

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
31. Januar 2002 (31.01.2002)

PCT

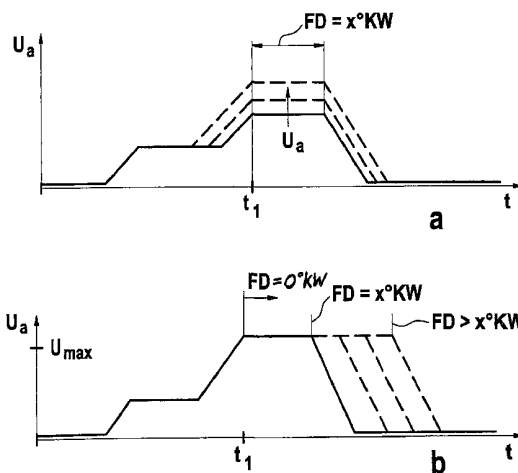
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 02/08599 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02M 59/36, 57/02, 59/46, 45/02, F02D 41/40, 41/20 (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/02233 (72) Erfinder; und
- (22) Internationales Anmeldedatum: 15. Juni 2001 (15.06.2001) (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BOSS, Juergen [DE/DE]; Im Kirchle 41, 70806 Kornwestheim (DE). ZIMMERMANN, KLAUS [DE/DE]; Obere Neue Str. 27/1, 73257 Koengen (DE). HOYLER, Andreas [DE/DE]; Wilhelmstr. 23, 73779 Deizisau (DE).
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 100 35 815.2 22. Juli 2000 (22.07.2000) DE (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING AN INJECTION VALVE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STEUERUNG EINES EINSPRITZVENTILS



(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling an injection valve according to which the control signal ( $U_a$ ) for the actuator is controlled in terms of its amplitude and duration. The actuator actuates, by means of a hydraulic coupler, a switch valve that is in the ballistic mode at low voltages and that releases an opening cross-section to an inlet channel (ZK). With increasing control voltage ( $U_a$ ) the opening cross-section (8) is reduced, thereby increasing the amount of fuel to be injected. The switch valve (5) is controlled from the ballistic mode to the non-ballistic mode by modifying the amplitude and the duration of the control voltage ( $U_a$ ). Both the supply duration (FD) and the amplitude of the control voltage ( $U_a$ ) are matched in such a manner that one or more bounces can occur, during which a transition from one voltage value ( $U_a$ ) to another voltage value ( $U_a$ ) and from one supply duration to another supply duration (FD) takes place. The inventive method is preferably used in a pump-nozzle unit such as is used in a direct injection device. The actuator (2) preferably used is a piezoelectric element.

(57) Zusammenfassung: Erfindungsgemäss wird ein Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils vorgeschlagen, bei dem das Ansteuersignal ( $U_a$ ) für den Aktor in Abhängigkeit von der Amplitude und der Dauer gesteuert wird. Der Aktor betätigt dabei mittels eines hydraulischen

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/08599 A1



**(84) Bestimmungsstaaten** (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

*Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.*

**Veröffentlicht:**

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

---

Kopplers ein Schaltventil, das sich bei niedriger Spannung im ballistischen Betrieb befindet und einen Öffnungsquerschnitt zu einem Zulaufkanal (ZK) freigibt. Mit steigender Ansteuerspannung (Ua) wird der Öffnungsquerschnitt (8) verringert und somit die einzuspritzende Kraftstoffmenge vermehrt. Mit Hilfe der Amplitude und Dauer der Ansteuerspannung (Ua) wird das Schaltventil (5) vom ballistischen Betrieb in den nichtballistischen Betrieb gesteuert. Sowohl die Förderdauer (FD) als auch die Amplitude der Ansteuerspannung (Ua) sind so aufeinander abgestimmt, dass ein oder mehrere Sprünge auftreten können, bei denen von einem Spannungswert (Ua) auf einen anderen Spannungswert (Ua) und von einer Förderdauer auf eine andere Förderdauer (FD) umgeschaltet wird. Das erfindungsgemäße Verfahren findet vorzugsweise bei einer Pumpen-Düsen-Einheit Anwendung, wie es bei einer Direkteinstritzung Verwendung findet. Als Aktor (2) wird bevorzugt ein piezoelektrisches Element verwendet.

5

10 Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils

Stand der Technik

15 Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zur Steuerung  
eines Einspritzventils (Injektors), mit dem eine vorgegebene  
Kraftstoffmenge nach der Gattung des Hauptanspruchs in den  
Zylinder eines Verbrennungsmotors eingespritzt wird.  
Verfahren zur Kraftstoffeinspritzung in einen  
Verbrennungsmotor, insbesondere bei der Direkteinspritzung  
20 sind schon bekannt. Beispielsweise wird bei einer Pumpen-  
Düseneinheit (PDE) ein Schaltventil mittels eines magnetisch  
angetriebenen Aktors im Takte eines Ansteuersignals  
gesteuert, um eine vorgegebene Kraftstoffmenge über eine  
Düsennadel in den Verbrennungsraum des Motors mit hohem  
25 Druck einzuspritzen. Dabei tritt das Problem auf, auch  
möglichst sehr kleine kontrollierbare Mengen von Kraftstoff  
einzuspritzen. Diese kleinen Mengen liegen in einer  
Größenordnung bis zu 2 mm<sup>3</sup> für alle Betriebszustände. Bei  
bekannten magnetgesteuerten Aktoren sind diese kleinen  
30 Mengen insbesondere bei großen Drehzahlen des Motors nicht  
realisierbar, da das Schaltventil zwischen dem geöffneten  
und geschlossenen Zustand nur sehr begrenzt  
Zwischenstellungen einstellen kann. Piezo-Aktoren steuern  
dagegen die Einspritzmenge lediglich über einen konstanten

Öffnungsquerschnitt, der vom Schaltventil mit dessen Sitz im Zulaufkanal gebildet wird.

5 Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils mit den kennzeichnenden Merkmalen des Hauptanspruchs hat demgegenüber den Vorteil, dass zur  
10 Steuerung der Kraftstoffmenge das Ansteuersignal für den Aktor sowohl in seiner Höhe als auch in seiner Dauer veränderbar ist. Das hat den Vorteil, dass nicht nur bei niedriger Drehzahl und geringer Last eine genau dosierte kleine Kraftstoffmenge eingespritzt werden kann. Vielmehr  
15 ist es auch möglich, insbesondere bei einem piezoelektrischen Aktor sowohl durch die Höhe der Ansteuerspannung, als auch durch die Dauer des anliegenden Steuersignals die einzuspritzende Kraftstoffmenge gezielt und in Abhängigkeit von der Motorlast und Drehzahl definiert einzuspritzen.  
20 Besonders vorteilhaft ist, daß auch Parameter berücksichtigt werden können, die motorische, emissionsrelevante und fahrerspezifische Komponenten enthalten.

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten  
25 Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im Hauptanspruch angegebenen Verfahrens möglich. Als besonders günstig wird angesehen, dass das Ansteuersignal zunächst so gewählt wird, dass sich das Schaltventil im ballistischen Betrieb befindet und somit den  
30 Öffnungsquerschnitt für den Zulaufkanal freigibt. Soll die Einspritzmenge erhöht werden, dann wird bei zunächst gleicher Förderdauer einfach auch die Amplitude des Ansteuersignals erhöht, so dass sich der Öffnungsquerschnitt des Zulaufkanals verengt. In dieser Phase bleibt die Dauer  
35 des Ansteuersignals konstant.

Für eine weitere Steigerung der Einspritzmenge wird vorteilhaft das Schaltventil in den nichtballistischen Betrieb gesteuert. Dadurch können auch nach dem Übergang in den nichtballistischen Betrieb weitere Erhöhungen der einzuspritzenden Kraftstoffmenge erzielt werden.

Als vorteilhaft wird auch angesehen, die Förderdauer so lange zu erhöhen, bis die einzuspritzende Kraftstoffmenge größer ist als die bei geschlossenem Steuerventil erreichbare Menge mit einem kurzen Ansteuersignal. In diesem Fall ist zur Erreichung eines günstigen Motorverhaltens wenigstens ein Sprung für die Förderdauer und die Amplitude des Ansteuersignals vorsehbar, um eine Veränderung in der Mengenbestimmung zu erreichen.

So kann vorteilhaft bei nur einem Sprung die maximale Amplitude des Ansteuersignals gewählt werden. Die weitere Erhöhung der Einspritzmenge erfolgt dann durch eine Verlängerung der Förderdauer.

Als alternative Ausführung sind mehrere Sprünge vorsehbar, wobei die Ansteuerspannung sprungweise erhöht und bei jedem Sprung die Förderdauer für die vorgegebene Einspritzmenge angepaßt wird.

Das Ansteuersignal kann vorteilhaft bis zu seinem Maximalwert erhöht werden, bei dem das Schaltventil auf dem Ventilsitz aufliegt und den Öffnungsquerschnitt abdichtet. Eine weitere Erhöhung des Ansteuersignals bringt dann keine Erhöhung der Fördermenge mehr. Vielmehr wird diese dann durch eine Verlängerung der Förderdauer erreicht.

Eine vorteilhafte Anwendung des Verfahrens ist bei einem piezoelektrischen Aktor gegeben, der insbesondere bei einem System mit Direkteinspritzung verwendet wird.

5            Zeichnung

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Figur 1 zeigt ein Einspritzventil mit einer  
10            Pumpen-Düsen-Einheit, Figur 2 zeigt ein erstes Diagramm mit Kennlinien für Einspritzmengen als Funktion von der Förderdauer und Spannung, die Figuren 3a und 3b zeigen Kennlinien für das Ansteuersignal, die Figuren 4a, 4b und 4c zeigen weitere Kennlinien für das Ansteuersignal, Figur 5  
15            zeigt ein zweites Diagramm mit sprunghaften Kennlinien für den Verlauf der Ansteuersignale im Einspritzmengen-Kennfeld und die Figuren 6 und 7 zeigen alternative Kennlinien für das Ansteuersignal.

20            Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Figur 1 zeigt im Schnittbild ein Einspritzventil 1 mit einer Pumpen-Düsen-Einheit (PDE). Bei dieser bekannten Einheit wird eine Pumpeneinheit 6 von einem Pumpenstößel A betätigt  
25            und erzeugt in einem Hochdruckkanal einen hohen Einspritzdruck  $P_1$ . In dem Hochdruckkanal ist der einzuspritzende Kraftstoff enthalten und kann bei einem entsprechenden Druck über eine Düsennadel 3 in einen Zylinder eines nicht dargestellten Verbrennungsmotors  
30            eingespritzt werden. Die Funktionsweise dieses Einspritzventils ist per se bekannt und wird daher nur in seiner Grundfunktion näher erläutert. Als zentrales Element ist ein Schaltventil 5 vorgesehen, das im Hochdruckbereich angeordnet ist und in Abhängigkeit von seiner Lage relativ  
35            zu einem Ventilsitz 7 einen Öffnungsquerschnitt 8 bildet,

über den mehr oder weniger Kraftstoff in einen Zulaufkanal ZK fließen kann, der zwischen einem Anschluß Z und dem Öffnungsquerschnitt 8 gebildet ist. In diesem Zulaufkanal ZK ist ein entsprechender Niederdruck (Zulaufdruck P0) vorhanden. Das Schaltventil 5 wird über einen hydraulischen Koppler 4 von einem Aktor 2 betätigt, der über Klemmen + und - eine Ansteuerspannung Ua empfängt. Der Aktor 2 weist im Wesentlichen ein piezoelektrisches Element auf, das in Abhängigkeit vom Verlauf der Ansteuerspannung Ua eine Längenausdehnung ausführt. Je nach Längenänderung des Aktors 2 wird über den hydraulischen Koppler 4 das Schaltventil 5 bewegt und erreicht beliebige Zwischenstellungen im sogenannten ballistischen Betrieb. Sitzt dagegen das Schaltventil 5 auf dem Ventilsitz 7 auf, dann ist der sogenannte nichtballistische Betrieb mit dem Öffnungsquerschnitt = 0 erreicht.

Der Erfindung liegt nun die Idee zugrunde, das Schaltventil 5 durch das Ansteuersignal Ua in der Amplitude und Ansteuerdauer so auszubilden, dass in jedem Betriebszustand des Verbrennungsmotors die gewünschte einzuspritzende Kraftstoffmenge durch die Lage des Schaltventils 5 und dessen Verweildauer in einer Position erreicht wird. Dabei wird von der Erkenntnis ausgegangen, dass bei einem Maximalwert des Ansteuersignals Ua, d. h. bei der maximalen Ansteuerspannung Umax das Schaltventil 5 fest auf dem Ventilsitz 7 aufliegt und somit der Öffnungsquerschnitt zu 0 wird. Dadurch wird eine Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Förderdauer FD, die in Grad pro Kurbelwinkel der Kurbel- oder Nockenwelle angegeben werden kann, eingespritzt. Alternativ ist auch eine Einspritzdauer im Zeitmaßstab vorgebar. Im ballistischen Betrieb dagegen reduziert sich die Einspritzmenge - jeweils bei konstanter Einspritzdauer gemessen - weil je nach Stellung des Schaltventils 5 über den Öffnungsquerschnitt 8 mehr oder weniger Kraftstoff in

den Zulaufkanal ZK in Richtung Z abfließen kann. Durch eine optimale Steuerung der Position des Schaltventils 5 und auch der Förderdauer FD, die von der Länge des Ansteuersignals  $U_a$  abhängt, kann die einzuspritzende Kraftstoffmenge gesteuert werden. Dabei können vorteilhaft alle Betriebszustände oder Anforderungen an das Abgas oder dem Fahrverhalten berücksichtigt werden.

Figur 2 zeigt nun ein erstes Diagramm mit Förder-/Einspritzmengen-Kennlinien, nach denen ein erstes Ausführungsbeispiel für Ansteuerungsverläufe gebildet werden kann. Auf der x-Achse ist die Förderdauer FD und auf der y-Achse die eingespritzte Kraftstoffmenge Q aufgetragen. Die Förderdauer wird dabei vorzugsweise in Winkelgraden der Kurbelwelle KW angegeben.

Anhand von verschiedenen Kurven ist nun die Beeinflussung der Fördermenge Q dargestellt. Die Kurve 1 beginnt beispielsweise bei  $Q = 0 \text{ mm}^3$  Fördermenge, wobei die Förderdauer zunächst auf den Wert  $x^\circ$  KW konstant gehalten ist. Das Schaltventil 5 befindet sich dabei im ballistischen Betrieb, d. h. der Öffnungsquerschnitt 8 hat zunächst seinen größten Wert, so dass die Fördermenge  $Q = 0$  wird. Mit zunehmender Steuerspannung  $U_a$  wird der Öffnungsquerschnitt 8 kleiner, so dass die Fördermenge Q entlang der Kurve 1 ansteigt, bis am Knickpunkt zunächst der Maximalwert  $Q_2$  erreicht ist. Bei diesem sitzt das Schaltventil 5 auf dem Ventilsitz 7 auf und hat den Zulaufkanal ZK geschlossen. Eine weitere Vergrößerung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge Q ist nunmehr entlang dem linearen Teil der Kurve 1 nur durch eine Verlängerung der Förderdauer FD möglich. Die Kurve 4 beginnt mit der Fördermenge  $Q_1$  und geht mit zunehmendem FD in den rechten Zweig der Kurven 1 bzw. 2 über.  $Q_1$  ist dabei die Fördermenge bei  $U_{\max}$ , d.h. wenn das Schaltventil 5 im Ventilsitz 7 aufliegt und der

Öffnungsquerschnitt 8 geschlossen ( $=0$ ) ist.  $Q_1$  ist dabei deutlich größer als die geforderte kleinste Menge. Entsprechendes gilt für  $Q_1$  auch in Figur 5.

5 Im ballistischen Betrieb wird beispielsweise entsprechend den Geraden 2 und 3 das Schaltventil 5 durch die Spannung  $U_1$  oder  $U_2$  in einer Zwischenstellung gehalten, so dass mehr oder weniger viel Kraftstoff aus dem Hochdruckkanal in den Zulaufkanal ZK abfließen kann. Entsprechend sind dann die  
10 Fördermengen  $Q$  gegeben. Beispielsweise ist auf der Geraden 2 bei der Ansteuerspannung  $U_1$  entnehmbar, dass die Fördermenge linear mit der Förderdauer  $FD$  steigt. Die Gerade 3 zeigt, dass bei höherer Ansteuerspannung  $U_2$  auch die Fördermenge  $Q$  größer wird, da durch die höhere Spannung der  
15 Öffnungsquerschnitt 8 kleiner wird. Wird beispielsweise im ballistischen Betrieb für den linken Zweig der Kurve 2 eine Spannung  $U_1$  gewählt, so steigt die Fördermenge bei der Förderdauer  $x^\circ$  KW bis auf den Wert  $Q_3$ . Mit zunehmender Ansteuerspannung  $U_a$  und konstanter Förderdauer  $FD$  steigt nun  
20 die Fördermenge  $Q$  entsprechend der senkrechten Teilkennlinie an, bis der Wert  $Q_2$  erreicht ist. Danach wird wieder die Förderdauer  $FD$  verlängert, so dass die Kurve 2 wieder wie Kurve 1 verläuft. In diesem Zweig liegt wieder ein  
25 nichtballistischer Betrieb vor. Der Übergang in den nichtballistischen Betrieb erfolgt bei der Fördermenge  $Q_2$ , dessen Wert unter anderem vom Aktortyp abhängt.

Die Kennlinien für das Ansteuersignal  $U_a$  gemäß den Figuren 3a und 3b zeigen Ansteuerzyklen für den Übergang vom  
30 ballistischen zum nichtballistischen Betrieb durch Spannungszunahme. Dabei ist in Figur 3a der Ansteuerverlauf für die Kurve 1 der Figur 2 mit dem ballistischen Bereich dargestellt. Wie der Figur 3a weiter entnehmbar ist, wird die Ansteuerspannung  $U_a$  stufenweise erhöht bis zum Zeitpunkt  
35  $t_1$  die Kraftstoffförderung für die Einspritzung beginnt. Die

Spannung  $U_a$  kann gemäß Figur 3a entsprechend den gestrichelten Kurven variiert werden. Die Förderdauer  $FD$  bleibt dabei konstant. Nach dem Abschalten fällt die Steuerspannung  $U_a$  entsprechend der dargestellten Flanken bis auf den Wert 0 ab.

In Figur 3b wird mit Erreichen der Maximalspannung  $U_{max}$  dagegen wahlweise die Förderdauer  $FD$  erhöht, so dass sich in diesem Fall die gestrichelten Kennlinien ergeben. Dies gilt für den nichtballistischen Betrieb der Kurve 4 der Figur 2.

Die Figuren 4a bis 4c zeigen weitere Kennlinien für das Ansteuersignal. So wird beispielsweise gemäß Figur 4a bei einer Ansteuerspannung  $U_a = U_1$  das Schaltventil 5 im ballistischen Betrieb gehalten. Die Förderdauer wird nun von  $0^\circ$  bis  $x^\circ$  KW entsprechend der gestrichelten Kennlinien oder einer entsprechenden Zeitdauer verlängert (linker Zweig der Kurve 2 in Figur 2). Erreicht nun beispielsweise die Förderdauer  $FD$  den Wert  $x^\circ$  KW, dann steigt die Fördermenge  $Q$  entsprechend dem senkrechten Zweig der Kurve 2 in Figur 2 an, weil das Steuersignal  $U_a$  gemäß der Figur 4b erhöht wurde. Das Schaltventil 5 liegt nun bei dem Wert  $U_{max}$  fest auf dem Ventilsitz 7 auf. Gemäß Figur 4c wird nun die Förderdauer  $FD$  verlängert, wie den gestrichelten Kurven entnehmbar ist. Entsprechend ändert sich die Fördermenge  $Q$  entlang der rechten Teilkurve 2 in Figur 2.

Für die Ansteuerspannung  $U_a = U_2$  der Figur 2 gilt das entsprechende Verhalten.

Die Figuren 5 bis 7 zeigen nun ein weiteres Ausführungsbeispiel, wie durch Abstimmung zwischen Förderdauer  $FD$  und Spannungsanstieg Überschneidungen vermieden werden können, indem ein oder mehrere Sprünge eingefügt werden. Figur 5 zeigt ein zweites Fördermengen-

Diagramm mit Sprüngen in der Ansteuerung, bei dem auf der x-Achse wieder die Förderdauer  $FD$  und auf der y-Achse die Fördermenge  $Q$  aufgetragen ist. Die Kurve  $a$  zeigt nun eine nichtlineare Kurve mit einem Sprung. So wird beispielsweise ausgehend von der Förderdauer  $FD = 0^\circ$  zunächst die Förderdauer  $FD$  entlang der Kurve  $a$  (mit der Ansteuerspannung  $U_1$ ) erhöht, bis die Förderdauer  $FD = x^\circ$  erreicht ist. In dieser Position wird sowohl die Amplitude der Steuerspannung  $U_a$  als auch die Förderdauer  $FD$  geändert. Die geförderte Kraftstoffmenge bleibt dabei gleich. Beispielsweise wird die Spannung auf den Maximalwert gesetzt und die Förderdauer auf den Wert  $y^\circ$  begrenzt. Eine Zunahme der Fördermenge  $Q$  ist jetzt nur noch entlang der weiteren Kurve  $a_1$  möglich, wenn wiederum die Förderdauer  $FD$  verlängert wird.

In alternativer Ausgestaltung der Erfindung sind anstelle eines Sprunges auch mehrere Sprünge möglich. Dieses ist durch die Kennlinien  $b$  dargestellt. So wird die Förderdauer  $FD$  zwischen den Werten  $x^\circ$  und  $z^\circ$  umgeschaltet. Erreicht beispielsweise die Förderdauer entsprechend der Spannung  $U_1$  den Wert  $x^\circ$ , dann wird auf die Steuerspannung  $U_2$  hochgeschaltet und gleichzeitig die Förderdauer auf den Wert  $z^\circ$  reduziert. Nun wird wieder die Förderdauer  $FD$  verlängert, bis wieder der Wert  $x^\circ$  erreicht ist. An diesem Punkt wird entsprechend der Kennlinie  $b$  wieder zurückgeschaltet auf die nächst höhere Spannung  $U_3$  mit der Förderdauer  $z^\circ$ . Nun wird wiederum die Förderdauer  $FD$  verlängert, bis der Wert  $x^\circ$  erreicht ist. Nunmehr wird auf die Kennlinie  $a_1$  wieder zurückgesprungen, wie im vorigen Beispiel dargestellt wurde. Diese Kennlinie  $a_1$  entspricht der maximalen Ansteuerspannung  $U_{max}$ , die für den gewählten Aktortyp zulässig ist. Zu beachten ist jedoch, dass die Umschaltung bzw. der Sprung von  $FD$  und  $U_a$  jeweils in Punkten mit gleicher Fördermenge  $Q$  erfolgt. Die Anzahl der Sprünge ist frei wählbar. Viele

kleine Sprünge ergeben ein besseres Toleranz- und Motorverhalten als wenige große Sprünge.

Die Figuren 6 und 7 zeigen entsprechende Spannungsverläufe für die Ansteuerspannung  $U_1$  für den ballistischen Betrieb. Entsprechend der Figur 6 wird die Steuerspannung  $U_a$  erhöht, bis zum Zeitpunkt  $t_1$  der Förderbeginn einsetzt. Nun wird die Förderdauer  $FD$  verlängert, wie der gestrichelten Kurve entnehmbar ist. Erreicht gemäß der Figur 7 die Ansteuerspannung  $U_a$  den Maximalwert  $U_{max}$ , dann liegt ein nichtballistischer Betrieb vor, bei dem entsprechend der gestrichelten Linie die Förderdauer verlängert wird.

5

10 Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung eines Einspritzventils/Injektors (1), um eine vorgegebene Kraftstoffmenge in den Zylinder eines Verbrennungsmotors einzuspritzen, wobei das  
15 Einspritzventil (1) ein Schaltventil (5) aufweist, das von einem Aktor (2) angesteuert wird und dabei einen Zulaufkanal (ZK) für den Kraftstoffüberschuß öffnet oder schließt, dadurch gekennzeichnet, dass zur Steuerung der Kraftstoffmenge das Ansteuersignal (Ua) für den Aktor (2)  
20 in seiner Höhe und/oder Dauer veränderbar ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuersignal (Ua) für eine kleine Einspritzmenge so niedrig ist, dass das Schaltventil (5) im ballistischen  
25 Betrieb mit einem Öffnungsquerschnitt (8) für einen Zulaufkanal (ZK) gehalten wird und dass für zunehmende Einspritzmengen das Ansteuersignal (Ua) erhöht wird, um den Öffnungsquerschnitt (8) des Zulaufkanals (ZK) zu verengen.

30

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Ansteuersignal (Ua) soweit erhöht wird, bis das Schaltventil (5) in einen nichtballistischen Betrieb geht und den Zulaufkanal (ZK) schließt.

35

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass zur Erhöhung der  
einzuspritzenden Kraftstoffmenge die Dauer des  
Ansteuersignals (Ua) bzw. die Förderdauer (FD) verlängert  
5 wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass  
die Förderdauer (FD) so lange erhöht wird, bis die  
eingespritzte Kraftstoffmenge größer ist als die bei  
10 geschlossenem Steuerventil (5) erreichbare Menge bei  
einem kurzen Ansteuersignal (Ua) mit hoher Amplitude.
6. Verfahren nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet,  
dass wenigstens ein Sprung erfolgt, bei dem die  
15 Förderdauer und die Amplitude des Ansteuersignals (Ua)  
gleichzeitig verändert werden.
7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass  
bei nur einem Sprung die maximale Amplitude des  
20 Ansteuersignals (Ua) gewählt wird und zur Bestimmung der  
Einspritzmenge die Förderdauer (FD) verändert wird.
8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerspannung für die  
25 einzuspritzende Kraftstoffmenge durch mehrere Sprünge  
erfolgt, wobei bei jedem Sprung die Förderdauer und die  
Amplitude des Ansteuersignals (Ua) geändert werden.
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet, dass die Amplitude des  
30 Ansteuersignals (Ua) und die Förderdauer (FD) so lange  
geändert werden, bis das Ansteuersignal (Ua) seinen  
Maximalwert (U<sub>max</sub>) erreicht hat.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine weitere Mengenzunahme durch Verlängerung der Förderdauer (FD) erfolgt.
- 5 11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Aktor ein piezoelektrisches Element (2) verwendet wird.

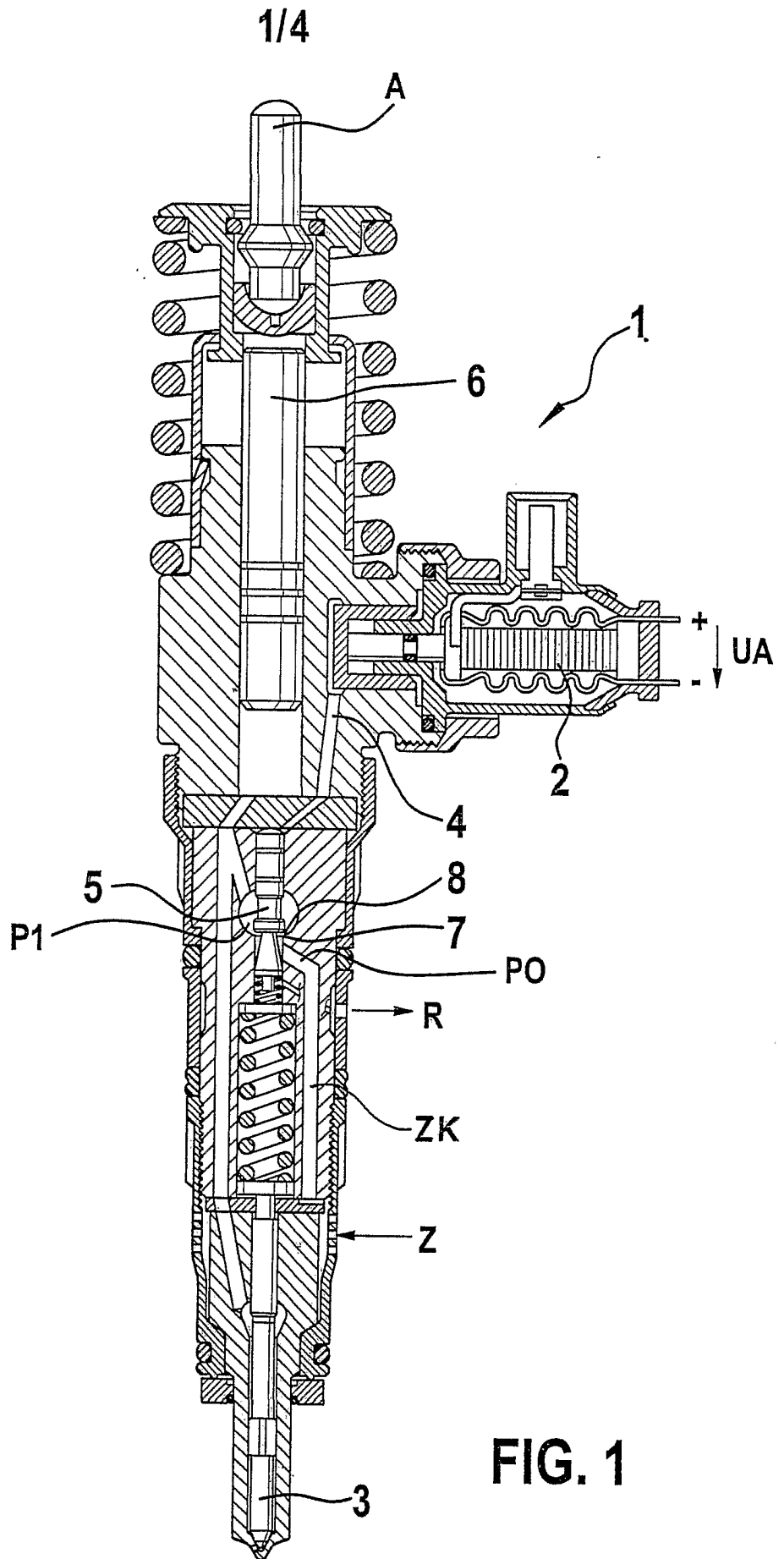


FIG. 1

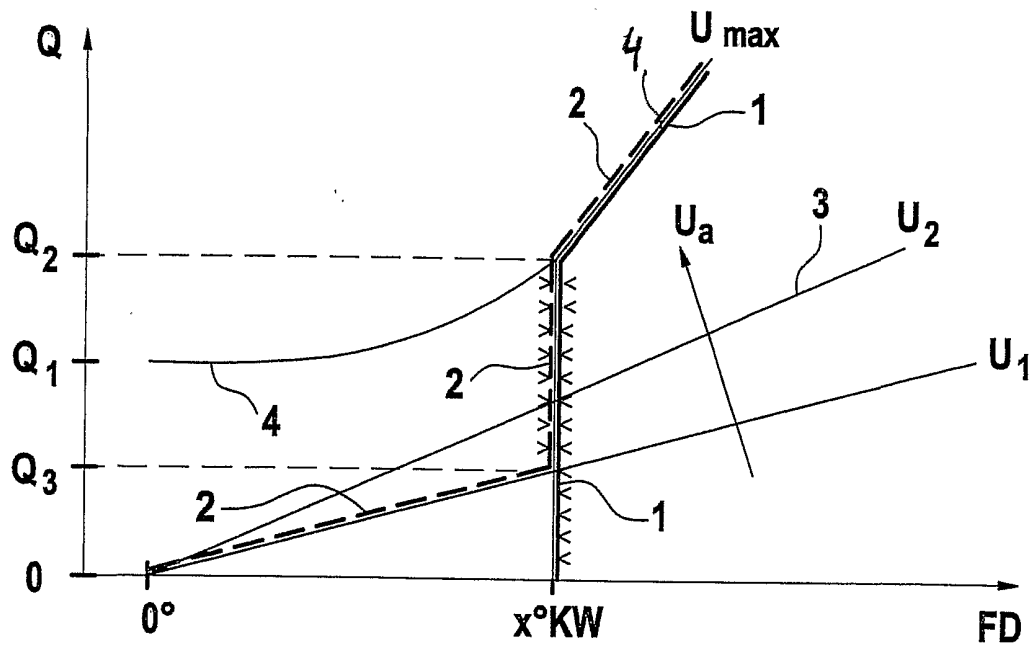


Fig. 2

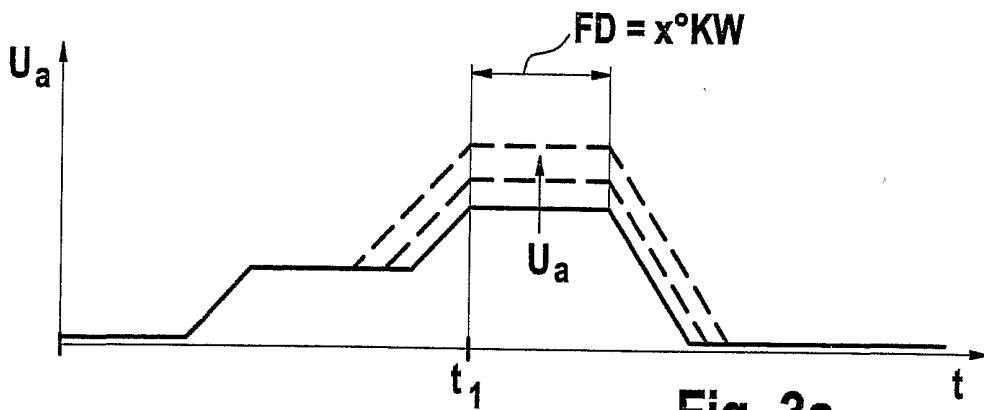


Fig. 3a

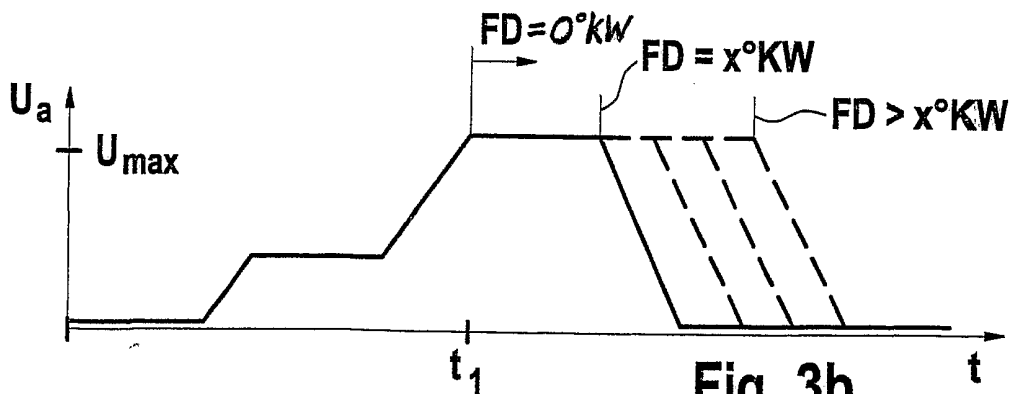


Fig. 3b

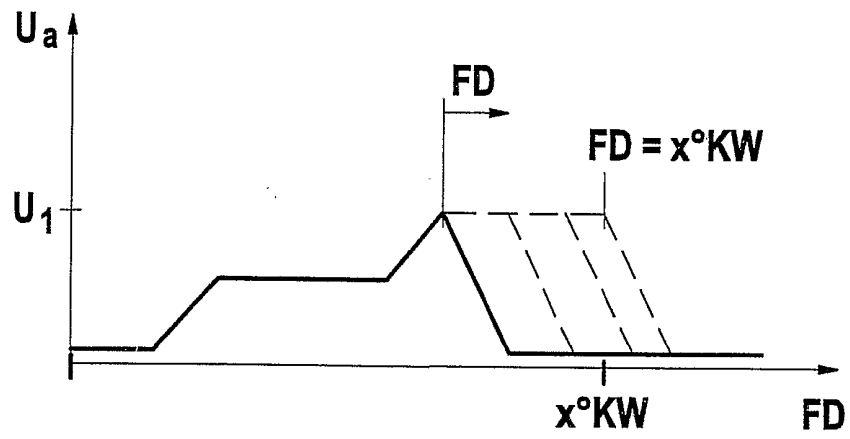


Fig. 4a

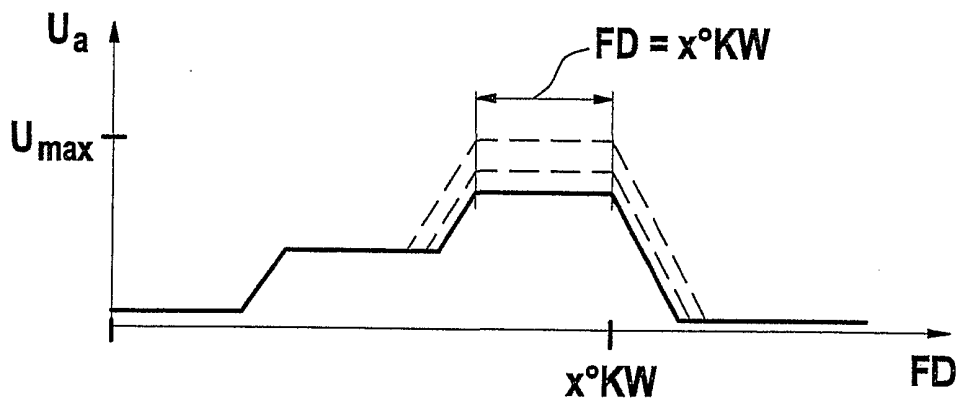


Fig. 4b

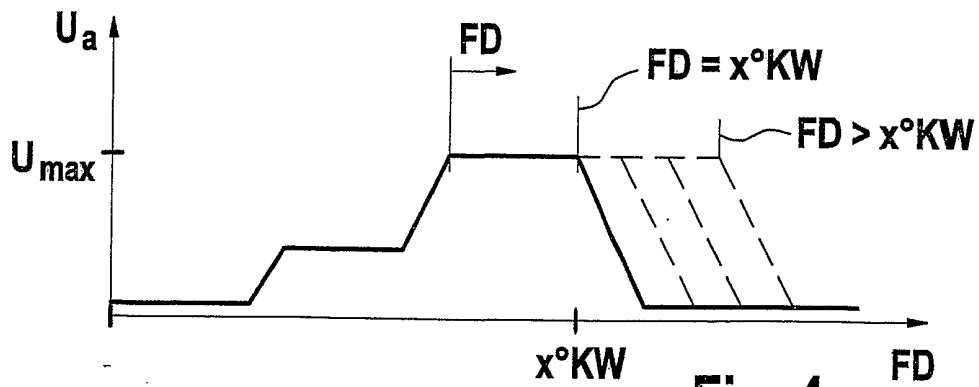


Fig. 4c

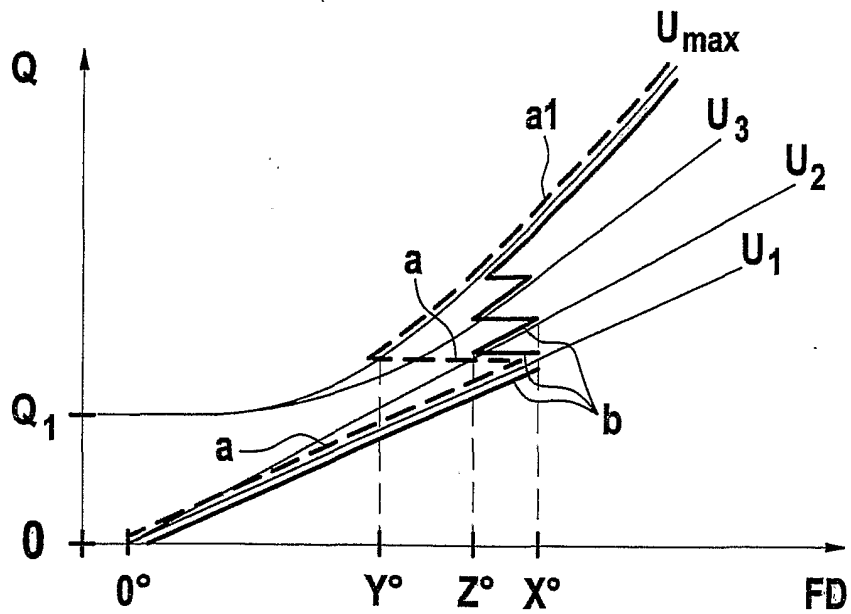


Fig. 5

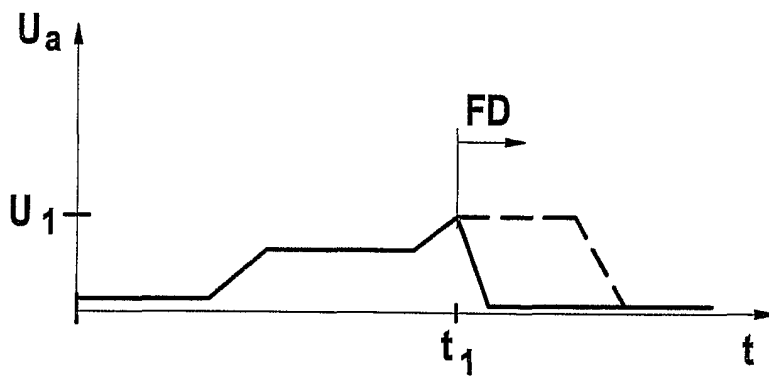


Fig. 6

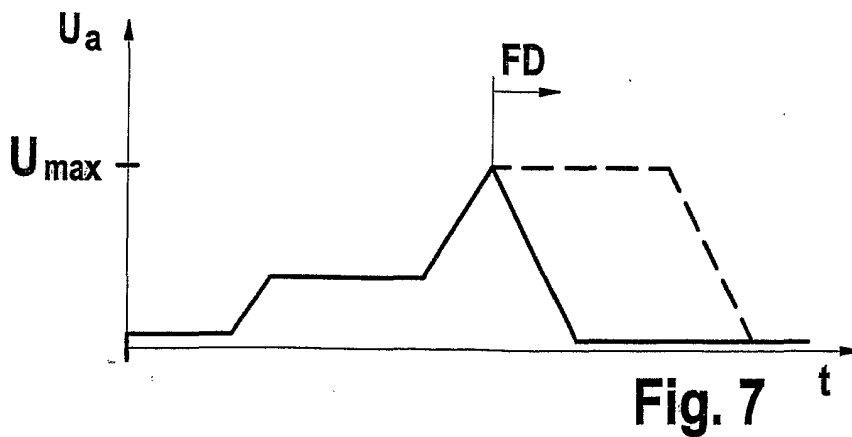


Fig. 7

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
PCT/DE 01/02233

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 F02M59/36 F02M57/02 F02M59/46 F02M45/02 F02D41/40  
F02D41/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 F02M F02D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category * | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|------------|--|-----------------------|
| X          | US 4 784 102 A (SAKAKIBARA YASUYUKI ET AL) 15 November 1988 (1988-11-15)<br>column 12, line 11 - line 16<br>claims 1,14                    | 1,4,11                |
| X          | US 5 152 271 A (MATSUMURA OSAMU) 6 October 1992 (1992-10-06)<br>column 6, line 4 - line 24<br>column 12, line 25 - line 43<br>figures 7,32 | 1,4,11                |
| A          | US 5 407 131 A (MALEY DALE C ET AL) 18 April 1995 (1995-04-18)<br>column 8, line 49 -column 9, line 7<br>column 9, line 27<br>figures 2,3  | 1,4,11                |
|            | -/--   |                       |

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
13 November 2001

Date of mailing of the international search report  
20/11/2001

Name and mailing address of the ISA  
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer  
De Vita, D

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Int'l Application No  
PCT/DE 01/02233

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category ° | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No. |
|------------|---|-----------------------|
| A          | US 4 705 003 A (SAKAKIBARA YASUYUKI ET AL) 10 November 1987 (1987-11-10)<br>column 10, line 31 -column 11, line 6<br>figures 16,20<br>----- | 1                     |
| P,X        | DE 199 30 309 A (SIEMENS AG)<br>11 January 2001 (2001-01-11)<br>claim 1<br>figures 1,2<br>-----   | 1,4,11                |

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No  
PCT/DE 01/02233

| Patent document<br>cited in search report | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |            |
|---|---------------------|----------------------------|---------------------|------------|
| US 4784102                                | A                   | 15-11-1988                 | JP 1941225 C        | 23-06-1995 |
|   |                     |                            | JP 6065872 B        | 24-08-1994 |
|   |                     |                            | JP 62055437 A       | 11-03-1987 |
|   |                     |                            | JP 1888652 C        | 07-12-1994 |
|   |                     |                            | JP 6010460 B        | 09-02-1994 |
|   |                     |                            | JP 62107264 A       | 18-05-1987 |
|   |                     |                            | JP 1779291 C        | 13-08-1993 |
|   |                     |                            | JP 4067026 B        | 27-10-1992 |
|   |                     |                            | JP 61149568 A       | 08-07-1986 |
|   |                     |                            | FR 2586758 A1       | 06-03-1987 |
|   |                     |                            | US 5152271          | A          |
| JP 62017363 A                             | 26-01-1987          |                            |                     |            |
| JP 62085168 A                             | 18-04-1987          |                            |                     |            |
| JP 62121860 A                             | 03-06-1987          |                            |                     |            |
| US 5407131                                | A                   | 18-04-1995                 | NONE                |            |
| US 4705003                                | A                   | 10-11-1987                 | JP 62053183 A       | 07-03-1987 |
|   |                     |                            | JP 61098165 A       | 16-05-1986 |
| DE 19930309                               | A                   | 11-01-2001                 | DE 19930309 A1      | 11-01-2001 |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/02233

| <b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b><br>IPK 7 F02M59/36 F02M57/02 F02M59/46 F02M45/02 F02D41/40<br>F02D41/20  |   |  |
|---|---|--|
| Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK   |   |  |
| <b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b><br>Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)<br>IPK 7 F02M F02D  |   |  |
| Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen  |   |  |
| Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)<br>EPO-Internal, WPI Data, PAJ  |   |  |
| <b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>  |   |  |
| Kategorie*  | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile  | Betr. Anspruch Nr.   |
| X   | US 4 784 102 A (SAKAKIBARA YASUYUKI ET AL) 15. November 1988 (1988-11-15)<br>Spalte 12, Zeile 11 - Zeile 16<br>Ansprüche 1,14<br>---                              | 1,4,11   |
| X   | US 5 152 271 A (MATSUMURA OSAMU) 6. Oktober 1992 (1992-10-06)<br>Spalte 6, Zeile 4 - Zeile 24<br>Spalte 12, Zeile 25 - Zeile 43<br>Abbildungen 7,32<br>---        | 1,4,11   |
| A   | US 5 407 131 A (MALEY DALE C ET AL) 18. April 1995 (1995-04-18)<br>Spalte 8, Zeile 49 - Spalte 9, Zeile 7<br>Spalte 9, Zeile 27<br>Abbildungen 2,3<br>---<br>-/-- | 1,4,11   |
| <input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen   |   |  |
| <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie  |   |  |
| * Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :<br>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist<br>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist<br>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)<br>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht<br>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist<br>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist<br>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden<br>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist<br>*Z* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist |   |  |
| Datum des Abschlusses der internationalen Recherche<br>13. November 2001  |   | Absenddatum des internationalen Recherchenberichts<br>20/11/2001 |
| Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde<br>Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2<br>NL - 2280 HV Rijswijk<br>Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,<br>Fax: (+31-70) 340-3016   |   | Bevollmächtigter Bediensteter<br>De Vita, D                      |

| C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN |  |                    |
|--|--|--------------------|
| Kategorie°   | Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile   | Betr. Anspruch Nr. |
| A  | US 4 705 003 A (SAKAKIBARA YASUYUKI ET AL) 10. November 1987 (1987-11-10)<br>Spalte 10, Zeile 31 -Spalte 11, Zeile 6<br>Abbildungen 16,20<br>----- | 1                  |
| P,X  | DE 199 30 309 A (SIEMENS AG)<br>11. Januar 2001 (2001-01-11)<br>Anspruch 1<br>Abbildungen 1,2<br>-----   | 1,4,11             |

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichung die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen  
PCT/DE 01/02233

| Im Recherchenbericht<br>angeführtes Patentdokument |            | Datum der<br>Veröffentlichung | Mitglied(er) der<br>Patentfamilie |             | Datum der<br>Veröffentlichung |
|--|------------|-------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------------------------|
| US 4784102   | A          | 15-11-1988                    | JP                                | 1941225 C   | 23-06-1995                    |
|  |            |                               | JP                                | 6065872 B   | 24-08-1994                    |
|  |            |                               | JP                                | 62055437 A  | 11-03-1987                    |
|  |            |                               | JP                                | 1888652 C   | 07-12-1994                    |
|  |            |                               | JP                                | 6010460 B   | 09-02-1994                    |
|  |            |                               | JP                                | 62107264 A  | 18-05-1987                    |
|  |            |                               | JP                                | 1779291 C   | 13-08-1993                    |
|  |            |                               | JP                                | 4067026 B   | 27-10-1992                    |
|  |            |                               | JP                                | 61149568 A  | 08-07-1986                    |
|  |            |                               | FR                                | 2586758 A1  | 06-03-1987                    |
|  |            |                               | US 5152271                        | A           | 06-10-1992                    |
| JP   | 62017363 A | 26-01-1987                    |                                   |             |                               |
| JP   | 62085168 A | 18-04-1987                    |                                   |             |                               |
| JP   | 62121860 A | 03-06-1987                    |                                   |             |                               |
| US 5407131   | A          | 18-04-1995                    | KEINE                             |             |                               |
| US 4705003   | A          | 10-11-1987                    | JP                                | 62053183 A  | 07-03-1987                    |
|  |            |                               | JP                                | 61098165 A  | 16-05-1986                    |
| DE 19930309  | A          | 11-01-2001                    | DE                                | 19930309 A1 | 11-01-2001                    |