

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 0 860 596 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
07.05.2003 Patentblatt 2003/19

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

(21) Anmeldenummer: **98101982.1**

(22) Anmeldetag: **05.02.1998**

(54) **Verfahren zur Regelung der Laufruhe eines Verbrennungsmotors**

Method for controlling the smooth running of an internal combustion engine

Méthode de commande de la stabilité de marche d'un moteur à combustion interne

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB

(30) Priorität: **21.02.1997 DE 19706807**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
26.08.1998 Patentblatt 1998/35

(73) Patentinhaber: **Ford Global Technologies, Inc.**
Dearborn, Michigan 48126 (US)

(72) Erfinder:
• **Dickers, Guido**
41068 Mönchengladbach (DE)
• **Philips, Patrick Dr.**
50585 Köln (DE)
• **Henning, Manfred**
40667 Meerbusch (DE)

• **Grieser, Klemens**
40764 Langenfeld (DE)

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

(56) Entgegenhaltungen:
DE-A- 3 224 042 DE-A- 3 831 080
DE-A- 4 230 344 DE-A- 19 614 568
US-A- 5 458 102

• **PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 010, no.**
265 (M-515), 10. September 1986 (1986-09-10) &
JP 61 087944 A (MAZDA MOTOR CORP), 6. Mai
1986 (1986-05-06)

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).

EP 0 860 596 B1

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Regelung der Laufruhe eines Mehrzylinder-Verbrennungsmotors abhängig von einem Meßwert der Laufunruhe mit einer über eine Regeleinrichtung regelbaren Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens.

[0002] Derartige Verfahren finden insbesondere bei Verbrennungsmotoren, die mit einem mageren Luft-/Kraftstoffgemisch (air/fuel ratio, AFR) arbeiten (lean burn engines) Verwendung. Im Magerbetrieb kann die Entstehung von Stickoxiden (NO_x) nämlich dadurch verringert werden, daß der Motor mit möglichst magerem Gemisch arbeitet. Einer Abmagerung des Luft-/Kraftstoffgemisches sind aber Grenzen gesetzt, da es bei zu magerem Gemisch zu Aussetzern kommen kann, die zu einem unruhigen Motorlauf und im Extremfall zu einem Ausgehen des Motors führen können.

[0003] Deshalb wird im Magerbetrieb angestrebt, den Motor mit einem möglichst hohem Luft-/Kraftstoffverhältnis (magerem Gemisch) zu betreiben, wobei allerdings vom Fahrer wahrnehmbare Laufunruhen vermieden werden sollen. Der Motor soll somit zur Reduzierung von Stickoxidrohmissionen möglichst nahe an einer Laufunruhengrenze betrieben werden. Das zum Erreichen dieses Zieles erforderliche Luft-/Kraftstoffverhältnis kann im voraus nur sehr ungenau bestimmt werden, da das Erreichen der Laufunruhengrenze von einer Vielzahl von Parametern, die teilweise langzeitigen oder kurzfristigen Driften unterworfen sind, abhängt, wie z.B. den aktuellen Motorbetriebsparametern, den Geometrieigenschaften der Verbrennungskammern, der Güte der Gemischaufbereitung, dem Zustand der Zündanlage usw.. Bei Verwendung eines im voraus vorgegebenen Luft-/Kraftstoffverhältnisses muß der Motor mit einem relativ großen Sicherheitsabstand zu einem der Laufunruhengrenze entsprechenden Luft-/Kraftstoffverhältnis betrieben werden, was die Stickoxidrohmissionen negativ beeinflusst.

[0004] Es ist grundsätzlich bekannt, die Laufunruhe eines Verbrennungsmotors zu messen. Zur Gewinnung eines Meßwertes für die Laufunruhe wertet man bevorzugt die Bewegung der Kurbelwelle mittels eines Kurbelwellenwinkelsensors aus. Eine zunehmende Laufunruhe führt zu einem unruhigeren Lauf der Kurbelwelle, so daß mittels statistischer Verfahren (z.B. Vergleich der aktuellen Winkelgeschwindigkeit mit einem Durchschnittswert) ein Meßwert, der ein Maß für die Laufunruhe darstellt, bestimmt werden kann.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, aufgrund eines derartigen Meßwertes für die Laufunruhe eine Stellgröße zur Beeinflussung der Laufunruhe - vorzugsweise das Luft-/Kraftstoffverhältnis - derart zu regeln, daß auch bei wechselnden Motorbetriebsbedingungen ein ruhiger Betrieb möglichst nahe an der Laufunruhengrenze erzielt wird. Das Verfahren soll darüber hinaus auch zur Regelung der Leerlaufdrehzahl, einer Abgasrückführrate oder zu einer Regelung des Zünd-

winkels verwendet werden können.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe sind die Merkmale gemäß Anspruch 1 erfindungsgemäß vorgesehen. Ein Schwellwert für die Laufunruhe ist vorgegeben und die Stellgröße wird in kleinen Schritten in Richtung einer vergrößerten Laufunruhe verstellt, wenn der Meßwert der Laufunruhe einen ruhigeren Lauf als der Schwellwert anzeigt, und die Stellgröße wird in einem größeren Schritt in Richtung einer verkleinerten Laufunruhe verstellt, wenn der Meßwert der Laufunruhe einen unruhigeren Lauf als der Schwellwert anzeigt. Somit erfolgt eine Annäherung an den Schwellwert für die Laufunruhe in kleinen Schritten. Ist dieser überschritten, wird die Stellgröße in einem größeren Schritt in Richtung einer verkleinerten Laufunruhe verstellt, so daß der Bereich der Laufunruhe sicher verlassen wird, bevor der Fahrer Laufunruheerscheinungen wahrnehmen kann. Auf diese Weise kann die Stellgröße adaptiv in beiden Richtungen an sich ändernde Motorbetriebsbedingungen angepaßt werden. Dies ist aus der DE-A-196 14 568 bekannt.

[0007] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß die Veränderung der Stellgröße mit einer Regelfrequenz in einer Größenordnung von wenigstens 1 Hz erfolgt. Besonders vorteilhaft kann eine Veränderung bei jedem Arbeitszyklus des Verbrennungsmotors erfolgen. Damit ist eine optimale Anpassung der Stellgröße auch bei schnellen Änderungen der Motorbetriebsbedingungen gewährleistet.

[0008] Als Meßwert für die Laufunruhe kann vorzugsweise ein Drehungleichförmigkeitswert eines hochauflösenden Kurbelwinkelsensors verwendet werden, der in der vorstehend beschriebenen Art und Weise aus dem Signal des Kurbelwinkelsensors gewonnen wird.

[0009] In vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens das Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Verbrennungsmotor zugeführten Gemisches verwendet wird. Damit kann ein Verbrennungsmotor bei möglichst hohem Luft-/Kraftstoffverhältnis unterhalb einer vorgegebenen Laufunruheschwelle betrieben werden. Zweckmäßigerweise kann vorgesehen sein, diese Regelung nur während des Magerbetriebs des Verbrennungsmotors - also innerhalb eines bestimmten Motorbetriebsparameterfensters - durchzuführen.

[0010] Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens der Zündzeitpunkt des Verbrennungsmotors verwendet wird. Dies kann beispielsweise in einer Aufwärmphase einer dem Abgassystem des Verbrennungsmotors zugeordneten Katalysatoranordnung zweckmäßig sein. Es ist bekannt, in der Aufwärmphase den Zündvorgang zu einem so späten Zeitpunkt erfolgen zu lassen, daß die Verbrennung teilweise noch im Abgassystem erfolgt und somit eine schnelle Aufheizung der Katalysatoranordnung erreicht wird. Wird der Zündzeitpunkt zu stark verzögert, kann es zu Aussetzern kommen, was durch das erfindungsgemäße Ver-

fahren vermieden werden kann.

[0011] Weiterhin kann alternativ auch vorgesehen sein, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens eine Abgasrückführrate verwendet wird. Mittels einer Abgasrückfuhreinrichtung kann ein sparsamerer und emissionsärmerer Betrieb eines Verbrennungsmotors erreicht werden. Allerdings kann eine zu hohe Abgasrückführrate zu Aussetzern führen, was mittels einer erfindungsgemäßen Regelung der Abgasrückführrate vermieden werden kann.

[0012] Weiterhin kann vorgesehen sein, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens die Drosselklappenstellung einer Einrichtung zur Dosierung des dem Verbrennungsmotor zugeführten Luftmassenstroms verwendet wird. In einer derartigen Ausführungsform kann die Erfindung zweckmäßig zur Leerlaufdrehzahlregelung eines Verbrennungsmotors mit einer elektronisch steuerbaren Drosselklappe eingesetzt werden.

[0013] Die subjektive Wahrnehmbarkeit von Laufunruheerscheinungen ist nicht in allen Betriebsbereichen des Motors gleich ausgeprägt. Deshalb ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß der Schwellwert für die Laufunruhe mittels eines funktionalen Zusammenhangs (Kennfeldes) abhängig von der Drehzahl und dem Drehmoment des Verbrennungsmotors variiert wird. Das erforderliche Kennfeld wird vorzugsweise mittels geeigneter Versuchsreihen bestimmt.

[0014] Der Schwellwert der Laufunruhe wird aber auch anhand anderer Motorbetriebsparameter, wie z.B. der Fahrzeuggeschwindigkeit oder der Gaspedalstellung, variiert.

[0015] Weiterhin kann im Rahmen der Erfindung vorgesehen sein, daß die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gemeinsam erfolgt. In diesem Falle beeinflußt der Zylinder mit der am stärksten ausgeprägten Laufunruhe die Stellgröße maßgeblich.

[0016] Alternativ kann aber auch vorgesehen sein, daß die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors individuell erfolgt. Der Meßwert der Laufunruhe kann mittels des Kurbelwinkelsensors mit nur geringem Aufwand für jeden Zylinder individuell bestimmt werden, da sich einzelne Laufunruheerscheinungen ohne weiteres mit den jeweiligen Verbrennungsprozessen und somit mit den jeweiligen, die Laufunruhe verursachenden Zylindern korrelieren lassen. Zur individuellen Beeinflussung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses für jeden Zylinder sind allerdings den einzelnen Zylindern zugeordnete Dosiereinrichtungen erforderlich. Insgesamt kann aber hierdurch die Regelung verbessert werden, da nicht mehr der Zylinder mit der am stärksten ausgeprägten Laufunruhe die Stellgröße maßgeblich beeinflußt.

[0017] Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen beispielhaft erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Beispieldiagramm einer er-

findungsgemäßen Regelung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses abhängig von einem Laufunruhesignal, und

5 Fig. 2 ein Diagramm zur Erläuterung des Vorteils einer individuellen Regelung für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors im Vergleich zu einer Regelung für alle Zylinder gemeinsam.

10 **[0018]** Im unteren Teildiagramm von Fig. 1 ist der zeitliche Verlauf eines gemäß der Erfindung geregelten Luft-/Kraftstoffverhältnisses (AFR) in Abhängigkeit eines im oberen Diagramm dargestellten Laufunruhesignals dargestellt. Ein steigendes Luft-/Kraftstoffverhältnis führt tendenziell zu einer größeren Laufunruhe. Die Laufunruhe wird mittels einer Messung des Kurbelwinkels in der vorstehend beschriebenen Weise bestimmt. Weiterhin ist im oberen Diagramm eine den - in diesem Beispiel zeitlich konstanten - Schwellwert für die Laufunruhe bezeichnende horizontale Linie dargestellt. Die Bestimmung der Laufunruhe und die auf diese folgende Veränderung des Luft-/Kraftstoffverhältnisses erfolgt in diskreten Zeitabständen, nämlich jeweils einmal pro Umdrehung der Verbrennungsmotorkurbelwelle.

20 **[0019]** Wie aus Fig. 1 ersichtlich, wird das Luft-/Kraftstoffverhältnis um einen vorgegebenen Betrag B erhöht, wenn der Meßwert für die Laufunruhe unter dem Schwellwert für die Laufunruhe liegt. Wird der Schwellwert überschritten, so wird das Luft-/Kraftstoffverhältnis um einen gegenüber B größeren Betrag A verringert, so daß der Laufunruhebereich sicher verlassen wird. Diese Ereignisse sind durch vertikale Linien in Fig. 1 gekennzeichnet.

30 **[0020]** Fig. 2 zeigt den Vorteil einer individuellen Einzelzylinder-AFR-Regelung im Vergleich zu einer gemeinsamen Regelung. Die gestrichelt dargestellten Kurven 1,2 zeigen ein gemäß dem vorstehend beschriebenen Verfahren individuell geregeltes Luft-/Kraftstoffverhältnis für zwei unterschiedliche Zylinder. Wie ersichtlich, überschreitet der der Kurve 2 zugeordnete Zylinder erst bei einem höheren Luft-/Kraftstoffverhältnis die Laufunruheschwelle und kann infolgedessen mit magerem Gemisch als der der Kurve 1 zugeordnete Zylinder betrieben werden. Derartige Abweichungen in den Laufunruhebereichen sind bei üblichen Verbrennungsmotoren z.B. aufgrund von Geometrietoleranzen immer vorhanden. Bei einer für alle Zylinder gemeinsamen Regelung (beispielsweise gemäß Kurve 3) bestimmt der Zylinder mit dem ungünstigsten Laufunruhebereich (d.h. mit der größten Tendenz zu Aussetzern) das maximal einstellbare Luft-/Kraftstoffverhältnis, so daß die Stickoxidemissionen insgesamt höher als bei der Individualregelung liegen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Laufunruhe eines Mehr-

zylinder-Verbrennungsmotors abhängig von einem Meßwert der Laufunruhe mit einer über eine Regeleinrichtung regelbaren Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens, wobei ein Schwellwert für die Laufunruhe vorgegeben ist und die Stellgröße in kleinen Schritten in Richtung einer vergrößerten Laufunruhe verstellt wird, wenn der Meßwert der Laufunruhe einen ruhigeren Lauf als der Schwellwert anzeigt, und wobei die Stellgröße in einem größeren Schritt in Richtung einer verkleinerten Laufunruhe verstellt wird, wenn der Meßwert der Laufunruhe einen unruhigeren Lauf als der Schwellwert anzeigt, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Schwellwert für die Laufunruhe mittels eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Drehzahl und dem Drehmoment des Verbrennungsmotors und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit oder der Gaspedalstellung variiert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Veränderung der Stellgröße mit einer Regelfrequenz in einer Größenordnung von wenigstens 1 Hz erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Meßwert für die Laufunruhe ein Drehungleichförmigkeitswert eines Kurbelwinkelsensors verwendet wird.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens das Luft-/Kraftstoffverhältnis des dem Verbrennungsmotor zugeführten Gemisches verwendet wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens ein Zündzeitpunkt des Verbrennungsmotors verwendet wird.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens eine Abgasrückführrate verwendet wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, daß** als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens die Drosselklappenstellung einer Einrichtung zur Dosierung des dem Verbrennungsmotor zugeführten Luftmassenstroms verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, daß** die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gemeinsam erfolgt.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **da-**

durch gekennzeichnet, daß die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors individuell erfolgt.

Claims

1. Method of regulating the smooth running of a multicylinder internal combustion engine depending upon a measurement value of the disturbed running with a control variable which can be regulated by a regulating device in order to influence the smooth running conduct wherein a threshold value for the disturbed running is given and the control variable is adjusted in small stages in the direction of increased running disturbance if the measurement of the disturbed running indicates smoother running than the threshold value and wherein the control variable is adjusted in a larger stage in the direction of reduced running disturbance if the measurement value of the disturbed running indicates more disturbed running than the threshold value, **characterised in that** the threshold value for the running disturbance is varied by means of a functional connection of the rotational speed and the torque of the internal combustion engine and/or the vehicle speed or the accelerator position.
2. Method according to claim 1 **characterised in that** the change of the control variable takes place with a regulating frequency in the order of at least 1 Hz.
3. Method according to claim 1 or 2 **characterised in that** as a measurement value for the running disturbance a rotational non-uniform value of a crank angle sensor is used.
4. Method according to one of the claims 1 to 3 **characterised in that** as a control variable for influencing the smooth running conduct the air/fuel ratio of the mixture supplied to the internal combustion engine is used.
5. Method according to one of the claims 1 to 3 **characterised in that** as a control variable for influencing the smooth running conduct a time of ignition of the internal combustion engine is used.
6. Method according to one of the claims 1 to 3 **characterised in that** as a control variable for influencing the smooth running conduct an exhaust gas recirculation rate is used.
7. Method according to one of the claims 1 to 3 **characterised in that** as a control variable for influencing the smooth running conduct the throttle valve position of a device for dosing the air mass flow supplied to the internal combustion engine is used.

8. Method according to one of the claims 1 to 7 **characterised in that** the measurement and influencing of the smooth running conduct takes place together for all cylinders of the internal combustion engine.
9. Method according to one of the claims 1 to 7 **characterised in that** the measurement and influencing of the smooth running conduct takes place individually for each cylinder of the internal combustion engine.

Revendications

1. Procédé de régulation de la régularité de fonctionnement d'un moteur à combustion interne à plusieurs cylindres en fonction d'une valeur de mesure de l'irrégularité de fonctionnement, avec une variable réglante pouvant être réglée au moyen d'un équipement de régulation pour influencer sur le comportement de régularité de fonctionnement, une valeur de seuil étant prescrite pour l'irrégularité de fonctionnement et la variable réglante étant réglée par petites étapes en direction d'une irrégularité de fonctionnement accrue si la valeur de mesure de l'irrégularité de fonctionnement indique un fonctionnement plus régulier que la valeur de seuil, et la variable réglante étant réglée en une plus grande étape en direction d'une irrégularité de fonctionnement réduite si la valeur de mesure de l'irrégularité de fonctionnement indique un fonctionnement moins régulier que la valeur de seuil, **caractérisé en ce qu'on** fait varier la valeur de seuil pour l'irrégularité de fonctionnement au moyen d'une relation fonctionnelle dépendant du régime et du couple du moteur à combustion interne et/ou de la vitesse du véhicule ou de la position de la pédale d'accélérateur.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la modification de la variable réglante s'effectue avec une fréquence de régulation d'un ordre de grandeur d'au moins 1 Hz.
3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme valeur de mesure pour l'irrégularité de fonctionnement une valeur d'irrégularité de rotation d'un capteur d'angle de vilebrequin.
4. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme variable réglante pour influencer sur le comportement de régularité de fonctionnement le rapport air/carburant du mélange apporté au moteur à combustion interne.
5. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme variable réglante pour influencer sur le comportement de régula-

rité de fonctionnement un point d'allumage du moteur à combustion interne.

6. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme variable réglante pour influencer sur le comportement de régularité de fonctionnement un taux de recyclage des gaz d'échappement.
7. Procédé selon l'une des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'on** utilise comme variable réglante pour influencer sur le comportement de régularité de fonctionnement la position du papillon d'un équipement pour doser le débit massique d'air apporté au moteur à combustion interne.
8. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la mesure du comportement de régularité de fonctionnement et l'influence sur ce comportement s'effectuent conjointement pour tous les cylindres du moteur à combustion interne.
9. Procédé selon l'une des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce que** la mesure du comportement de régularité de fonctionnement et l'influence sur ce comportement s'effectuent individuellement pour chaque cylindre du moteur à combustion interne.

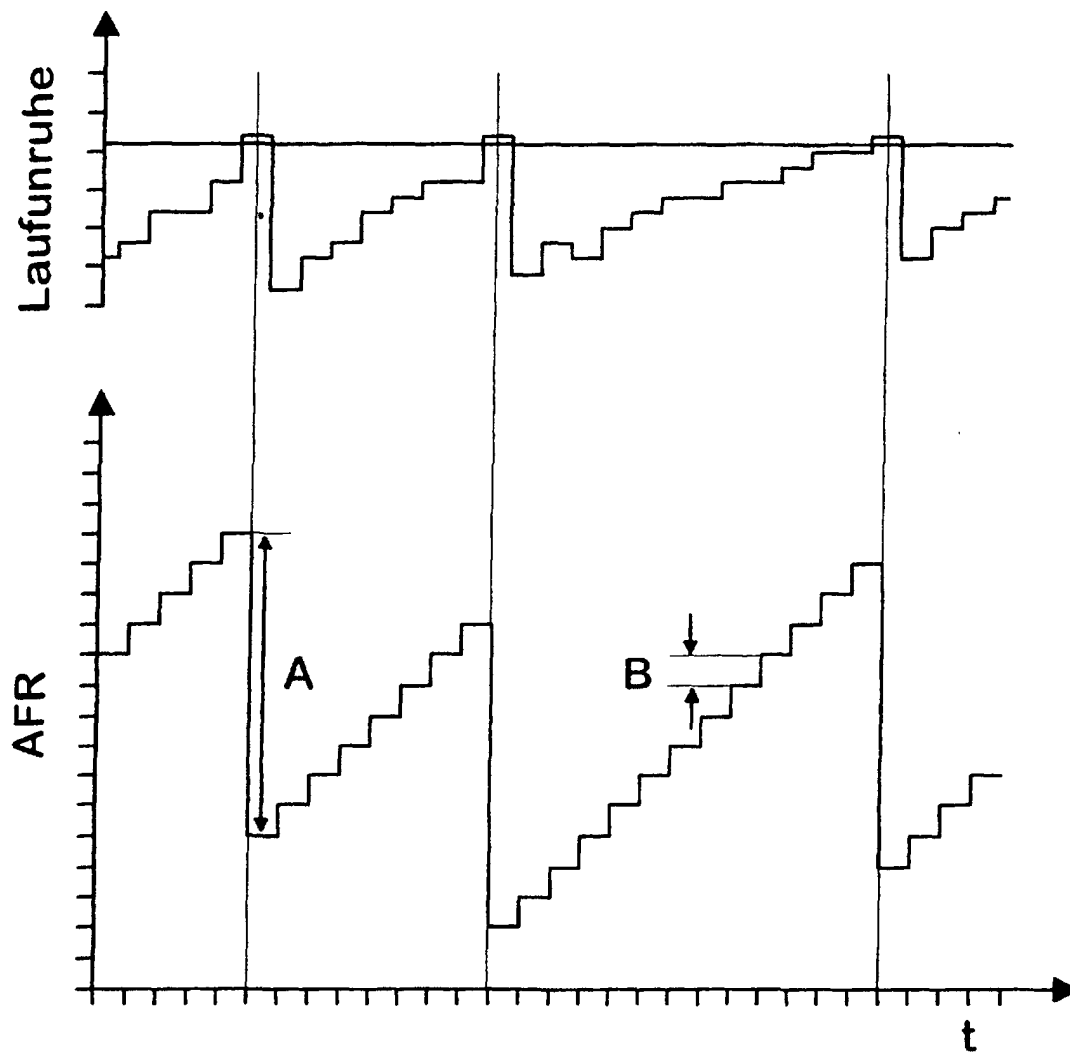


Fig. 1

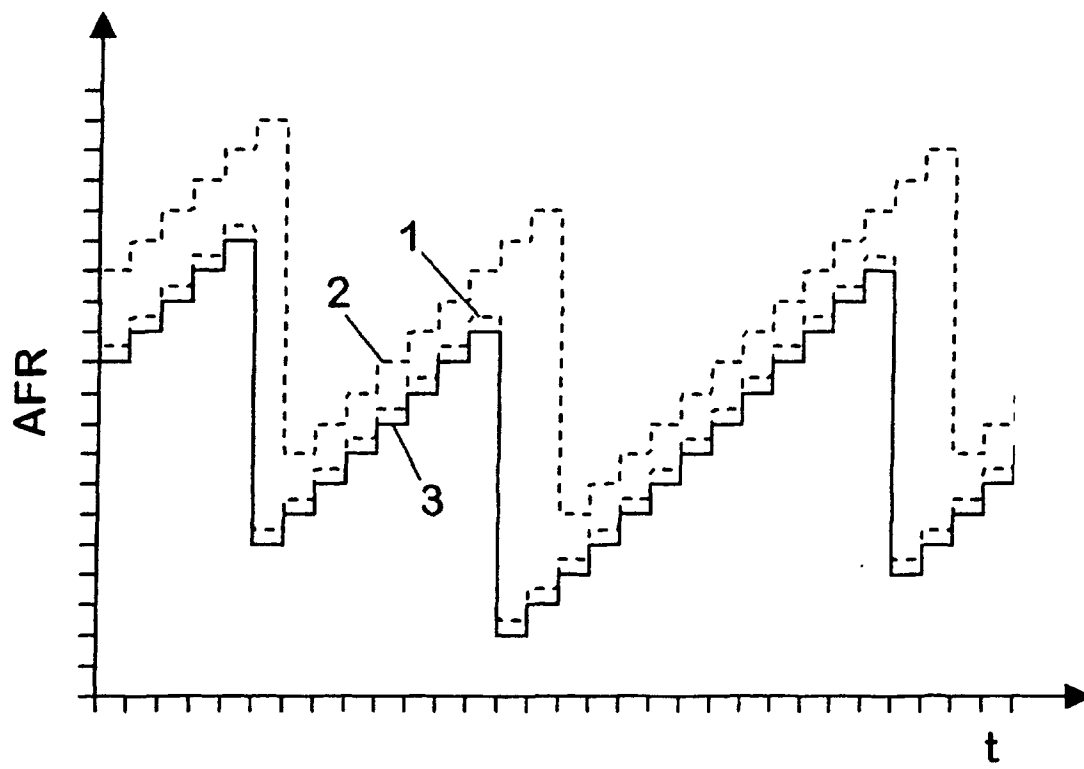


Fig. 2