgegeben. Danach wird im Schritt 208 auf der Basis einer übermittelten Marke gegebenenfalls überprüft, ob die Umschaltung beendet ist. Ist dies der Fall, wird gemäß Schritt 210 auch für die zweite Zylinderbank bzw. Zylindergruppe als Wunschbetriebsart der Homogenbetrieb ausgegeben und das Solldrehmoment dieser Zylinderbank bzw. Gruppe auf der Basis des Gesamtsollmoments und des Sollmoments der ersten Zylinderbank bzw. -gruppe bestimmt. Ist die Umschaltung der ersten Zylinderbank gemäß Schritt 208 noch nicht beendet, wird gemäß Schritt 212 die Wunschbetriebsart der zweiten Zylinderbank auf Schichtladungsbetrieb festgehalten und als Sollmomentenwert entsprechend Schritt 210 die Differenz zwischen dem Gesamtsollmomentenwert und dem Sollmomentenwert der ersten Bank ermittelt. Nach den Schritten 210 und 212 wird im Schritt 214 die gebildeten Sollwerte ausgegeben und wenn keine übergeordneten Vorgaben, z.B. Notlaufbetrieb, fehlende Realisierbarkeit des Sollmomentenwertes in der Wunschbetriebsart, etc. vorliegen, realisiert. Danach wird der Programmteil beendet und zum nächsten Zeitintervall erneut durchlaufen.

[0026] Ist gemäß Schritt 204 eine Leistungsanforderung erkannt worden, die keine Umschaltung aller Bän-

ke erfordert, wird gemäß Schritt 216 die Sollbetriebsart einer Bank auf den Homogenbetrieb, die der anderen Bank auf den Schichtladungsbetrieb festgesetzt. Ebenso wird das Sollmoment der einen Bank, die homogen betrieben werden soll, analog zu Schritt 206 gebildet, während das Sollmoment der anderen Bank, die im Schichtladungsbetrieb betrieben wird, auf der Basis des Gesamtsollmoments und des Sollmoments der ersten Bank bestimmt wird. Danach folgt Schritt 214. Durch die im Schritt 216 beschriebene asymmetrische Betriebsweise der Brennkraftmaschine wird eine verbrauchsoptimale Steuerung der Brennkraftmaschine bei erhöhter Leistungsanforderung erreicht, da ein Teil der Brennkraftmaschine weiter im verbrauchsgünstigen Schichtladungsbetrieb betrieben wird. Ebenso wird eine Komfortverbesserung erreicht, da die Bänke bzw. Gruppen nacheinander, nicht gleichzeitig umgeschaltet werden. Die genannten Strategien, zu denen noch die nachfolgende Umschaltung zum Katalysatorausträumen und eine abgasoptimale Steuerung kommt, werden je nach Ausführung alle zusammen oder in einer beliebigen Kombination, auch einzeln angewendet.

[0027] Liegt gemäß Schritt 202 keine erhöhte Leistungsanforderung vor, wird im Schritt 226 überprüft, ob die Bedingungen zum Ausräumen eines Speicherkatalysators vorliegen. Sind die Bedingungen zum Ausräumen erfüllt, wird gemäß Schritt 228 für eine Zylinderbank als Wunschbetriebsart der Homogenbetrieb ausgegeben und ein entsprechendes Sollmoment (z.B. Mindestsollmoment für diese Betriebsart) bestimmt. Im darauffolgenden Schritt 230 wird als Wunschbetriebsart der anderen Bank weiterhin der Schichtladungsbetrieb ausgegeben und das Sollmoment auf der Basis des Gesamtsollmoments und des Sollmoments der ersten Bank bestimmt. Danach folgt Schritt 214. Durch diese Maßnahme wird ein Ausräumen des Speicherkatalysators erreicht, ohne daß die gesamte Brennkraftmaschine in den Homogenbetrieb umzuschalten ist. Somit werden neben Verbrauchs- auch Geräusch- und somit Komfortverbesserungen erreicht.

[0028] Liegen die Bedingungen für das Ausräumen des Katalysators nicht vor, wird gemäß Schritt 218 die Sollbetriebsart der ersten Bank auf Schichtladungsbetrieb gesetzt und ein entsprechendes aus dem Sollmomentenwert ermitteltes Sollmoment vorgegeben. Dieses entspricht in einem bevorzugten Ausführungsbeispiel 50% des im Schritt 200 eingelesenen Gesamtsollmomentenwerts. Im darauffolgenden Schritt 220 wird überprüft, ob gegebenenfalls die Umschaltung vom Schicht- in den Homogenbetrieb beendet ist. Ist dies der Fall, wird gemäß Schritt 222 auch die zweite Zylinderbank auf die Wunschbetriebsart Schichtladung gesetzt und der entsprechende Sollwert auf der Basis des gesamten Sollmomentenwerts und des Sollmomentenwerts der ersten Bank gebildet. Ist die Umschaltung gemäß Schritt 220 nicht beendet, d.h. befindet sich das System im Instationärbetrieb, wird die zweite Bank gemäß Schritt 224 wie bisher gesteuert und der Sollmo-

mentenwert analog zu Schritt 222 gebildet. Durch diese Maßnahme wird verhindert, daß beide Banken gleichzeitig umschalten und auf diese Weise Komforteinbußen vorliegen. Danach folgt Schritt 214.

[0029] In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel ist vorgesehen, bei asymmetrischem Betrieb der Brennkraftmaschine, d.h. bei Betrieb der Brennkraftmaschine mit zwei unterschiedlichen Betriebsarten bzw. mit zwei unterschiedlichen Sollmomentenwerten, den jeweiligen Betriebszustand der Zylinderbänke der Brennkraftmaschine wechselweise zu ändern, d.h. in einem vorbestimmten Zeitraster beispielsweise bei Betrieb der einen Zylinderbank im Homogen- und der anderen im Schichtbetrieb die Banken derart umzuschalten, daß die erste Bank im Schicht- und die zweite Bank im Homogenbetrieb betrieben wird (toggeln).

[0030] Im beschriebenen Ausführungsbeispiel sind zwei Zylinderbänke vorgesehen, welche über zwei voneinander unabhängig steuerbaren elektrisch betätigbaren Drosselklappen verfügen. Neben einer solchen Lösung ist die erfindungsgemäße Lösung auch auf Brennkraftmaschinen mit mehreren Zylinderbänken und mehreren (entsprechend der Anzahl der Zylinderbänke) unabhängig voneinander steuerbaren Drosselklappen, insbesondere auch bei Motoren mit Einzeldrosselklappen für jeden Zylinder anzuwenden.

[0031] In einem anderen Ausführungsbeispiel werden zumindest in bestimmten Betriebssituationen, z.B. bei hohen Momenten- und Leistungsanforderungen, die Zylinderbänke gleichzeitig umgeschaltet. Dadurch wird eine Verbesserung des dynamischen Verhaltens erreicht. Bezogen auf das Programm in Figur 3 bedeutet dies, daß die Schritte 208 und 212 und ggf. die Schritte 220 und 224 zumindest im genannten Betriebszustand entfallen und die Schritte 206 und 210 bzw. die Schritte 218 und 222 zusammengefaßt.

[0032] Im allgemeinen ist eine Zylinderbank bzw. -gruppe dann umgeschaltet, wenn der erste Zylinder in der neuen Betriebsart betrieben wird. Unter gleichzeitig wird also vorstehend verstanden, daß die Umschaltung an einer Bank bzw. Gruppe innerhalb einer Zeitspanne eingeleitet wird, die zwischen dem Umschaltsignal und der erfolgten Einspritzung im ersten Zylinder in der neuen Betriebsart an der Bank bzw. Gruppe liegt, bei der zuvor die Betriebsart gewechselt wurde. Entsprechend bedeutet nacheinander das Einleiten der Umschaltung an einer Bank außerhalb dieser, von der zuerst umgeschalteten Bank bzw. Gruppe vorgegebenen Zeitspanne.

[0033] In einem weiteren Ausführungsbeispiel wird eine entsprechende Vorgehensweise bei einer Brennkraftmaschine mit nur einer steuerbaren Drosselklappe angewendet, wobei eine Zylindergruppe homogen und die andere geschichtet betrieben wird. In diesem Fall wird die Luftfüllung durch die Drosselklappe erhöht, so daß ein größerer Anteil des Sollmomentenwerts durch homogene Steuerung der einen Zylindergruppe mit stöchiometrischer oder magerer Gemischzusammen-

setzung erfolgt, während ein kleinerer Anteil des Sollmoments durch Schichtladungsbetrieb der anderen Zylindergruppe vorgenommen wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung, welche wenigstens zwei Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen aufweist, die in wenigstens zwei Betriebsarten betrieben werden, in denen beide die Einspritzung von Kraftstoff vorgenommen wird, **dadurch gekennzeichnet, dass** die wenigstens zwei Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen jeweils in Abhängigkeit eines vorgegebenen Sollmomentenwertes und einer vorgegebenen Betriebsart gesteuert werden, wobei in wenigstens einem Betriebszustand der Brennkraftmaschine die eine Zylinderbank bzw. Zylindergruppe in einer ersten (BASoll1), die zweite Zylinderbank bzw. Zylindergruppe in der zweiten Betriebsart (BASoll2) betrieben werden, wobei für jede der Zylindergruppen ein veränderlicher Sollmomentenwert (Misoll1, Misoll2) vorgegeben wird, in dessen Abhängigkeit das Drehmoment der jeweiligen Zylinderbank bzw. Zylindergruppe eingestellt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Sollmomente für die beiden Zylinderbänke bzw. -gruppe gleich sind.
3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Gesamtsollmomentenwert (Misoll) vorgegeben wird, die eine Zylindergruppe bzw. Zylinderbank mit einem ersten Anteil (Misoll1) dieses Gesamtsollmoments gesteuert wird, eine andere Zylinderbank bzw. -gruppe mit einem zweiten Anteil (Misoll2) des Sollmoments gesteuert wird, wobei die beiden Anteile des Sollmoments das Gesamtsollmoment ergeben.
4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der wenigstens eine Betriebszustand der Betriebszustand erhöhter Leistungsanforderung und/oder der Betriebszustand ist, während dem ein Speicherkatalysator ausgeräumt wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Umschaltung der Betriebsarten der einzelnen Zylinderbänke bzw. -gruppen nacheinander erfolgt.
6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** abhängig vom Betriebszustand eine Wunschbetriebsart (BASoll) vorgegeben wird, die dann durch Steuerung

der einzelnen Zylinderbänke bzw. -gruppen realisiert wird, wenn diese Realisierung nicht anderen Vorgaben widerspricht.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jede Zylinderbank bzw. Zylindergruppe eine elektrisch betätigbare Drosselklappe vorgesehen ist, durch deren Steuerung die Betriebsartenumschaltung vorgenommen wird. 5
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** nur eine elektrisch steuerbare Drosselklappe für alle Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen vorgesehen ist, wobei diese im Betrieb mit unterschiedlichen Betriebsarten im Sinne einer gegenüber dem gedrosselten Betrieb erhöhten Luftfüllung gesteuert wird, so dass ein Teil der Zylinder in der ersten Betriebsart ein anderer Teil in der zweiten, entdrosselten Betriebsart betrieben werden kann. 10
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Umschaltung der Betriebsarten der einzelnen Zylinderbänke- bzw. gruppen gleichzeitig erfolgt, zumindest in einem Betriebszustand mit hoher Leistungs- oder Momentesanforderung. 15
10. Vorrichtung zum Betreiben einer Brennkraftmaschine mit Benzindirekteinspritzung, welche wenigstens zwei Zylinderbänke bzw. Zylindergruppen aufweist, die in wenigstens zwei Betriebsarten betrieben werden, mit wenigstens einem Steuergerät, welches in Abhängigkeit von vorgegebenen Sollmomentenwerten und vorgegebenen Betriebsarten die Zylindergruppen bzw. Zylinderbänke der Brennkraftmaschine steuert, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Steuergerät Mittel enthält, welche in wenigstens einem vorgegebenen Betriebszustand die erste Zylinderbank bzw. Zylindergruppe in einer ersten Betriebsart (BASoll1), die zweite in einer zweiten Betriebsart (BASoll2) steuern, wobei in jeder Betriebsart eine Einspritzung von Kraftstoff stattfindet, und welche für jede der Zylindergruppen ein veränderlicher Sollmomentenwert (Misoll1, Misoll2) vorgegeben wird, in dessen Abhängigkeit das Drehmoment der jeweiligen Zylinderbank bzw. Zylindergruppe eingestellt wird. 20

Claims

1. Method for operating an internal combustion engine having direct petrol injection, which internal combustion engine has at least two cylinder banks or cylinder groups which are operated in at least two operating modes, in both of which modes the injection of fuel is performed, **characterized in that** the at least two cylinder banks or cylinder groups are each controlled as a function of a predefined setpoint torque value and a predefined operating mode, one cylinder bank or cylinder group being operated in a first operating mode (BASoll1) and the second cylinder bank or cylinder group being operated in the second operating mode (BASoll2) in at least one operating state of the internal combustion engine, a variable setpoint torque value (Misoll1, Misoll2) being predefined for each of the cylinder groups and the torque of the respective cylinder bank or cylinder group being adjusted as a function of the said variable setpoint torque value. 25

tion of fuel is performed, **characterized in that** the at least two cylinder banks or cylinder groups are each controlled as a function of a predefined setpoint torque value and a predefined operating mode, one cylinder bank or cylinder group being operated in a first operating mode (BASoll1) and the second cylinder bank or cylinder group being operated in the second operating mode (BASoll2) in at least one operating state of the internal combustion engine, a variable setpoint torque value (Misoll1, Misoll2) being predefined for each of the cylinder groups and the torque of the respective cylinder bank or cylinder group being adjusted as a function of the said variable setpoint torque value.

2. Method according to Claim 1, **characterized in that** the setpoint torques for the two cylinder banks or groups are identical.

3. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an overall setpoint torque value (Misoll) is predefined which controls a cylinder group or cylinder bank with a first part (Misoll1) of this overall setpoint torque value and controls another cylinder bank or group with a second part (Misoll2) of the setpoint torque, the two parts of the setpoint torque producing the overall setpoint torque. 30

4. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the at least one operating state is the operating state of increased performance requirements and/or the operating state during which a storage catalytic converter is discharged. 35

5. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating modes of the individual cylinder banks or groups are switched over one after another. 40

6. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** a desired operating mode (BASoll) is predefined as a function of the operating state, which desired operating state is then implemented by controlling the individual cylinder banks or groups if this implementation does not contradict other instructions. 45

7. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** an electrically actuatable throttle valve is provided for each cylinder bank or cylinder group, and the operating modes are switched over by controlling the said throttle valve. 50

8. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** only one electrically controllable throttle valve is provided for all the cylinder 55

banks or cylinder groups, the said throttle valve being controlled during operation by different operating modes in the manner of an increased air charge compared with throttled operation, with the result that it is possible to operate a part of the cylinders in the first operating mode and another part in the second, unthrottled operating mode.

9. Method according to one of the preceding claims, **characterized in that** the operating modes of the individual cylinder banks or groups are switched over simultaneously, at least in an operating state with high performance or torque requirements.

10. Apparatus for operating an internal combustion engine having direct petrol injection, which internal combustion engine has at least two cylinder banks or cylinder groups which are operated in at least two operating modes, having at least one controller which controls the cylinder groups or cylinder banks of the internal combustion engine as a function of predefined setpoint torque values and predefined operating modes, **characterized in that** the controller comprises means which control the first cylinder bank or cylinder group in a first operating mode (BA_{soll}1) and control the second cylinder bank or cylinder group in a second operating mode (BA_{soll}2) in at least one predefined operating state, fuel being injected in each operating mode, and a variable setpoint torque value (Mis_{oll}1, Mis_{oll}2) being predefined for each of the cylinder groups and the torque of the respective cylinder bank or cylinder group being adjusted as a function of the said variable setpoint torque value.

Revendications

1. Procédé de fonctionnement d'un moteur à combustion interne à injection directe d'essence, qui présente au moins deux rangées de cylindres ou groupes de cylindres, qui fonctionnent selon au moins deux modes de fonctionnement, et dans lesquels se produit l'injection de carburant, **caractérisé en ce que** les aux moins deux rangées de cylindres ou groupes de cylindres sont commandés respectivement en fonction d'une valeur de couple de consigne prédéterminée et selon un mode de fonctionnement prédéterminé, la première rangée de cylindres ou le premier groupe de cylindres, dans au moins un état de fonctionnement du moteur à combustion interne, fonctionnant selon un premier mode de fonctionnement (BA_{soll}1) tandis que la deuxième rangée de cylindres ou le deuxième groupe de cylindres fonctionne selon le deuxième mode de fonctionnement (BA_{soll}2), en prédéterminant pour chacun des groupes de cylindres, une valeur de couple

de consigne variable (Mis_{oll}1, Mis_{oll}2) en fonction de laquelle est réglé le couple de rotation de la rangée de cylindres ou du groupe de cylindres respectifs.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** les couples de consigne pour les deux rangées de cylindres ou groupes de cylindres sont identiques.

3. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** on prédétermine une valeur de couple de consigne globale (Mis_{oll}), le premier groupe de cylindres ou la première rangée de cylindres est commandé à l'aide d'une première partie (Mis_{oll}1) de ce couple de consigne global tandis qu'une autre rangée de cylindres ou un autre groupe de cylindres est commandé à l'aide d'une deuxième partie (Mis_{oll}2) du couple de consigne, les deux parties du couple de consigne formant le couple de consigne global.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** l'au moins un état de fonctionnement est l'état de fonctionnement avec exigence de performance accrue et/ou l'état de fonctionnement au cours duquel un catalyseur d'accumulation est purgé.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** un changement entre les modes de fonctionnement des rangées de cylindres ou groupes de cylindres individuels s'effectue successivement.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'** en fonction de l'état de fonctionnement, on prédétermine un mode de fonctionnement souhaité (BA_{soll}), qui est alors réalisé par la commande des rangées de cylindres ou groupes de cylindres individuels, lorsque cette réalisation ne va pas à l'encontre d'autres prescriptions.

7. Procédé selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** pour chaque rangée de cylindres ou groupe de cylindres, il est prévu un clapet d'étranglement pouvant être actionné électriquement, et dont la commande permet d'effectuer le changement de mode de fonctionnement.

8. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

tes,

caractérisé en ce qu'

on prévoit pour toutes les rangées de cylindres ou tous les groupes de cylindres, un seul clapet d'étranglement électriquement commandé en fonction des différents modes de fonctionnement dans le sens d'une admission d'air accrue par rapport au fonctionnement étranglé, de telle sorte qu'une partie des cylindres peut fonctionner selon le premier mode de fonctionnement tandis qu'une autre partie peut fonctionner selon le deuxième mode de fonctionnement sans étranglement.

9. Procédé selon l'une des revendications précédentes,

caractérisé en ce que

le changement entre les modes de fonctionnement des rangées de cylindres ou groupes de cylindres individuels s'effectue au moins dans un état de fonctionnement avec une exigence de performance ou de couple élevée.

10. Dispositif permettant de faire fonctionner un moteur à combustion interne à injection directe d'essence, qui présente au moins deux rangées de cylindres ou groupes de cylindres, qui fonctionnent selon au moins deux modes de fonctionnement, et comportant au moins un appareil de commande, qui commande en fonction de valeurs de couple de consigne prédéterminées et selon des modes de fonctionnement prédéterminés les groupes de cylindres ou rangées de cylindres du moteur à combustion interne,

caractérisé en ce que

l'appareil de commande contient des moyens qui, dans au moins un état de fonctionnement prédéterminé, commandent la première rangée de cylindres ou le premier groupe de cylindres selon un premier mode de fonctionnement (BASoll1) et la deuxième rangée selon un deuxième mode de fonctionnement (BASoll2), une injection de carburant se produisant dans chaque mode de fonctionnement, et on prédétermine pour une valeur de couple de consigne variable (Misoll1, Misoll2) en fonction de laquelle est réglé le couple de rotation de la rangée de cylindres ou du groupe de cylindres respectif.

50

55

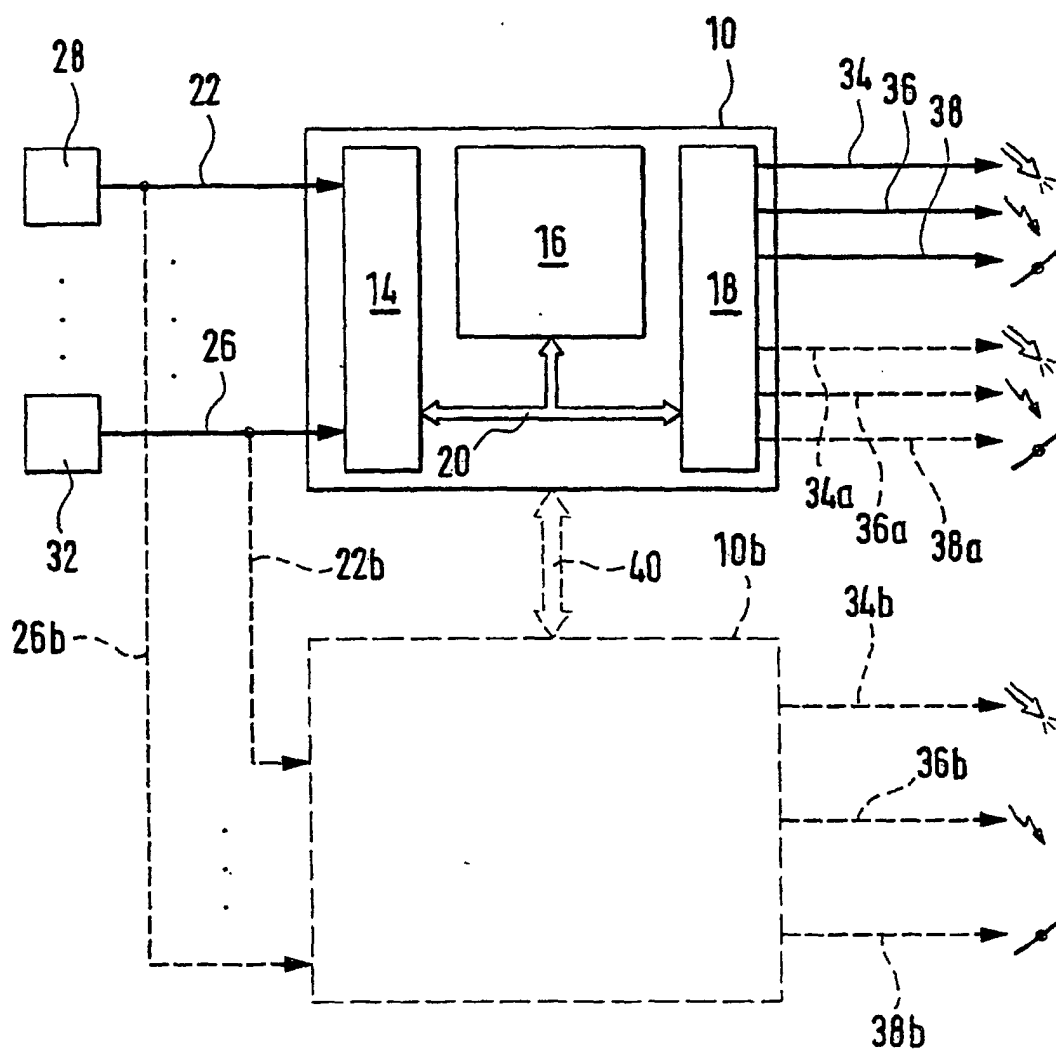


Fig. 1

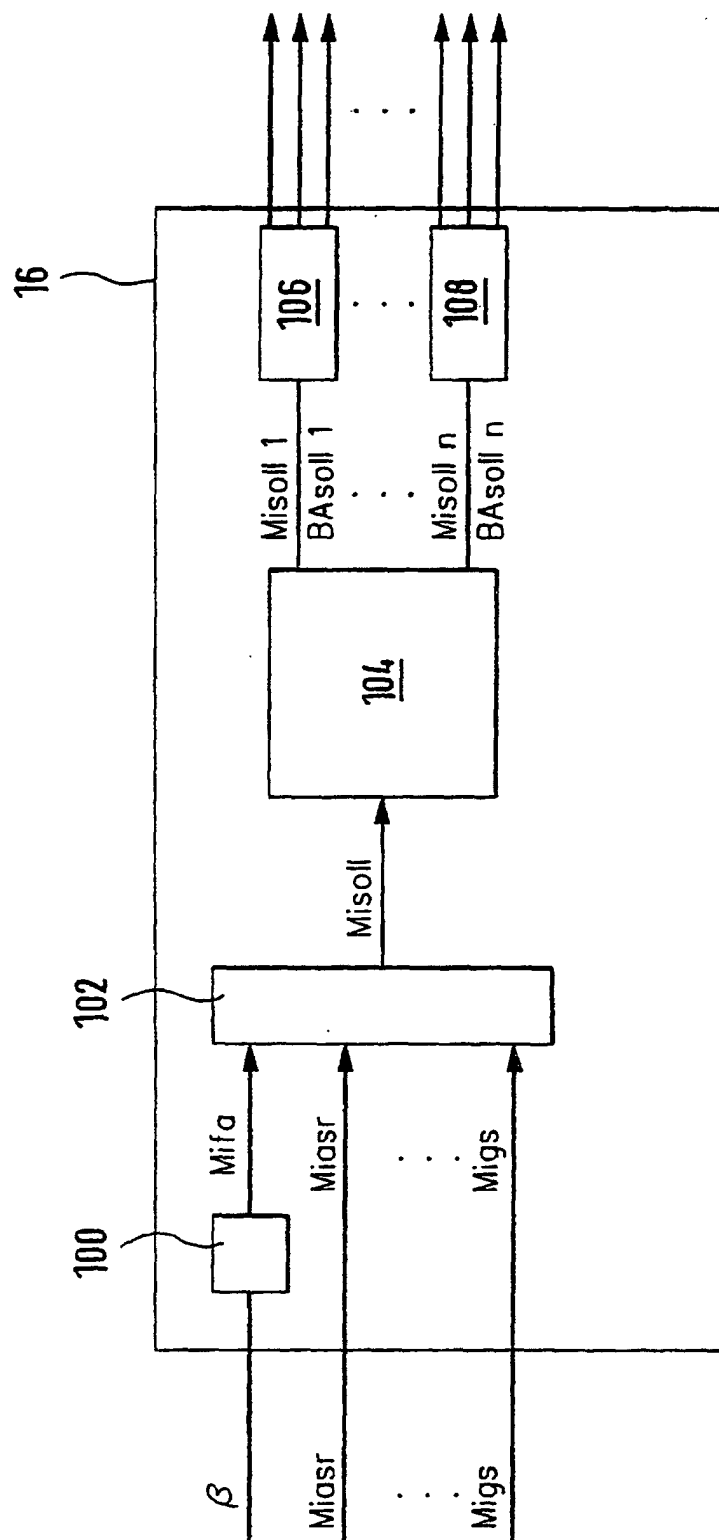


Fig. 2

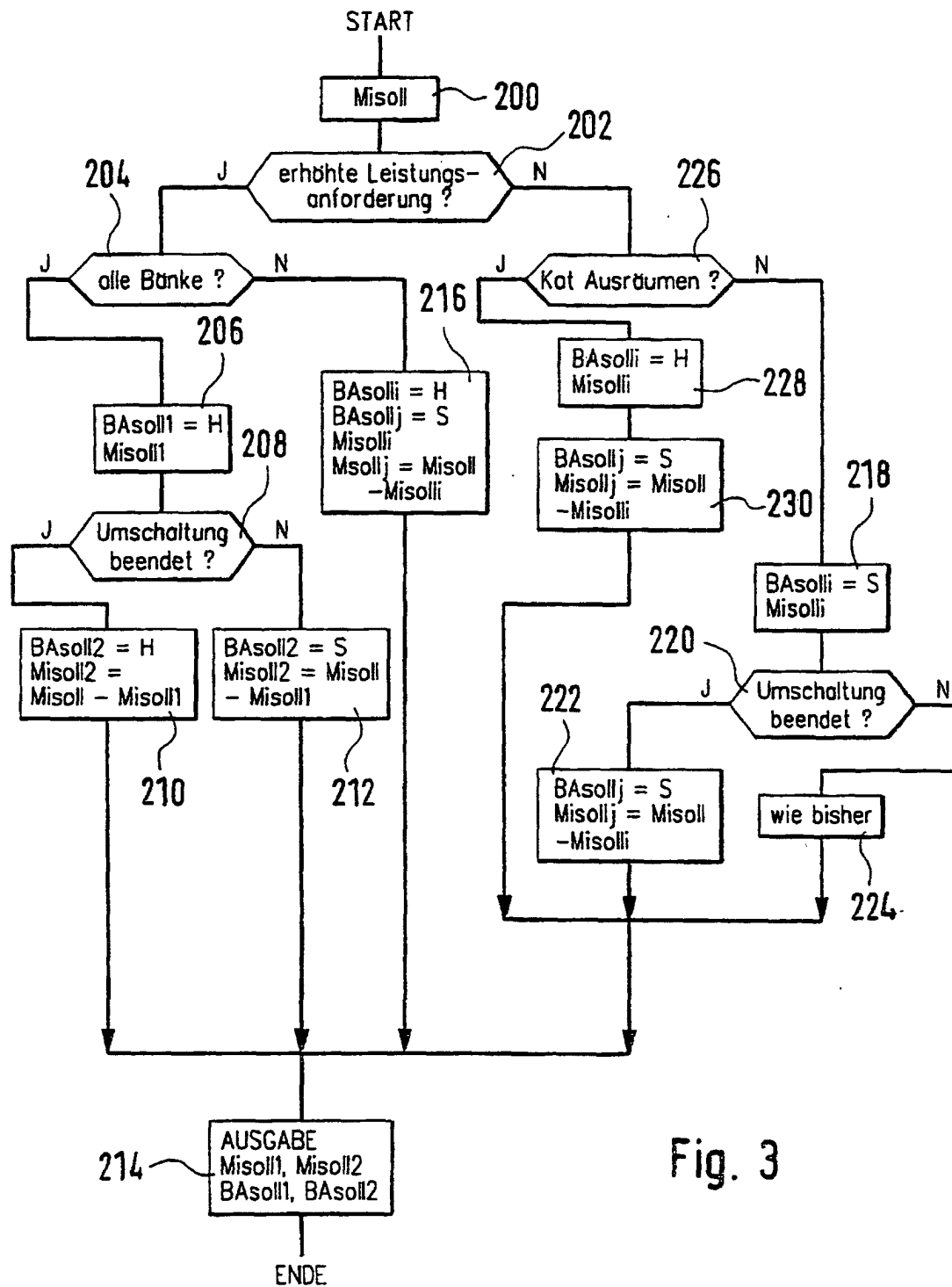


Fig. 3