



(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
24.03.1999 Patentblatt 1999/12

(51) Int. Cl.⁶: F01N 3/08, F02D 33/00

(21) Anmeldenummer: 98113275.6

(22) Anmeldetag: 16.07.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU
MC NL PT SE**
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder:
• **Philips, Patrick, Dr.**
50858 Köln (DE)
• **Grieser, Klemens**
40764 Langenfeld (DE)
• **Erdmann, Roland**
50259 Pulheim (DE)

(30) Priorität: 18.09.1997 DE 19741079

(71) Anmelder:
Ford Global Technologies, Inc.
Dearborn, Michigan 48126 (US)

(74) Vertreter:
Bonsmann, Manfred, Dipl.-Ing.
Kaldenkirchener Strasse 35a
41063 Mönchengladbach (DE)

(54) **Verfahren zur Regeneration einer Stickoxidfalle im Abgassystem eines Verbrennungsmotors**

(57) Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Stickoxidfalle (16) im Abgassystem eines Verbrennungsmotors (10) mit einer elektronischen Motorsteuerung (12), durch die abhängig von einer Vielzahl von Motorbetriebsparametern bestimmt wird, ob dem Verbrennungsmotor ein mageres oder ein im wesentlichen stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt wird und durch die unter vorgegebenen ersten Auslösebedingungen ein Grundregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst wird. Bei einem Übergang vom mageren in den stöchiometrischen Betriebsmodus und bei einem Vorliegen von vorgege-

benen zweiten Auslösebedingungen wird ein Zusatzregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst. Damit wird eine unkontrollierte Freisetzung von gespeicherten Stickoxiden aus der Stickoxidfalle vermieden. Der Zusatzregenerationszyklus wird vorzugsweise nur dann ausgelöst, wenn die aufgenommene Stickoxidmenge (X) einen bestimmten Schwellwert hat und der Übergang in den stöchiometrischen Betrieb aus einem vorgegebenen Teilbereich des Mager-Drehzahl-/Drehmomentbereichs erfolgt.

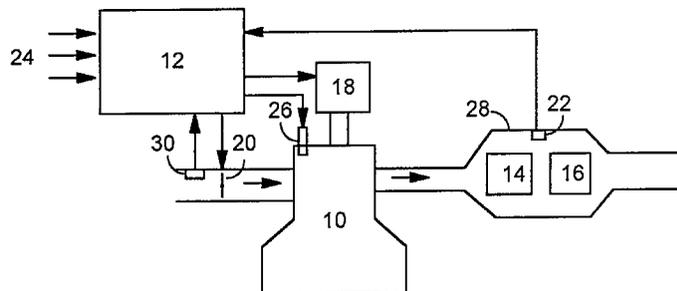


Fig. 1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regeneration einer Stickoxidfalle im Abgassystem eines Verbrennungsmotors mit einer elektronischen Motorsteuerung, durch die abhängig von einer Vielzahl von Motorbetriebsparametern bestimmt wird, ob dem Verbrennungsmotor ein mageres oder ein im wesentlichen stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt wird und durch die unter vorgegebenen ersten Auslösebedingungen ein Grundregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst wird.

[0002] Der Einsatz einer derartigen Stickoxidfalle (NO_x-Trap) im Verbund mit einem konventionellen Dreiwegekatalysator erfolgt bevorzugt bei Kraftfahrzeugen, deren Verbrennungsmotor für einen Magerbetrieb ausgelegt ist (lean burn engine), um die insbesondere im Magerbetrieb auftretenden Stickoxidemissionen zu verringern. Die Stickoxidmoleküle werden an der Beschichtung der Falle angelagert und damit aus dem Abgas entfernt. Um einen dauerhaften Betrieb der Stickoxidfalle zu ermöglichen, ist bei Erreichen eines bestimmten Sättigungsgrades ein Regenerationszyklus erforderlich. Hierzu wird der Motor üblicherweise für kurze Zeit mit einem fetten Luft-/Kraftstoffgemisch (z.B. $\lambda = 0,75$) betrieben. Die angelagerten Stickoxide werden unter diesen Bedingungen unter Einwirkung eines Katalysators zu Stickstoff und Sauerstoff aufgespalten, wobei der Sauerstoff mit überschüssigem Wasserstoff oder CO zu Wasser bzw. CO₂ verbrannt wird.

[0003] Ein Problem bei bekannten Stickoxidfallen besteht darin, daß es bei Vorliegen bestimmter Betriebsbedingungen vorkommen kann, daß bereits gebundene Stickoxide unkonvertiert aus der Stickoxidfalle wieder freigesetzt werden. Dies tritt insbesondere dann auf, wenn von einem Magerbetrieb des Verbrennungsmotors in höheren Drehzahl-/Drehmomentbereichen in einen stöchiometrischen Betrieb übergegangen wird. Falls die Stickoxidfalle zum Zeitpunkt dieses Übergangs bereits eine größere Menge Stickoxide gespeichert hat, kann es zu einer Freisetzung unkonvertierter Stickoxide kommen. Eine derartige unkontrollierte Freisetzung von Stickoxiden kann dazu führen, daß strenge Abgastests trotz befriedigender Abgaswerte im stationären Betrieb nicht bestanden werden.

[0004] Um derartige Emissionsspitzen zu vermeiden, wurde bei bekannten Lösungen das Drehzahl-/Drehmomentfenster, in dem der Verbrennungsmotor mager betrieben wird, derart verkleinert, daß die Übergänge mager-stöchiometrisch bei so niedrigen Drehmomenten bzw. Drehzahlen auftreten, daß der vorstehend geschilderte Effekt nicht auftritt. Andererseits ist es je doch wünschenswert, den Motor in einem möglichst großen Drehzahl-/Drehmomentbereich mager zu betreiben, um eine möglichst große Kraftstoffeinsparung zu erzielen.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art zu schaffen, mit

dem Emissionsspitzen beim Übergang mager-stöchiometrisch vermieden werden, wobei gewährleistet werden soll, daß der Motor in einem möglichst großen Drehzahl-/Drehmomentbereich mager betrieben werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei einem Übergang vom mageren in den stöchiometrischen Betriebsmodus und bei einem Vorliegen von vorgegebenen zweiten Auslösebedingungen ein Zusatzregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst wird. Durch diesen Zusatzregenerationszyklus wird die Stickoxidfalle vor dem Übergang in den stöchiometrischen Modus regeneriert, so daß eine unkontrollierte Freisetzung gespeicherter Stickoxide nicht mehr möglich ist.

[0007] Die Regenerationszyklen sind in vorzugsweiser Ausgestaltung der Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß dem Motor ein fettes Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt wird.

[0008] In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die aktuelle Stickoxidaufnahmerate der Stickoxidfalle sowie ein der durch die Stickoxidfalle aufgenommenen Stickoxidmenge entsprechender Stickoxidmengenwert durch zeitliche Integration der ermittelten Aufnahmerate näherungsweise durch die Motorsteuerung bestimmt wird, daß der Grundregenerationszyklus unter der (ersten) Bedingung ausgelöst wird, daß der Stickoxidmengenwert einen ersten vorgegebenen Schwellwert überschreitet und der Zusatzregenerationszyklus unter der (zweiten) Bedingung ausgelöst wird, daß der Stickoxidmengenwert einen zweiten vorgegebenen Schwellwert, der niedriger als der erste vorgegebene Schwellwert ist, überschreitet, wobei nach Ausführung eines Grund- bzw. Zusatzregenerationszyklus der Stickoxidmengenwert jeweils zurückgesetzt wird. Eine Zusatzregeneration der Stickoxidfalle erfolgt also vorzugsweise nicht bei jedem Übergang mager-stöchiometrisch, sondern nur dann, wenn zusätzlich eine bestimmte Mindestmenge an Stickoxiden gespeichert ist. Hierdurch werden unnötige Regenerationszyklen, die jeweils mit einem erhöhten Kraftstoffverbrauch verbunden sind, vermieden. In einer einfacheren, alternativen Ausführungsform kann vorgesehen sein, den Grundregenerationszyklus timer-gesteuert in regelmäßigen Intervallen durchzuführen und den Zusatzregenerationszyklus bei jedem Übergang mager-stöchiometrisch einzuleiten. Alternativ ist es weiterhin denkbar, einen Zusatzregenerationszyklus nur unter der zusätzlichen Auslösebedingung zuzulassen, daß seit der letzten Regeneration eine gewisse Mindestzeitdauer verstrichen ist.

[0009] Da eine Messung der tatsächlichen Stickoxidaufnahmerate mit vertretbarem Aufwand kaum zu realisieren ist, kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, daß die näherungsweise Bestimmung der aktuellen Aufnahmerate von Stickoxiden anhand eines funktionalen Zusammenhangs in Abhängigkeit von aktueller Motordrehzahl, Motordrehmoment, Luft-/Kraftstoffverhältnis

sowie Abgastemperatur und Abgasmassenstrom im Bereich der Stickoxidfalle erfolgt. Ein derartiger funktionaler Zusammenhang kann in Form einer Funktion oder als Tabellenspeicher implementiert sein und wird vorzugsweise anhand von Prüfstanddaten ermittelt.

[0010] Da eine unkontrollierte Stickoxidfreisetzung im wesentlichen bei mager-stöchiometrisch-Übergängen nur aus bestimmten Drehzahl-/Drehmomentbereichen auftritt, kann in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen sein, daß bei Betrieb des Verbrennungsmotors mit magerem Gemisch in einem vorgegebenen Drehzahl-/Drehmomentbereich ein Zusatzregenerationszyklus unter der Bedingung ausgelöst wird, daß ein Übergang aus einem vorgegebenen Teilbereich des Mager-Drehzahl-/Drehmomentbereichs in einen stöchiometrischen Motorbetrieb erfolgt. Vorzugsweise liegt der Teilbereich des Magerbetriebsbereichs in einem Bereich höherer Drehzahlen bzw. Drehmomente. Durch diese zusätzliche (zweite) Auslösebedingung werden unnötige Regenerationszyklen vermieden.

[0011] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß ein zur Regeneration der Stickoxidfalle erforderliches fettes Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis anhand eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Abgastemperatur im Bereich der Stickoxidfalle und dem Abgasmassenstrom bestimmt wird. Das so bestimmte Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis kann vorzugsweise sowohl während des Grund- als auch während des Zusatzregenerationszyklus zur Anwendung kommen.

[0012] Die zur Durchführung eines Grundregenerationszyklus benötigte Grundregenerationszeit für eine Regeneration mit dem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis kann vorzugsweise anhand eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Abgastemperatur und dem Abgasmassenstrom im Bereich der Stickoxidfalle bestimmt werden.

[0013] Die zur Durchführung eines Zusatzregenerationszyklus für eine Regeneration mit dem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis benötigte Zusatzregenerationszeit kann vorzugsweise durch Multiplikation der Grundregenerationszeit mit dem Verhältnis aus aktuellem Stickoxidmengenwert zu erstem Schwellwert ermittelt werden. Dadurch wird berücksichtigt, daß die Stickoxidfalle bei Durchführung des Zusatzregenerationszyklus im allgemeinen eine geringere Stickoxidmenge als im Falle des Grundregenerationszyklus gespeichert hat, so daß die Regenerationszeit entsprechend reduziert werden kann, um den Kraftstoffmeherverbrauch zu minimieren. In weiterer Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß zu den in der vorstehend beschriebenen Weise bestimmten Regenerationszeiten ein fester Offsetwert hinzuaddiert wird. Damit wird die Zeit berücksichtigt, die die Fettspitze vom Verbrennungsmotor über einen Dreiwegekatalysator braucht, um zur Stickoxidfalle zu gelangen.

[0014] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine stark schematisierte Darstellung einer Motor-/Motorsteuerungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der zeitlichen Entwicklung verschiedener Motorkenngrößen,

Fig. 3 ein schematisches Drehzahl-/Drehmomentkennfeld zur Erläuterung des erfindungsgemäßen Verfahrens und

Fig. 4 ein schematisches Flußdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0015] Gemäß Fig. 1 wird ein Mehrzylinderverbrennungsmotor 10 von einer elektronischen Motorsteuerung 12, die eine Vielzahl von Eingangssignalen 24, wie z.B. die aktuelle Motordrehzahl, ein Signal eines Luft-/Massenstromsensors 30 im Einlaßkanal oder die aktuelle Stellung des Fahrergaspedals erhält, gesteuert. Die Motorsteuerung führt Algorithmen zur Ansteuerung einer elektronischen Drosselklappe 20, einer Zündanlage 18 und einer Einspritzanlage 26 aus. Über die elektronische Drosselklappe 20 und die Einspritzanlage 18 kann das Luft-/Kraftstoffverhältnis λ des den Zylindern zugeführten Gemisches in weiten Grenzen verändert werden, insbesondere kann unter bestimmten Betriebsbedingungen ein mageres Luft-/Kraftstoffverhältnis eingestellt werden. Die Motorabgase werden einer Abgasbehandlungsanordnung 28 zugeführt. Diese besteht aus einem Dreiwegekatalysator 14 und einer Stickoxidfalle 16. Durch einen Temperatursensor 22 wird die Abgastemperatur in räumlicher Nähe der Abgasbehandlungsanordnung 28 gemessen.

[0016] In Fig. 2 ist die zeitliche Entwicklung des von der Stickoxidfalle aufgenommenen Stickoxidmengenwerts X , des eingestellten Luft-/Kraftstoffverhältnisses λ sowie eines die Stickoxidemissionen repräsentierenden Wertes NO_x qualitativ dargestellt. Zu Beginn des in Fig. 2 dargestellten Verlaufs wird der Verbrennungsmotor im Magermodus mit einem Luft-/Kraftstoffverhältnis $\lambda = 1,5$ betrieben. Die Motorsteuerung berechnet in diskreten Zeitabständen die aktuelle Stickoxidaufnahmerate anhand eines funktionalen Zusammenhangs in Abhängigkeit von aktueller Motordrehzahl, Motordrehmoment, Luft-/Kraftstoffverhältnis sowie Abgastemperatur und Abgasmassenstrom und integriert diese Rate zu einem Stickoxidmengenwert X . Hat dieser einen Schwellwert S_1 (60) überschritten, wird für eine Zeitdauer T_{R1} ein Grundregenerationszyklus mit einem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis von 0,75 durchgeführt und der Stickoxidmengenwert anschließend auf Null zurückgesetzt.

[0017] In dem in Fig. 2 dargestellten Beispiel findet zu einem Zeitpunkt t_S ein Betriebsmodusübergang mager-stöchiometrisch statt. Da der Stickoxidmengenwert X zu

diesem Zeitpunkt oberhalb eines zweiten Schwellwerts S_2 (62) liegt, wird für eine Zeitdauer T_{R2} , die gegenüber T_{R1} verkürzt ist, ein Zusatzregenerationszyklus mit einem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis von 0,75 durchgeführt und der Wert X anschließend auf Null zurückgesetzt. Erst nach diesem Zusatzregenerationszyklus wird ein stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffverhältnis mit $\lambda=1,0$ eingestellt.

[0018] Bei einem gemäß dem Stand der Technik ausgebildeten Verfahren, bei dem ein Zusatzregenerationszyklus nicht vorgesehen ist, wie durch die gestrichelten Graphen in Fig. 2 dargestellt, kommt es im Gegensatz zum erfindungsgemäßen Verfahren zu einer unerwünschten NO_x -Emissionsspitze 66.

[0019] In Fig. 3 ist ein schematisches Motordrehmoment/Motordrehzahldiagramm dargestellt. Das maximale Motordrehmoment M_D abhängig von der Drehzahl n ist durch die Vollastkurve 46 gegeben. In einem Bereich 42 wird ein Magerbetrieb des Verbrennungsmotors durch die Motorsteuerung veranlaßt; oberhalb bzw. rechts dieses Bereichs wird der Motor in einem mit 48 bezeichneten Bereich stöchiometrisch betrieben. Unkontrollierte Freisetzung von nicht konvertierten Stickoxiden treten nur bei Übergängen aus einem Teilbereich 50 des Magerbereichs 42 auf (z. B. 52, 54). Deshalb wird ein Zusatzregenerationszyklus nur dann ausgelöst, wenn die Motorsteuerung einen Übergang aus dem Teilbereich 50 in den Bereich 48 detektiert.

[0020] Gemäß Fig. 4 beginnt eine Implementation einer während des Motorbetriebs endlos ausgeführten Überwachungsschleife gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren mit der Bestimmung des Stickoxidmengenwertes X (Schritt 82). In Schritt 84 wird X mit einem ersten Schwellwert S_1 verglichen. Bei Überschreiten wird ein Grundregenerationszyklus ausgelöst. Dazu wird in 86 ein zur Regeneration benötigtes Luft-/Kraftstoffverhältnis λ_R sowie die benötigte Grundregenerationszeit T_{R1} abhängig von der Abgastemperatur und dem Abgasmassenstrom im Bereich der Stickoxidfalle bestimmt. Mit diesen Parametern wird anschließend bei 88 ein Grundregenerationszyklus durchgeführt und der Stickoxidmengenwert X auf Null zurückgesetzt. Weiterhin wird X mit einem zweiten, niedrigeren Schwellwert S_2 verglichen. Falls die Motorsteuerung einen Übergang aus dem Bereich 50 in den Bereich 48 detektiert (Fig. 2) und der Schwellwert S_2 überschritten wird, löst die Motorsteuerung einen Zusatzregenerationszyklus aus. Die Zusatzregenerationszeit T_{R2} wird gegenüber T_{R1} um das Verhältnis aus aktuellem Stickoxidmengenwert X und dem Schwellwert S_1 reduziert (Schritt 94). Anschließend wird bei 96 ein Zusatzregenerationszyklus ausgelöst und der Stickoxidmengenwert X auf Null zurückgesetzt.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regeneration einer Stickoxidfalle (16) im Abgassystem eines Verbrennungsmotors (10)

mit einer elektronischen Motorsteuerung (12), durch die abhängig von einer Vielzahl von Motorbetriebsparametern bestimmt wird, ob dem Verbrennungsmotor ein mageres oder ein im wesentlichen stöchiometrisches Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt wird und durch die unter vorgegebenen ersten Auslösebedingungen ein Grundregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst wird, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem Übergang vom mageren in den stöchiometrischen Betriebsmodus und bei einem Vorliegen von vorgegebenen zweiten Auslösebedingungen ein Zusatzregenerationszyklus der Stickoxidfalle ausgelöst wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß während beider Regenerationszyklen dem Motor (10) ein fettes Luft-/Kraftstoffgemisch zugeführt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die aktuelle Stickoxidaufnahmerate der Stickoxidfalle (16) sowie ein der durch die Stickoxidfalle aufgenommenen Stickoxidmenge entsprechender Stickoxidmengenwert (X) durch zeitliche Integration der ermittelten Aufnahmerate näherungsweise durch die Motorsteuerung bestimmt wird, daß der Grundregenerationszyklus unter der Bedingung ausgelöst wird, daß der Stickoxidmengenwert einen ersten vorgegebenen Schwellwert (S_1) überschreitet und der Zusatzregenerationszyklus unter der Bedingung ausgelöst wird, daß der Stickoxidmengenwert einen zweiten vorgegebenen Schwellwert (S_2), der niedriger als der erste vorgegebene Schwellwert ist, überschreitet, wobei nach Ausführung eines Grund- bzw. Zusatzregenerationszyklus der Stickoxidmengenwert (X) jeweils zurückgesetzt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die näherungsweise Bestimmung der aktuellen Aufnahmerate von Stickoxiden anhand eines funktionalen Zusammenhangs in Abhängigkeit von aktueller Motordrehzahl, Motordrehmoment, Luft-/Kraftstoffverhältnis sowie Abgastemperatur und Abgasmassenstrom im Bereich der Stickoxidfalle (16) erfolgt.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betrieb des Verbrennungsmotors mit magerem Gemisch in einem vorgegebenen Drehzahl-/Drehmomentbereich (42) ein Zusatzregenerationszyklus unter der Bedingung ausgelöst wird, daß ein Übergang aus einem vorgegebenen Teilbereich (50) des Mager-Drehzahl-/Drehmomentbereichs in einen stöchiometrischen Motorbetrieb (48) erfolgt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekenn-

zeichnet, daß der Teilbereich (50) des Magerbetriebsbereichs (42) in einem Bereich höherer Drehzahlen bzw. Drehmomente liegt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß ein zur Regeneration der Stickoxidfalle erforderliches fettes Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis anhand eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Abgastemperatur im Bereich der Stickoxidfalle und dem Abgasmassenstrom bestimmt wird. 5
10
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß eine zur Durchführung eines Grundregenerationszyklus mit dem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis benötigte Grundregenerationszeit (T_{R1}) anhand eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Abgastemperatur und dem Abgasmassenstrom im Bereich der Stickoxidfalle bestimmt wird. 15
20
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß eine zur Durchführung eines Zusatzregenerationszyklus mit dem Regenerations-Luft-/Kraftstoffverhältnis benötigte Zusatzregenerationszeit durch Multiplikation der Grundregenerationszeit (T_{R2}) mit dem Verhältnis aus aktuellem Stickoxidmengenwert (X) zu erstem Schwellwert (S_1) und Addition einer vorgegebenen Offsetzeit zu dem Produkt bestimmt wird. 25
30

35

40

45

50

55

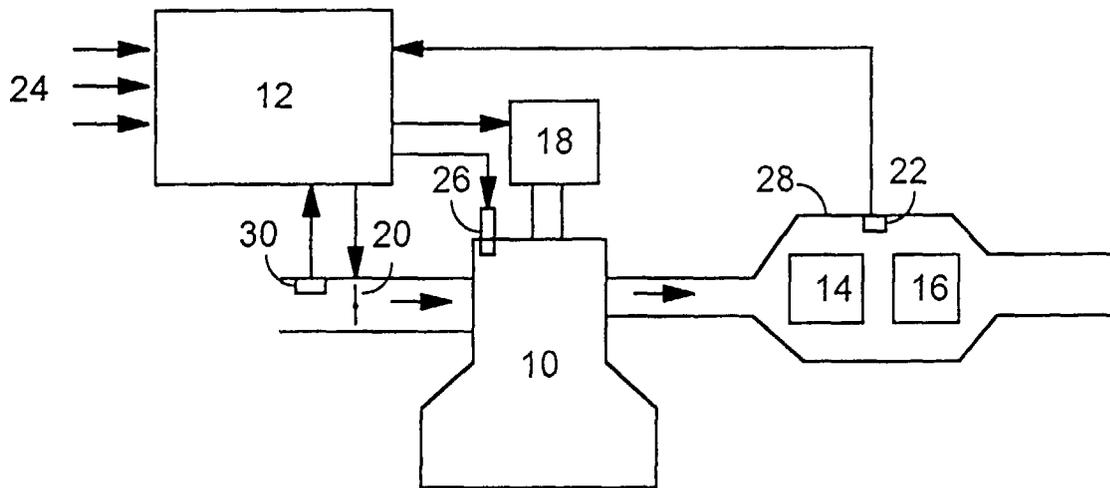


Fig. 1

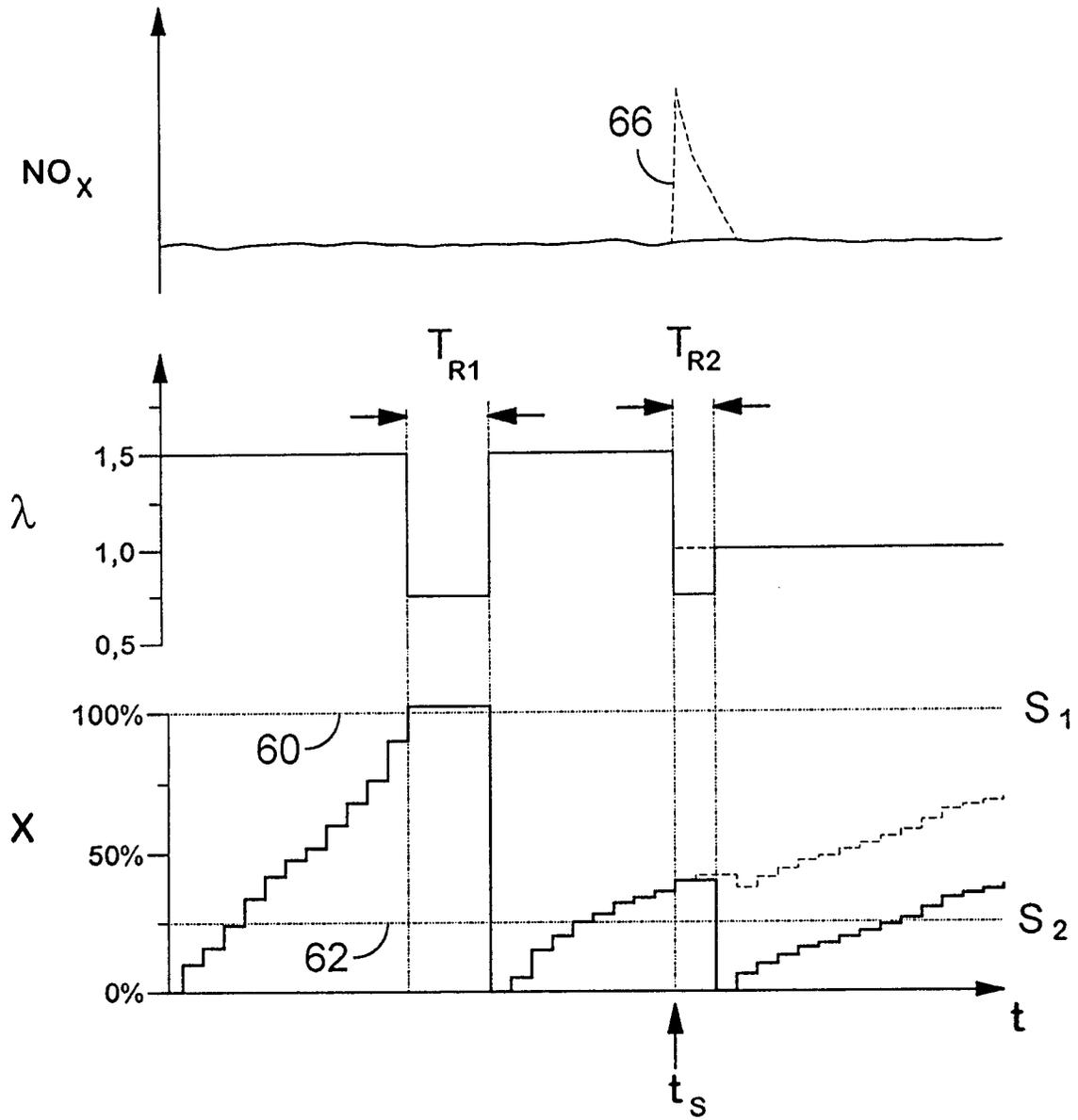


Fig. 2

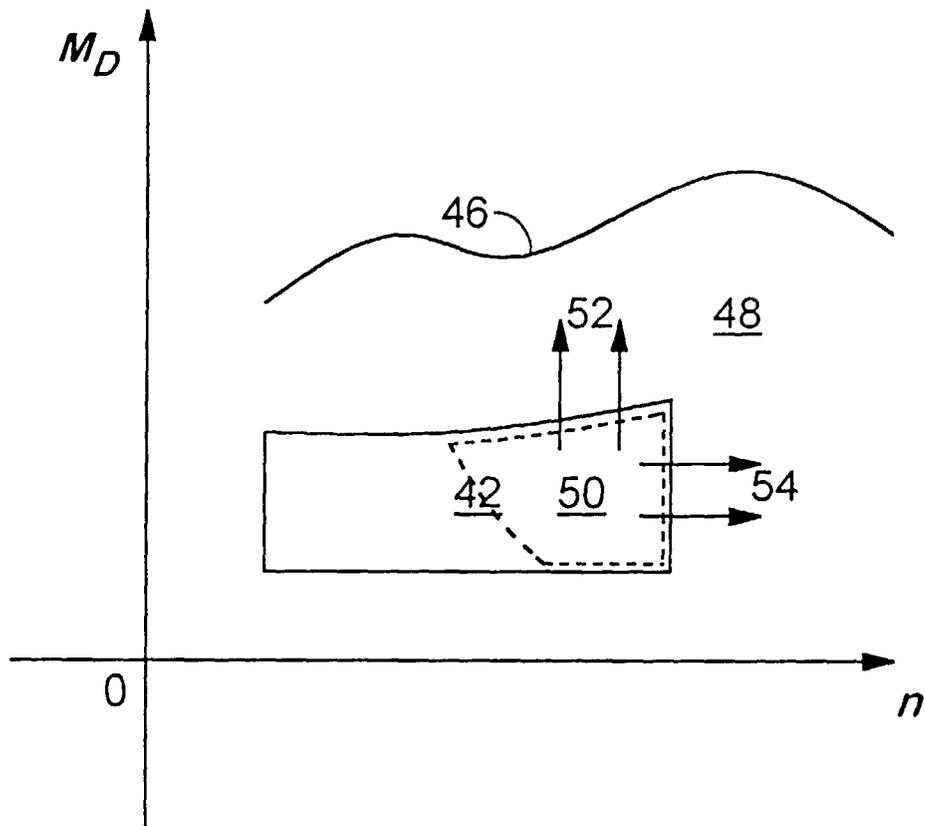


Fig. 3

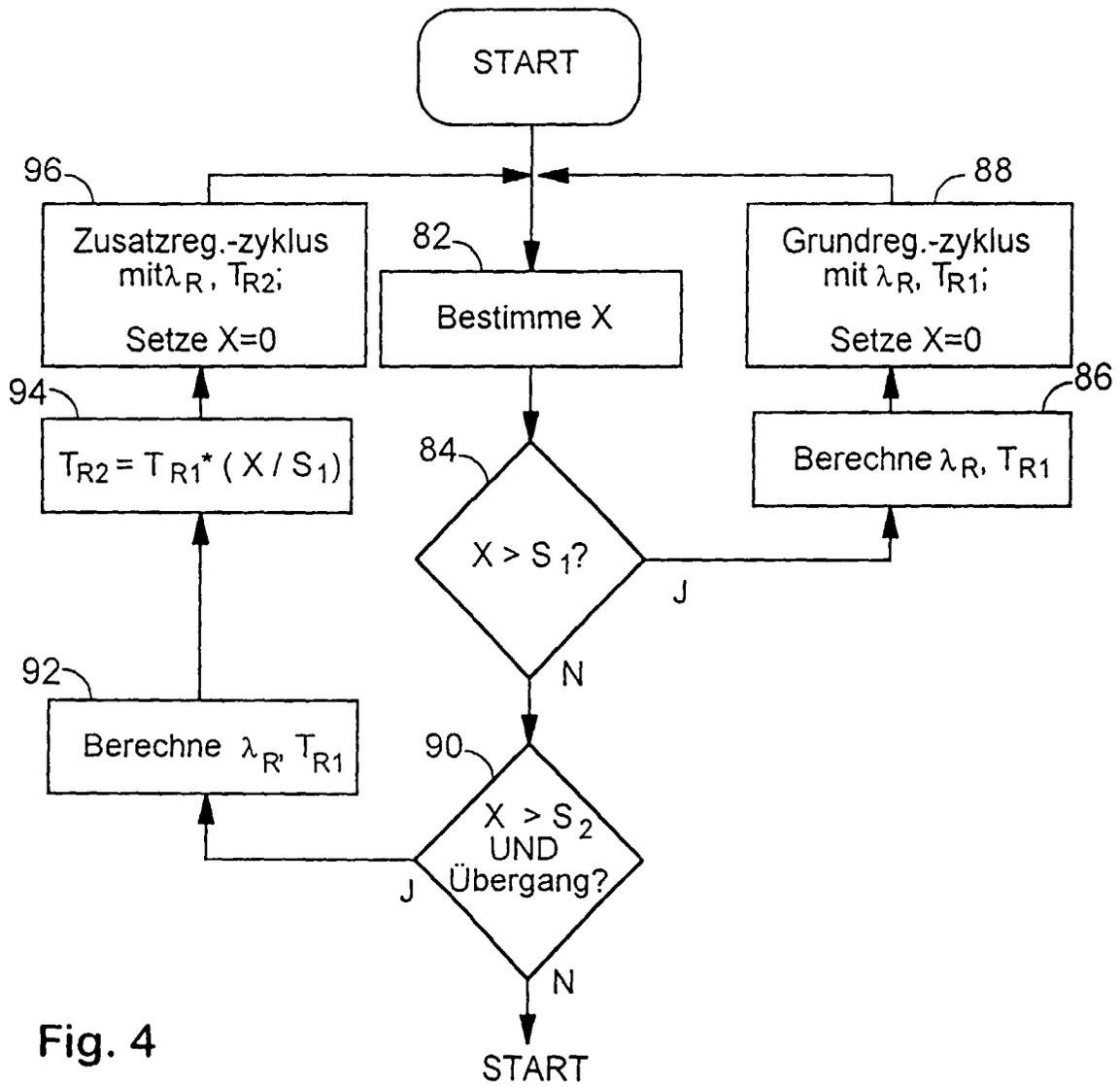


Fig. 4