



(19)
 Bundesrepublik Deutschland
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 44 18 112 B4** 2009.08.27

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **P 44 18 112.4**
 (22) Anmeldetag: **24.05.1994**
 (43) Offenlegungstag: **08.12.1994**
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **27.08.2009**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 33/00** (2006.01)
F02D 17/02 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02D 9/02 (2006.01)

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(66) Innere Priorität:
P 43 18 160.0 **01.06.1993**

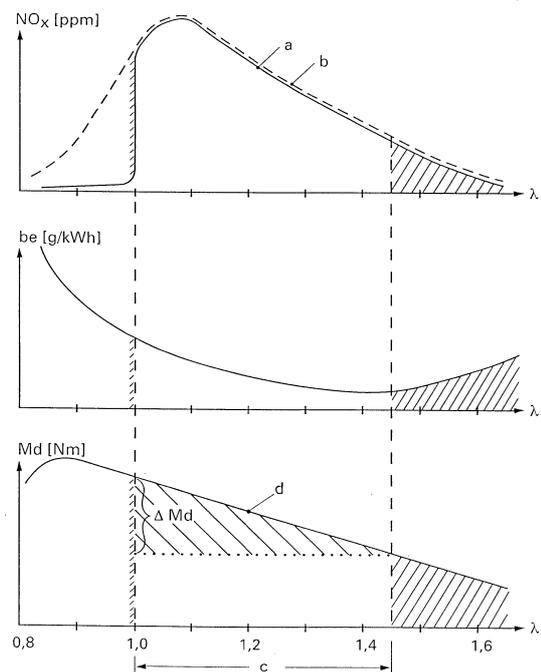
(73) Patentinhaber:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

(72) Erfinder:
Meyer, Henrik, Dipl.-Ing., 38550 Isenbüttel, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 39 40 752 A1
US 46 16 621 A

(54) Bezeichnung: **Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine, die zur Verbrennung eines Gemisches mit hohem Luftverhältnis ausgelegt ist**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zum Betreiben einer mehrere Brennräume aufweisenden Brennkraftmaschine, die zur Verbrennung auch eines mageren Kraftstoff-Luft-Gemisches mit hohem Luftverhältnis ausgelegt ist, mit lastabhängiger Umschaltung zwischen Zuführung eines Gemisches mit zumindest annähernd stöchiometrischem Luftverhältnis bei hoher Last und Zuführung eines Gemisches mit dem hohen Luftverhältnis bei niedriger Last sowie mit einer Füllungsänderung der Brennräume bei den Umschaltungen, bei denen mit ihnen an sich verbundene Sprünge im Verlauf des von der Brennkraftmaschine erzeugten Drehmoments über dem Luftverhältnis lastabhängig durch Füllungsregelung verringert werden, dadurch gekennzeichnet, dass ein hohes Luftverhältnis (λ) auf dem abfallenden Ast des Verlaufs (b) der NO_x-Emission der Brennkraftmaschine über dem Luftverhältnis (λ) gewählt wird, so dass ein Maximum dieses Verlaufs in einem Luftverhältnis-Zwischenbereich (c) zwischen stöchiometrischem und hohem Luftverhältnis liegt, der bei den Umschaltungen übersprungen wird, und dass bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Brennräumen die Füllungsänderung durch zeitweilige brennraumindividuelle Maßnahmen erfolgt.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Insbesondere zwecks Verringerung des Kraftstoffverbrauchs ist es bekannt, Brennkraftmaschinen nur dann, wenn eine hohe Leistung verlangt wird, bei stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Verhältnis ($\lambda = 1$) zu betreiben, dagegen bei niedriger Last und Leerlauf ein magereres Luft-Kraftstoff-Verhältnis einzustellen. So beschreibt die DE 36 23 195 A1, F02D 33/00, ein entsprechendes Kraftstoffaufbereitungssystem für eine Brennkraftmaschine, bei dem mittels einer im Abgassystem angeordneten Lambda-Sonde das zugeführte Luft-Kraftstoff-Gemisch nur außerhalb des Leerlaufs und der niedrigen Teillast, also bei höherer Maschinenlast, auf ein stöchiometrisches Luft-Kraftstoff-Verhältnis geregelt wird, das sowohl die Erzeugung eines hohen Drehmoments durch die Maschine als auch eine wirksame Beseitigung schädlicher Abgasbestandteile in einem nachgeschalteten Dreiwege-Katalysator garantiert, während bei niedrigen Lastanforderungen eine Umschaltung des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses auf einen Wert von $\lambda = 1,15$ oder darüber erfolgt. Dieser höhere Wert des Luftverhältnisses ist gewählt, weil bei Maschinen der dort behandelten Art, die an sich nicht für Magerbetrieb ausgelegt sind, bei diesem Luftverhältnis ein Minimum des Kraftstoffverbrauchs vorliegt.

[0003] Für Brennkraftmaschinen, die zur Verbrennung eines mageren Luft-Kraftstoff-Gemischs ausgelegt sind, vor allem durch Sicherstellung einer wirksamen Strömung in den Brennräumen (Wirbelerzeugung), stellt sich bei diesem höheren Lambda-Wert jedoch kein Minimum des Kraftstoffverbrauchs ein; dieser sinkt vielmehr in Richtung höherer Luftverhältnisse weiter ab, und zwar ebenso wie der NO_x -Gehalt der Abgase der Maschine. Daher legt man die Maschine bewußt zur Verbrennung auch eines sehr mageren Luft-Kraftstoff-Gemischs ($\lambda = 1,45$ oder höher) aus, d. h. so, daß auch bei derart mageren Gemischen Zündaussetzer sicher vermieden sind. Eine derartige Maschine, die nach dem im Oberbegriff des Patentanspruchs 1 angegebenen Verfahren betrieben wird, ist aus der EP 0 447 765 A1, F02D 33/02, bekannt. Soweit dort eine Füllungsänderung erfolgt, geschieht dies durch Freigabe bzw. Absperrung eines von zwei Einlaßkanälen je Brennraum, der als Wirbelkanal ausgebildet ist, mittels einer Drosselklappe.

[0004] Beim Betreiben einer derartigen Brennkraftmaschine ("Magermotor") nach diesem Verfahren, d. h. mit Umschaltung zwischen Zufuhr eines etwa stöchiometrischen Gemischs und eines sehr mageren Gemischs, ist zwar ein Dauerbetrieb bei einem Luft-Kraftstoff-Verhältnis zwischen diesen genannten Betriebswerten vermieden, in dem die NO_x -Erzeu-

gung in der Brennkraftmaschine ihr Maximum hat, jedoch wird dieser Bereich während der Umschaltvorgänge durchfahren. Dieses "Durchfahren" des Zwischenbereichs des Luft-Kraftstoff-Verhältnisses muß mit endlicher Geschwindigkeit erfolgen, da die Brennkraftmaschine, wie dargelegt, bei stöchiometrischem Betrieb ($\lambda = 1,0$) ein erheblich größeres Drehmoment erzeugt als bei Betrieb mit dem sehr mageren Luft-Kraftstoffverhältnis. Ein schlagartiger Umschaltvorgang würde demgemäß zu einem unerwünschten Ruck bzw. Schlag infolge momentaner Drehmomentänderung führen, was insbesondere bei Kraftfahrzeug-Antriebsmaschinen zu einer Komforteinbuße führen würde. Für die Wiedereinschaltung einer Brennkraftmaschine nach Schubabschaltung ist es aus diesem Grunde bekannt (US-PS 4 276 863, F02D 17/00), nicht sofort alle Brennräume der Maschine wieder zu aktivieren, sondern in zeitlicher Aufeinanderfolge.

[0005] Aus der gattungsgemäßen US-PS 4 616 621 ist ein Verfahren zum Betreiben einer mehrere Brennräume aufweisenden Brennkraftmaschine bekannt. Diese ist auch zur Verbrennung eines mageren Kraftstoff-Luft-Gemischs mit hohem Luftverhältnis ausgelegt, wobei eine lastabhängige Umschaltung zwischen der Zuführung eines annähernd stöchiometrischen Luftverhältnisses bei hoher Last vorgenommen wird und ein Gemisch mit dem relativ hohen Luftverhältnis bei niedriger Last zugeführt wird und mit einer Füllungsänderung der Brennräume bei den Umschaltungen.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein gattungsgemäßes Verfahren unter Wahrung seiner Vorteile dahingehend zu verbessern, dass unerwünschte Drehmomentensprünge bei den Umschaltungen vermieden sind.

[0007] Die erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe besteht in den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs, vorteilhafte Ausbildungen der Erfindung beschreiben die Unteransprüche.

[0008] Betrachtet man einen Umschaltvorgang von Magerbetrieb auf Betrieb mit stöchiometrischem Luft-Kraftstoff-Verhältnis, so erfolgt bei der Erfindung kein Betrieb längs der – in dieser Richtung ansteigenden – Drehmomenten-Kurve über dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis, sondern durch eine zeitweilige Füllungsreduzierung wird der im Magerbetrieb erzeugte Wert des Drehmoments bis zum Bereich $\lambda = 1,0$ beibehalten und dann durch vollständige oder teilweise Rücknahme der Füllungsreduzierung die angeforderte Leistung bzw. das angeforderte Drehmoment der Maschine eingestellt. Dies kann das von der Maschine maximal abgegebene Drehmoment sein; in vielen Fällen handelt es sich jedoch um ein kleineres Drehmoment, das aber verständlicherweise über dem bei Magerbetrieb abgegebenen Drehmoment liegt.

[0009] Auch beim Übergang vom stöchiometrischen zum Magerbetrieb würde sich ohne die erfindungsgemäßen Maßnahmen ein Sprung im abgegebenen Drehmoment, hier im Sinne einer Verringerung desselben, ergeben, der erfindungsgemäß durch zeitweilige Füllungsvergrößerung vermieden wird.

[0010] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren werden also hohe HC-Gehalte im Abgas durch Verwendung einer für Magerbetrieb ausgelegten, d. h. Zündaussetzer bei hohen Werten von Lambda vermeidenden Brennkraftmaschine und hohe NO_x -Gehalte im Abgas durch schnelles "Überspringen" des definierten Zwischenbereichs des Kraftstoff-Luft-Gemischs vermieden, ohne dass ein störender Drehmomentensprung in Kauf genommen werden muss.

[0011] Wie in den Unteransprüchen zum Ausdruck gebracht, kommen brennraumindividuelle Maßnahmen zum Einsatz. Hierzu gehören brennraumindividuelle Drosselklappen, die eine individuelle Beeinträchtigung der Füllungen einzelner Brennräume oder Brennraumgruppen ermöglicht; andere Maßnahmen beziehen sich auf die Veränderung von Ladungswechsel-Ventilsteuerezeiten, und zwar sowohl was die Öffnungszeiten als auch die Öffnungshübe anbelangt. Auch ist es möglich, bei Mehrventilmaschinen, d. h. solchen mit zumindest zwei Ein- und/oder Auslassventilen, einzelne Ventile zeitweilig wirksam bzw. unwirksam zu machen. In ähnlicher Richtung geht die zeitweilige Desaktivierung bzw. Aktivierung ganzer Brennräume oder Brennraumgruppen.

[0012] Das erfindungsgemäße Verfahren wird im folgenden anhand der Zeichnung erläutert, deren [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) den Verlauf verschiedener interessierender Maschinengrößen über dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis Lambda bzw. der Drehzahl n zeigen, während [Fig. 3](#) in Draufsicht schematisch ein Ausführungsbeispiel einer zur Durchführung des Verfahrens geeigneten Brennkraftmaschine zeigt.

[0013] Betrachtet man zunächst [Fig. 1](#), so sind dort untereinander die Verläufe des NO_x -Anteils im Abgas, des spezifischen Kraftstoffverbrauchs be und des von der Maschine erzeugten Drehmoments Md über dem Luft-Kraftstoff-Verhältnis λ aufgetragen. Im obersten Diagramm ist durch die ausgezogene Kurve a der NO_x -Gehalt der Abgase nach Passieren eines Katalysators und durch die unterbrochen gezeichnete Kurve b dieser Schadstoffgehalt vor dem Katalysator, d. h. unmittelbar hinter den Auslassventilen der Maschine, dargestellt. Man erkennt, daß bei Betrieb der Maschine mit $\lambda = 1,0$ und darüber der NO_x -Gehalt der "gereinigten" Abgase gemäß Kurve a zumindest weitgehend übereinstimmt mit dem entsprechenden Gehalt der ungereinigten Abgase entsprechend Kurve b , so daß schon aus diesem Grunde ein Magerbetrieb, in diesem Ausführungsbeispiel bei $\lambda = 1,45$, von

Vorteil ist.

[0014] Dies gilt auch hinsichtlich der Erzielung eines möglichst geringen Kraftstoffverbrauchs be gemäß dem zweiten Diagramm in [Fig. 1](#), wenn es auch möglich ist, daß dieser Verbrauch bei sehr mageren Gemischen wieder etwas ansteigt (in der Figur angedeutet). Auf jeden Fall ist der Verbrauch bei sehr mageren Gemischen niedriger als in hinsichtlich der NO_x -Beseitigung günstigeren Lambda-Bereichen.

[0015] Ein derartiger Magerbetrieb bei allen Lastanforderungen an die Brennkraftmaschine ist jedoch deshalb unzuweckmäßig, weil gemäß dem untersten Diagramm der [Fig. 1](#) das von der Maschine erzeugte Drehmoment Md bei Magerbetrieb erheblich niedriger liegt als bei Betrieb mit $\lambda = 1,0$ (und bei fetteren Gemischen, die aber im Hinblick auf den relativ steilen Anstieg der Kraftstoffverbrauchskurve ausscheiden).

[0016] Aus diesem Grunde ist eine Umschaltung zwischen Magerbetrieb und stöchiometrischem Betrieb vorgesehen, d. h. bei Teillast und Leerlauf wird die Maschine mit einem mageren Luft-Kraftstoff-Gemisch beliefert, und nur bei hoher Lastanforderung erfolgt ein Betrieb mit einem etwa stöchiometrischen Luft-Kraftstoff-Gemisch.

[0017] Zwischen den beiden definierten Lambda-Werten erstreckt sich ein Zwischenbereich c dieses Verhältnisses, der das Maximum der NO_x -Emission beinhaltet; der gewählte Lambda-Wert für den Magerbetrieb liegt deutlich auf dem abfallenden Ast der Kurven a und b im obersten Diagramm der [Fig. 1](#). Man ist daher daran interessiert, diesen Zwischenbereich c beim Umschalten gleichsam zu überspringen, d. h. das Luft-Kraftstoff-Verhältnis in dem angenommenen Fall unmittelbar zwischen den Werten $1,0$ und $1,45$ zu verändern. Dabei ergibt sich jedoch der Nachteil, daß ein Drehmomentensprung ΔMd auftritt, der sich als starker Ruck oder Schlag äußert, da er bei der Umschaltung zwangsläufig schlagartig auftritt, und zwar beim Übergang zum Betrieb mit $\lambda = 1,0$ als sprunghafter Drehmomentenanstieg, beim Übergang zum Magerbetrieb als stufenartiger Drehmomentenabfall.

[0018] Dem wird erfindungsgemäß dadurch entgegengewirkt, daß bei dem Umschalten zwischen den beiden Grenzwerten des Zwischenbereichs c (unter Vermeidung des Durchlaufens des entsprechenden Bereichs der Drehmomentenkurve d) in dem linkschraffierten Bereich eine Füllungsänderung vorgenommen wird, die einer schlagartigen Änderung um die Größe ΔMd entgegenwirkt, so daß im Zeitdiagramm diese Drehmomentendifferenz nicht momentan, sondern mit einer endlichen Steigung bzw. einem endlichen Abfall auftritt.

[0019] Diese Füllungsänderung kann auf ganz unterschiedlichen Wegen erfolgen. In [Fig. 2](#) ist angenommen, daß, ausgehend vom Magerbetrieb (Bereich e), bei Umschaltung auf Betrieb mit $\lambda = 1$ zunächst in einem Zwischenbereich f (der dem linkschraffierten Bereich im unteren Diagramm der [Fig. 1](#) entspricht) noch ein Teil der Brennräume der Maschine mit magerem Gemisch, dagegen ein Teil der Brennräume bereits mit einem stöchiometrischen Gemisch beliefert wird. Im Bereich g werden dann alle Brennräume mit stöchiometrischem Gemisch beliefert. Das Umgekehrte gilt verständlicherweise beim Übergang zum Magerbetriebe.

[0020] [Fig. 3](#) zeigt schematisch in Draufsicht eine Brennkraftmaschine, bei der die Füllungsänderung durch jeweils einer Brennraumgruppe zugeordnete, gemeinsam betätigte Drosselklappen vorgenommen wird. Man erkennt die Brennräume **1, 2, 3** und **4**, die über jeweils zwei Einlaßventile **5, 6; 7, 8; 9, 10** und **11, 12** mit der Saugrohranordnung **13** sowie über jeweils zwei Auslaßventile **14, 15; 16, 17; 18, 19** und **20, 21** mit dem Abgassystem **22** verbindbar sind. Den Einlaßventilen **5** bis **12** sind Drosselklappen **23, 24, 25** und **26** strömungsmäßig vorgeschaltet, die paarweise über Antriebswellen **27** und **28** beispielsweise elektrisch bei den beschriebenen Umschaltvorgängen so betätigbar sind, daß wahlweise alle Brennräume **1** bis **4** mit Frischgas beliefert werden oder aber nur ein Gruppe **1, 2** bzw. **3, 4** von Brennräumen.

[0021] Zusätzlich zu dieser zeitweiligen Füllungsregelung ist zur Einstellung des Frischgasdurchsatzes die allen Brennräumen gemeinsame Drosselklappe **29** vorgesehen. In üblicher Weise ist bei **30** ein Luftmassenmesser angeordnet.

[0022] Bei Verwendung mehreren Brennräumen zugeordneter Katalysatoren kann es aus Gründen der Vermeidung unerwünscht hoher NO_x -Anteile im in die Atmosphäre abgegebenen Abgas vorteilhaft sein, die einzelnen Abgasleitungen derart voneinander zu trennen, daß die Katalysatoren nur mager oder nur mit stöchiometrischem Gemisch betriebenen Brennräume nachgeschaltet sind.

[0023] Mit der Erfindung ist demgemäß ein gattungsgemäßes Verfahren geschaffen, das beim Umschalten zwischen Magerbetrieb und stöchiometrischem Betrieb andernfalls auftretende Drehmoment-sprünge kompensiert.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betreiben einer mehrere Brennräume aufweisenden Brennkraftmaschine, die zur Verbrennung auch eines mageren Kraftstoff-Luft-Gemisches mit hohem Luftverhältnis ausgelegt ist, mit lastabhängiger Umschaltung zwischen Zuführung eines Gemischs mit zumindest annähernd

stöchiometrischem Luftverhältnis bei hoher Last und Zuführung eines Gemischs mit dem hohen Luftverhältnis bei niedriger Last sowie mit einer Füllungsänderung der Brennräume bei den Umschaltungen, bei denen mit ihnen an sich verbundene Sprünge im Verlauf des von der Brennkraftmaschine erzeugten Drehmoments über dem Luftverhältnis lastabhängig durch Füllungsregelung verringert werden, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein hohes Luftverhältnis (λ) auf dem abfallenden Ast des Verlaufs (b) der NO_x -Emission der Brennkraftmaschine über dem Luftverhältnis (λ) gewählt wird, so dass ein Maximum dieses Verlaufs in einem Luftverhältnis-Zwischenbereich (c) zwischen stöchiometrischem und hohem Luftverhältnis liegt, der bei den Umschaltungen übersprungen wird, und dass bei einer Brennkraftmaschine mit mehreren Brennräumen die Füllungsänderung durch zeitweilige brennraumindividuelle Maßnahmen erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllungsänderung durch zeitweilige Änderung von kurbelwinkelbezogenen Hubverläufen von Ladungswechselventilen (**5–12; 14–21**) der Brennräume (**1, 2, 3, 4**) erfolgt.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass bei mehreren gleichartigen Ladungswechselventilen (**5, 6; 7, 8; 9, 10; 11, 12**) je Brennraum (**1, 2, 3, 4**) die Füllungsänderung durch Aktivieren bzw. Desaktivieren von Ventilen erfolgt.

4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllungsänderung durch Aktivieren bzw. Desaktivieren einzelner Brennräume (**1, 2, 3, 4**) oder Brennraumgruppen erfolgt.

5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllungsänderung durch zeitweilige Betätigung von einzelnen Brennräumen (**1, 2, 3, 4**) oder Brennraumgruppen zugeordneten Drosselklappen (**23, 24, 25, 26**) erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Füllungsänderung durch Änderung der Anzahl der an der jeweiligen Umschaltung beteiligten Brennräume (**1, 2, 3, 4**) erfolgt.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

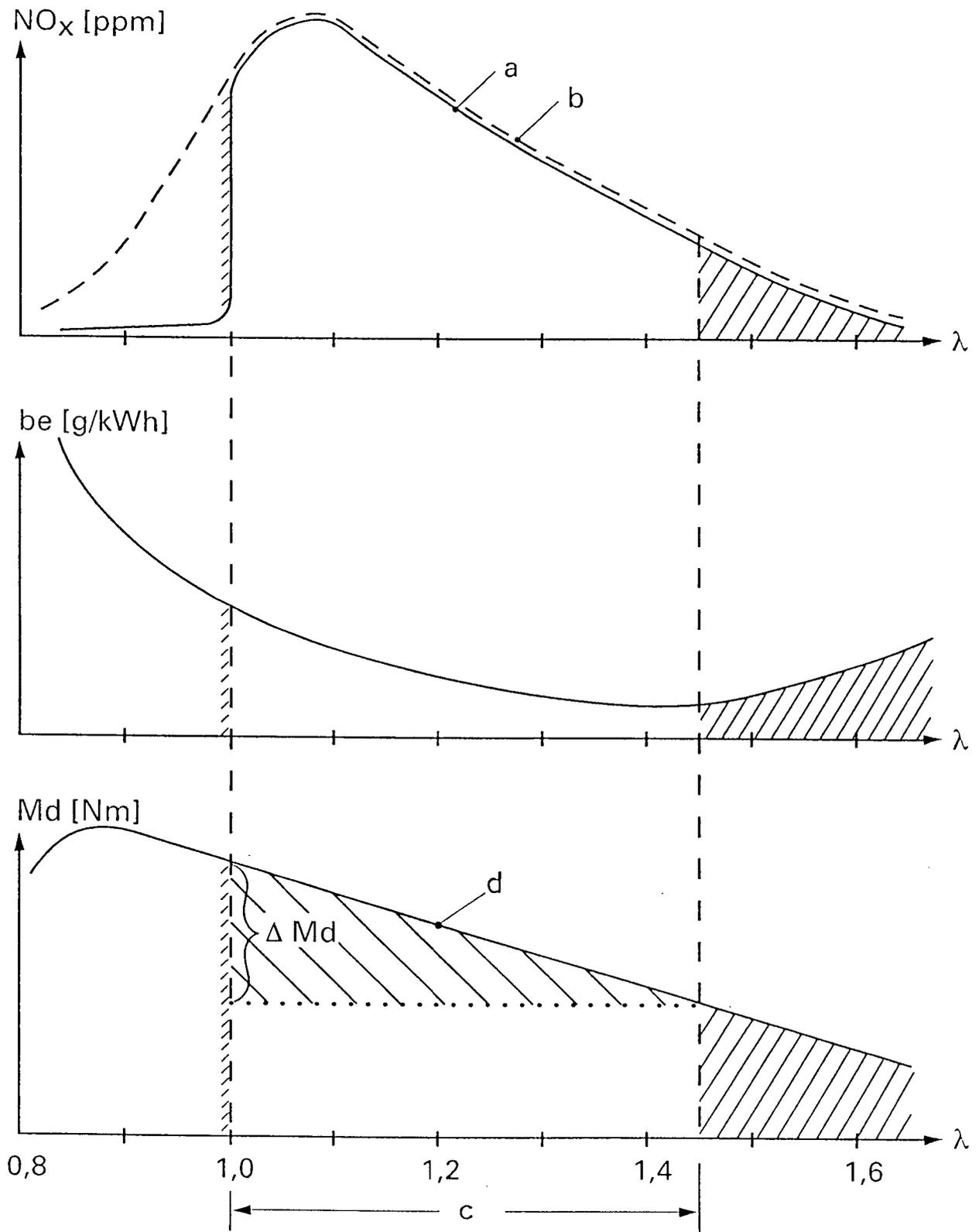


FIG 1

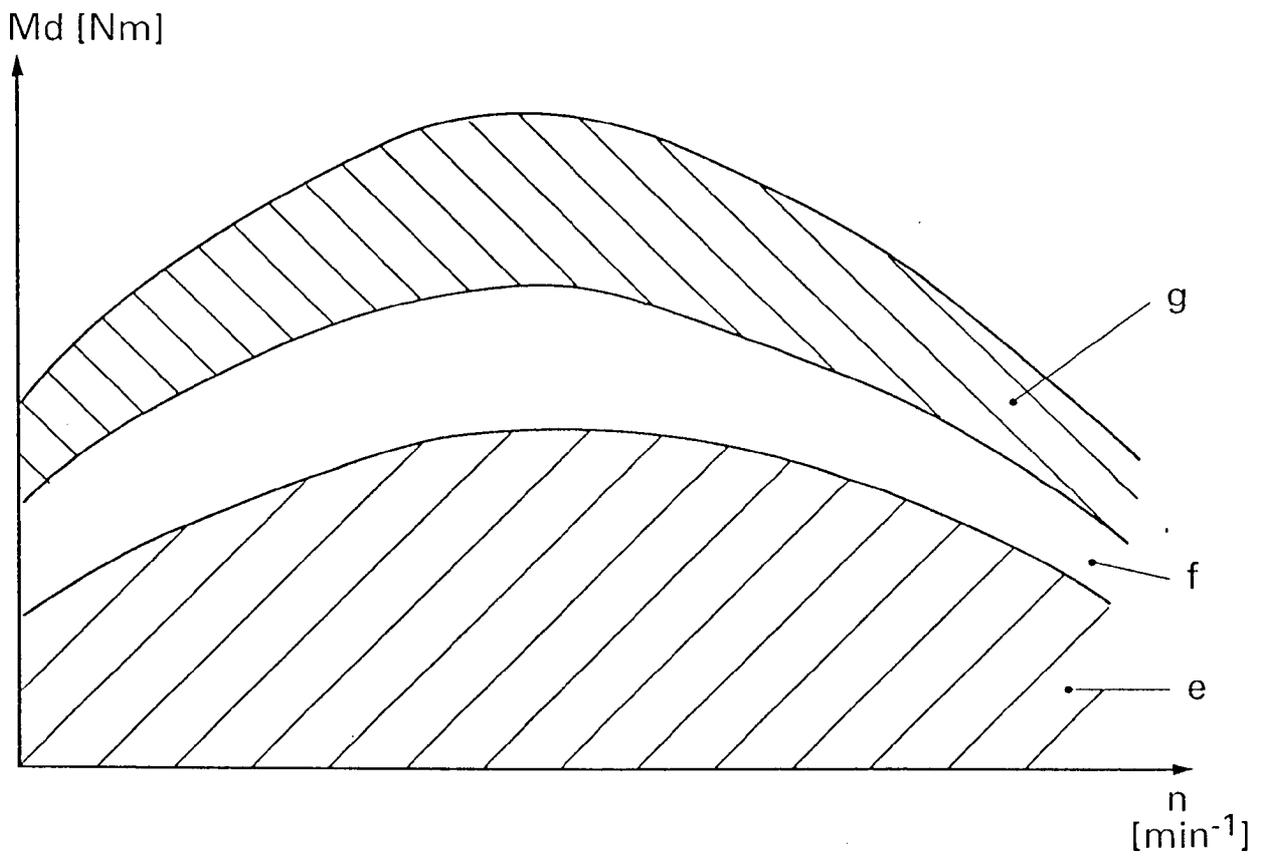


FIG 2

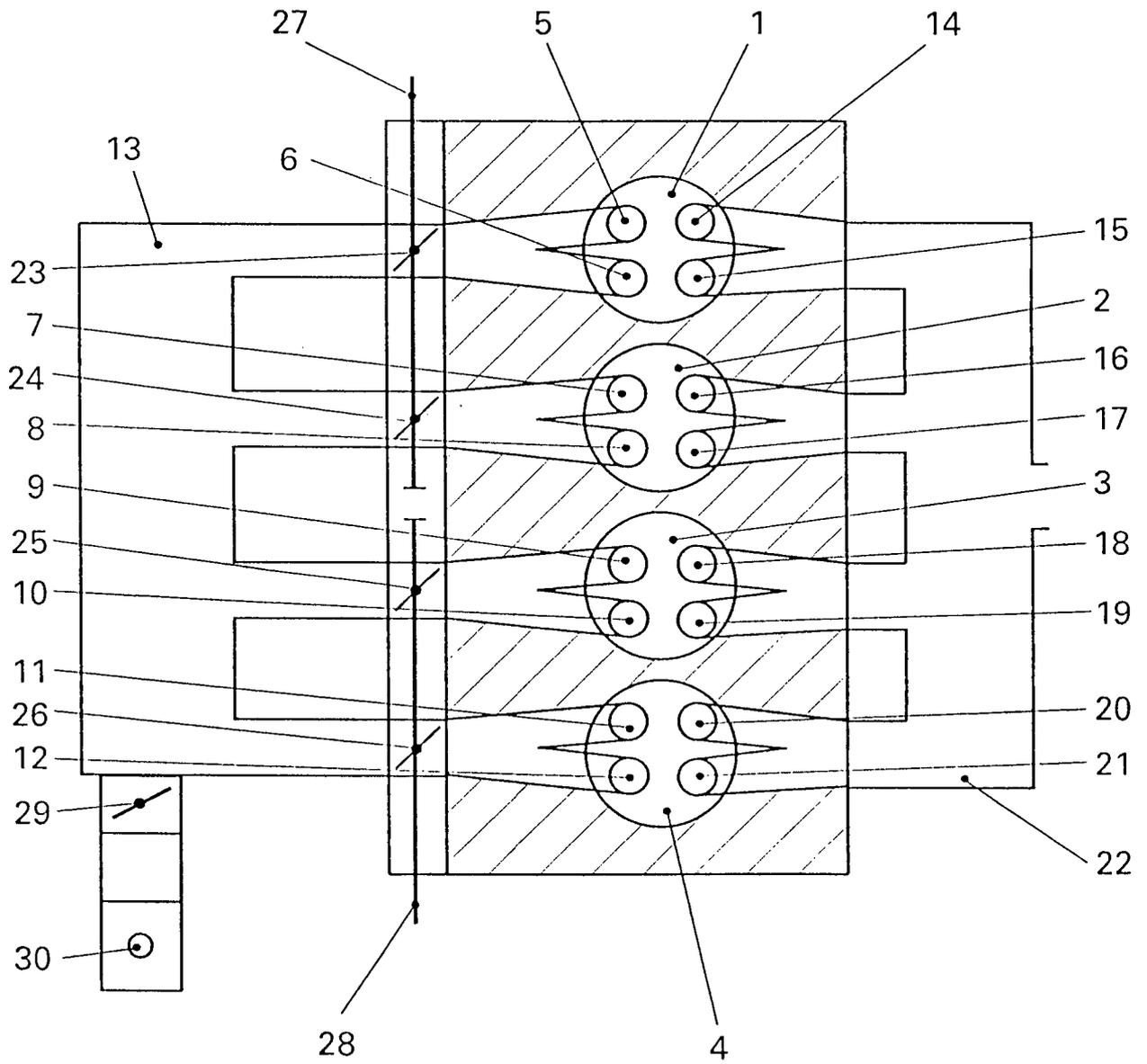


FIG 3