



Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



(11) EP 0 860 596 A2

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:  
26.08.1998 Patentblatt 1998/35

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>: F02D 41/14

(21) Anmeldenummer: 98101982.1

(22) Anmeldetag: 05.02.1998

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH 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:  
• **Dickers, Guido**  
41068 Mönchengladbach (DE)  
• **Philips, Patrick Dr.**  
50585 Köln (DE)  
• **Henning, Manfred**  
40667 Meerbusch (DE)  
• **Grieser, Klemens**  
40764 Langenfeld (DE)

(30) Priorität: 21.02.1997 DE 19706807

(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 Regelung der Laufruhe eines Verbrennungsmotors**

(57) 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 ist dadurch gekennzeichnet, daß die Stellgröße in kleinen Schritten in Richtung einer vergrößerten Laufunruhe verstellt wird, wenn der Meßwert der Laufunruhe einen ruhigeren Lauf als ein vorgegebener Schwellwert für die Laufunruhe anzeigt, und daß 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. Als Stellgröße wird vorzugsweise das Luft-/Kraftstoffverhältnis eines Verbrennungsmotorgemisches verwendet. Damit kann der Verbrennungsmotor nahe an der Laufunruheschwelle betrieben werden, wobei eine schnelle Anpassung an sich verändernde Motorbetriebsbedingungen gewährleistet ist. Insbesondere im Magerbetrieb des Motors können so die Stickoxidemissionen reduziert werden.

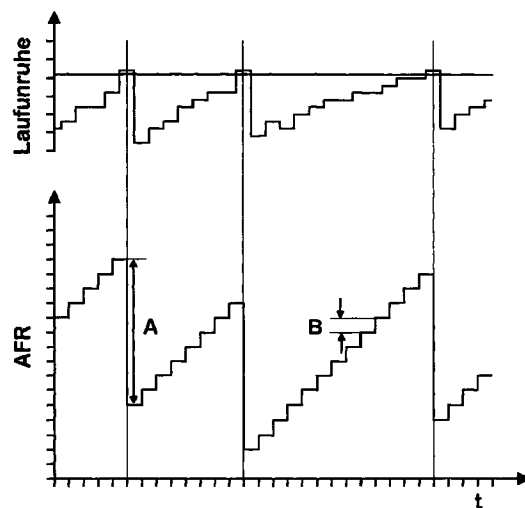


Fig. 1

EP 0 860 596 A2

## Beschreibung

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.

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 ( $\text{NO}_x$ ) 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.

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.

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.

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 darüberhinaus auch zur Regelung der Leerlaufdrehzahl, einer Abgasrückführrate oder zu einer Regelung des Zündwinkels

verwendet werden können.

Zur Lösung dieser Aufgabe ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß 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 daß 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. 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.

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.

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.

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.

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 Verfahren vermieden werden kann.

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.

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.

Die subjektive Wahrnehmbarkeit von Laufunruheerscheinungen ist nicht in allen Betriebsbereichen des Motors gleich ausgeprägt. Deshalb kann erfindungsgemäß vorgesehen sein, 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.

Der Schwellwert der Laufunruhe kann aber auch anhand anderer Motorbetriebsparameter (wie z.B. der Fahrzeuggeschwindigkeit oder der Gaspedalstellung) variiert werden.

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.

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.

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

Fig. 1 ein schematisches Beispieldiagramm einer erfindungsgemäßen Regelung des Luft-

/Kraftstoffverhältnisses abhängig von einem Laufunruhesignal, und

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.

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.

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.

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.

#### 55 Patentansprüche

1. Verfahren zur Regelung der Laufunruhe eines Mehrzylinder-Verbrennungsmotors abhängig von einem

Meßwert der Laufunruhe mit einer über eine Regelungseinrichtung regelbaren Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens, dadurch gekennzeichnet, daß 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 daß 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.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Veränderung der Stellgröße mit einer Regelfrequenz in einer Größenordnung von wenigstens 1 Hz erfolgt. 15
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als Meßwert für die Laufunruhe ein Drehungleichförmigkeitswert eines Kurbelwinkelsensors verwendet wird. 20
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. 25
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens ein Zündzeitpunkt des Verbrennungsmotors verwendet wird. 30
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Stellgröße zur Beeinflussung des Laufruheverhaltens eine Abgasrückführrate verwendet wird. 35
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. 40
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Schwellwert für die Laufunruhe mittels eines funktionalen Zusammenhangs abhängig von der Drehzahl und dem Drehmoment des Verbrennungsmotors variiert wird. 45
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für alle Zylinder des Verbrennungsmotors gemeinsam

erfolgt.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Messung und Beeinflussung des Laufruheverhaltens für jeden Zylinder des Verbrennungsmotors individuell erfolgt.

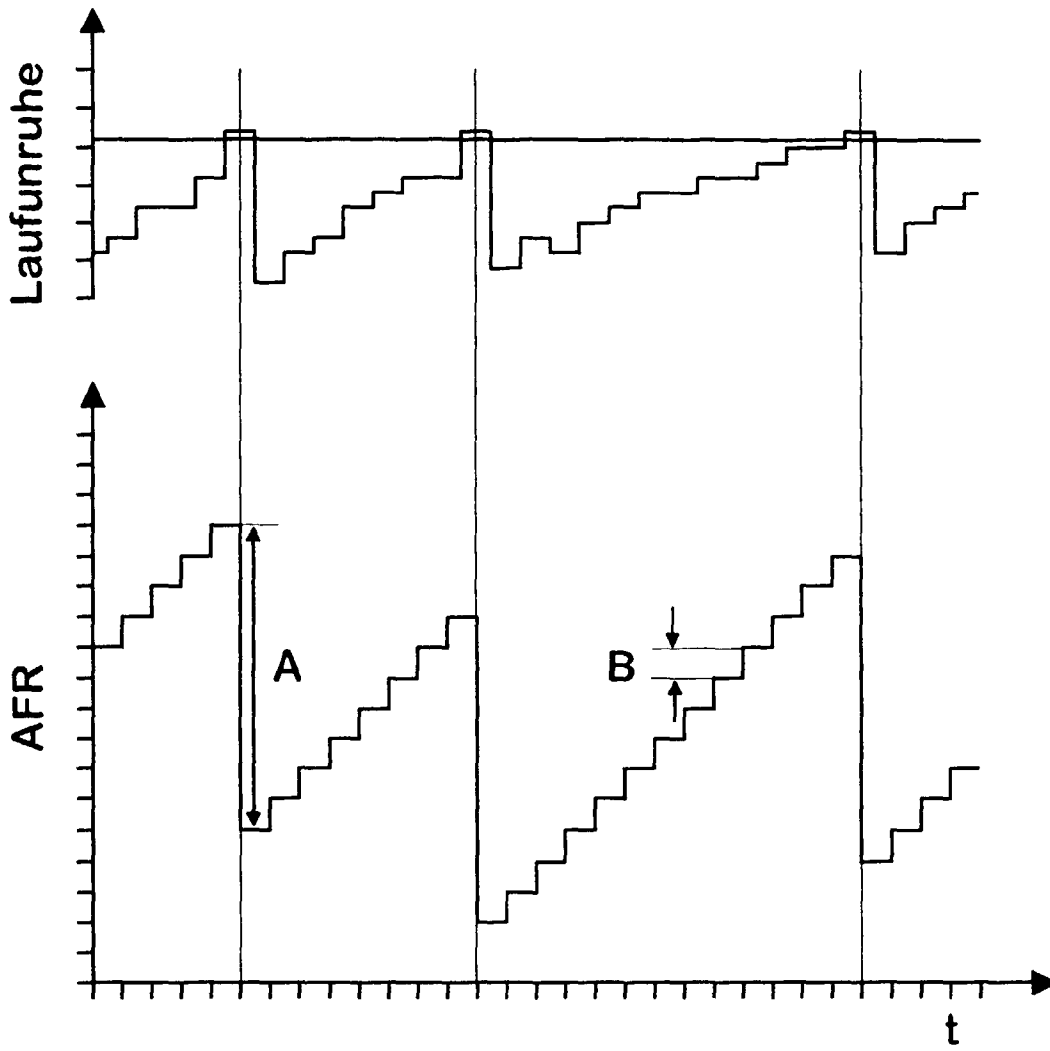


Fig. 1

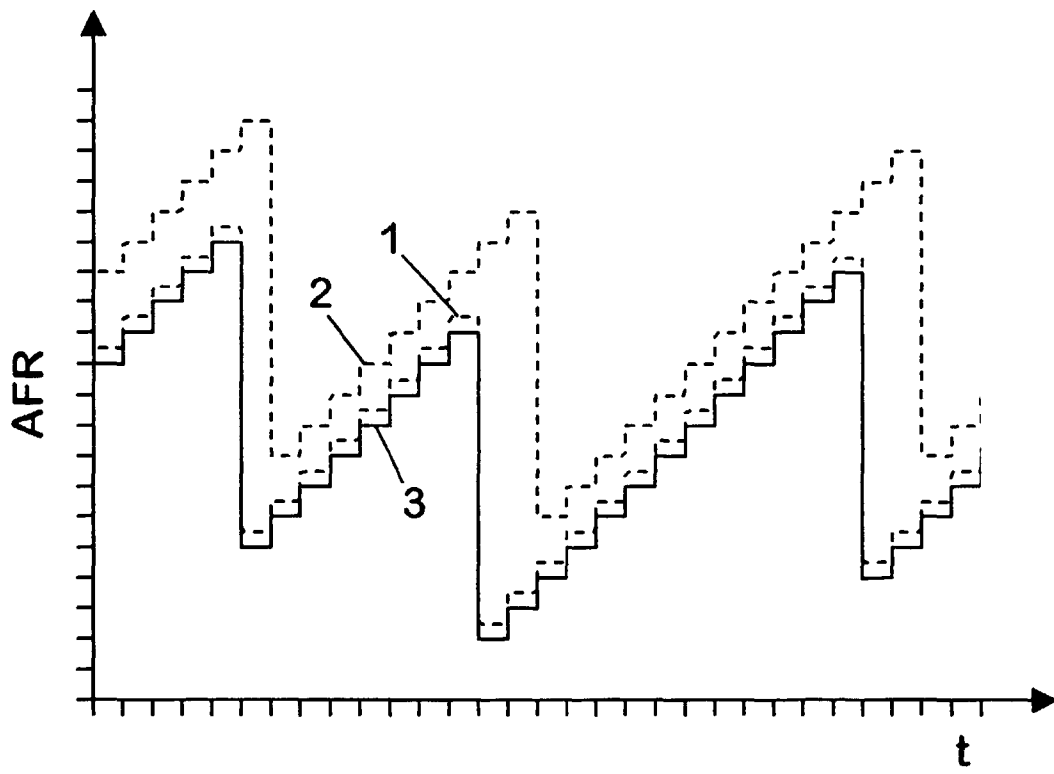


Fig. 2