

(19)



(11)

EP 1 716 330 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des
Hinweises auf die Patenterteilung:
21.07.2010 Patentblatt 2010/29

(51) Int Cl.:
F02D 41/24 ^(2006.01) **F02D 41/14** ^(2006.01)
F02D 41/34 ^(2006.01)

(21) Anmeldenummer: **05701629.7**

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2005/050407

(22) Anmeldetag: **01.02.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2005/075806 (18.08.2005 Gazette 2005/33)

(54) **VERFAHREN ZUR GLEICHSTELLUNG DER EINSPRITZMENGENUNTERSCHIEDE ZWISCHEN
DEN ZYLINDERN EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

METHOD FOR EQUALIZING THE DIFFERENCES IN INJECTION QUANTITIES BETWEEN THE
CYLINDERS OF A COMBUSTION ENGINE

PROCEDE DE COMPENSATION D'ECARTS DE QUANTITES D'INJECTION ENTRE LES
CYLINDRES D'UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE

(84) Benannte Vertragsstaaten:
DE FR GB IT

(30) Priorität: **09.02.2004 DE 102004006294**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
02.11.2006 Patentblatt 2006/44

(73) Patentinhaber: **Continental Automotive GmbH
30165 Hannover (DE)**

(72) Erfinder:
• **DIETL, Roland**
93049 Regensburg (DE)
• **KASTNER, Oliver**
93093 Donaustauf (DE)
• **RABL, Hans-Peter**
93309 Kelheim (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A- 1 132 600 DE-A1- 10 012 025
DE-A1- 19 720 009 DE-A1- 19 855 939
US-A- 4 590 907

EP 1 716 330 B1

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann nach Maßgabe der Ausführungsordnung beim Europäischen Patentamt gegen dieses Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Gleichstellung der Einspritzmengenunterschiede zwischen den Zylindern einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1, wie beispielsweise in der Druckschrift US 4,590,907 A beschrieben ist.

[0002] Bei einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine ergibt sich bei der Einspritzung von Kraftstoff in die Verbrennungsräume durch Streuungen insbesondere der mechanischen Eigenschaften der Einspritzvorrichtung, beispielsweise der Injektoren für Dieselmotoren mit Common Rail, ein systematischer Fehler. Aufgrund von Fertigungstoleranzen der genannten Komponenten (unterschiedliche Leerhübe) werden bei gleicher Ansteuerdauer und gleicher Aktorenergie unterschiedliche Kraftstoffmengen der Verbrennung in den einzelnen Zylindern zugeführt. Die unterschiedlichen Kraftstoffmengen führen zu einer unterschiedlichen Leistungsabgabe der einzelnen Zylinder, was neben einer Steigerung der Laufunruhe auch zu einer Erhöhung der Menge an schädlichen Abgaskomponenten führt. Außerdem können Unterschiede im Leerhub Veränderungen im Öffnungsverhalten der Injektoren hervorrufen. Dies äußert sich dadurch, dass der hydraulische Einspritzbeginn zwischen den einzelnen Injektoren sowie der Einspritzverlauf verschieden sind.

[0003] In der Druckschrift DE 197 20 009 A1 ist ein Verfahren zur Zylindergleichstellung bezüglich der Kraftstoff-Einspritzmenge bei einer Brennkraftmaschine bekannt. Zur gleichmäßigen Drehmomentabgabe der einzelnen Zylinder, insbesondere im Leerlauf der Brennkraftmaschine, werden in Abhängigkeit der Drehzahl Differenz zwischen Kompression und Expansion der einzelnen Zylinder zylinderindividuelle Adaptionsmengen ermittelt und bei der Berechnung der Gesamteinspritzmenge berücksichtigt.

[0004] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs genannten Art anzugeben, dass es erlaubt, den tatsächlichen, einspritzparameterabhängigen systematischen Fehler bezüglich der Einspritzmengen, des hydraulischen Einspritzbeginns und des Einspritzverlaufs im Hinblick auf eine Zylindergleichstellung auf einfache Weise zu ermitteln.

[0005] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Die abhängigen Ansprüche betreffen vorteilhafte Weiterbildungen und Ausgestaltungen der Erfindung.

[0006] Erfindungsgemäß wird das Verfahren zur Gleichstellung der Einspritzmengenunterschiede zwischen den Zylindern einer Brennkraftmaschine für mindestens einen gewählten Einspritzparameter eine Adaption der Einspritzmengenunterschiede durchgeführt. Dabei befindet sich die Brennkraftmaschine in einem ausgewählten Betriebspunkt. Dabei ist darauf zu achten, dass während der Adaption die Dynamik des ausgewählten Betriebspunktes begrenzt wird, da sich ein veränderter Einspritzparameterwert sonst in einer vom Fahrer des

Fahrzeugs nicht injizierten Abbremsung oder Beschleunigung, jedenfalls in einen neuen Betriebspunkt, also in stationären Bedingungen während der Adaption, äußern würde.

[0007] Als nächstes werden die Einspritzmengenunterschiede für den ausgewählten Betriebspunkt bestimmt und als Adaptionswerte gelernt, die dem jeweiligen Einspritzparameterwert zugeordnet werden. Wie oben bereits erwähnt wurde, ist darauf zu achten, dass der gewählte Betriebspunkt im wesentlichen stationär bleibt. Die zweiten bzw. weiteren Einspritzparameter werden hier als Hilfsgrößen derart gesteuert, dass der Fahrer vom Adaptionsprozess nichts bemerkt. Da einige wenige Kolbenhübe zur Adaption ausreichend sind, kann die Motorsteuerung ohne weiteres auch so eingestellt werden, dass der Fahrer die stationären Bedingungen während der kritischen Adaptionsphase nicht, oder nur bei Überschreitung einer Schwelle beim vom Fahrer über das Gas eingeforderten Wunschleistung, aufheben kann.

[0008] Die gelernten Adaptionswerte dienen zur Berechnung von zylinderindividuellen Korrekturfaktoren, mit denen, beispielsweise im Rahmen einer Laufunregelung, während des Adaptionsprozesses und dem Fahrbetrieb, ein Ansteuerparameter einer Einspritzvorrichtung der Brennkraftmaschine derart beaufschlagt wird, dass eine Gleichstellung der Einspritzmengen, des hydraulischen Einspritzbeginns und des Einspritzverlaufs erfolgt.

[0009] Als vorteilhaft hat sich dabei herausgestellt, dass die Einspritzvorrichtung für jeden Zylinder durch einen Injektor mit einem piezoelektrischem Aktor gebildet wird, wobei als Ansteuerparameter die Ansteuerdauer, der Ansteuerzeitpunkt und/oder die Aufladezeitdauer als Ansteuerparameter herangezogen werden. Es kann also insbesondere für verschiedene Werte des Einspritzdruckes eine Adaption des zur Gleichstellung notwendigen Ventilhubes durchgeführt werden.

[0010] Das erfindungsgemäße Verfahren eröffnet außerdem die Möglichkeit, dass am zur Adaption eingestellten stationären Betriebspunkt bei gleichgestellten Einspritzmengen aus einem gespeicherten Drehmomentenmodell der Brennkraftmaschine der Absolutwert der zugehörigen Einspritzmenge ermittelt wird. Eine Diagnose des Absolutwertes der Einspritzmenge ist gerade für die Diagnose kleiner Einspritzmengen, die im Bereich von wenigen Milligramm liegen, entscheidend für die Einhaltung der grenzenden Abgasemission.

[0011] Als vorteilhaft hat es sich erwiesen, den Beginn und die Dauer der Aufladung des piezoelektrischen Aktors derart einzustellen, dass beim erzeugten Aktorsignal (z.B. Nadelanschlag) für jeden Injektor zum selben Kurbelwellenwinkel, bezogen auf den oberen Druckpunkt des entsprechenden Kolbens der Brennkraftmaschine erfolgen soll.

[0012] Dadurch können Einspritzmengenschwankungen und auch Unterschiede beim Einspritzbeginn, welche durch Fertigungstoleranzen (z.B. Leerhub) hervor-

gerufen werden, mittels des Aktorsignals und einer Verschiebung des Ansteuerzeitpunkts vollständig kompensiert werden. Dies zeigt sich insbesondere bei Vor- oder Nacheinspritzungen.

[0013] Die Erfindung wird im folgenden anhand der schematischen Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

Figur 1 ein Flussdiagramm zur Durchführung der erfindungsge- mäßen Einspritzmengengleichstellung

Figur 2 Ansteuerungssignale und Ventilhubbe von zwei Injekto- ren bei unterschiedlicher Anpassung

[0014] In Figur 1 ist nach Start 1 der Einspritzmengengleichstellung im nächsten Schritt eine Initialisierungsphase 2 vorgesehen, in der die in einem früheren Regelungszyklus abgespeicherten Adaptiondatenwerte in ein (nicht dargestelltes) Motorsteuerungsgerät (ECU) geladen werden. Die Initialisierung eines neuen Regelungszyklus kann sowohl nach jedem Startvorgang der Brennkraftmaschine, als auch nach bestimmten, vorgegebenen Zeit- oder Wartungsintervallen erfolgen.

[0015] Nach dem Ende der Initialisierung 2 erfolgt in einem passiven Regelungsschritt 3 die Überprüfung der Aktivierungsbedingungen. Dabei geht es darum, abzuwarten bis bevorzugte Betriebsbedingungen für die Adaption an bestimmte Einspritzparameterwerte erreicht sind. Dazu gehören beispielsweise die Last, die Drehzahl oder die Kühlwassertemperatur. Dabei muss die Motorsteuerung gegebenenfalls so umgestellt werden, dass bei der nachfolgenden Adaption die Dynamik der zeitlichen Veränderungen des zur Durchführung des Adaptionszyklus ausgesuchten Betriebspunktes begrenzt wird.

[0016] Sobald die Aktivierungsbedingungen erhöht sind, wird der eigentliche aktive Regelungszyklus 4 gestartet. Mit den dem Motorbetriebszustand zugehörigen Einspritzparameter 5 wird eine Regelung 6 der Ansteuerdauer und Aufladezeitdauer durchgeführt. Als Ergebnis sind die Einspritzmengen der einzelnen Injektoren der Brennkraftmaschine in einem bestimmten Betriebspunkt aneinander angeglichen und die Aktorsignale der verschiedenen Injektoren erfolgen zum selben Zeitpunkt. Ausführliche Angaben dazu, folgen in der Figurenbeschreibung zur Figur 2. Zum anderen ist an dieser Stelle des Ablaufs auch die zusätzliche Auswertungsmöglichkeit gegeben, dass am gewählten Betriebspunkt mit den gegebenen Einspritzparameterwerten auf eine aus dem Drehmomentenmodell bekannte Einspritzmenge geschlossen wird, die gemäß dem erzielten Drehmoment gegeben sein muss.

[0017] Danach, im Schritt 7 (Adaption der Ansteuerparameter) werden weitere Einspritzparameter bzw. Einspritzparametersätze i geladen und dafür jeweils die Regelung 6 durchgeführt mit einer Bestimmung der am eingestellten Wert des gewählten Einspritzparameters vorliegenden Einspritzmengenunterschiede bzw. mit der Gleichstellung durch entsprechende Korrekturfaktor für

einen Ansteuerparameter. Zur Adaption wird ein geeigneter Ansteuerparameter, wie beispielsweise an den Aktor angelegte Ansteuerdauer und Aufladezeitdauer ausgewählt. Die resultierenden Adaptionswerte werden dem Einspritzparametersatz, also primär dem Einspritzparameter, wie z.B. Einspritzdruck und Einspritzdauer dessen Einfluss auf die Einspritzmengenunterschiede festgehalten werden soll, zugeordnet und abgespeichert, damit sie später, beim Fahrbetrieb zur direkten Einspritzmengengleichstellung ohne Regelungszyklus abgerufen werden können. Wenn die Adaption für genügend viele Stützstellen (typischer Weise 5 bis 10), also beispielsweise für alle $i=1$ bis $i=K$ eingestellten Einspritzparameterwerte des Druckes durchgeführt wurde, ist das Ende 8 der Adaption bzw. des laufenden Regelungszyklus erreicht und die gespeicherten Adaptionswerte können im Fahrbetrieb zur Gleichstellung der Einspritzmengen verwendet werden.

[0018] Figur 2 zeigt die in Schritt 6 durchgeführte Anpassung der Aktorsignale durch Veränderung der Ansteuerdauer und Aufladezeitdauer. Figuren 2A bis C zeigen im oberen Bereich zwei Ansteuerungssignale zweier Injektoren. Die Ansteuerungssignale wurden zur besseren Darstellbarkeit übereinander abgebildet. Im unteren Bereich sind die Ventilhubbe der entsprechenden Injektoren abgebildet.

[0019] In Figur 2A werden die Injektoren mit identischen Ansteuerungssignalen angesteuert. Der erste Injektor erhält das Ansteuerungssignal 10 der zweite Injektor das Ansteuerungssignal 11. Jedes Ansteuerungssignal setzt sich aus einem nach oben gerichteten Aufladesignal (dreiecksförmig) 10' bzw. 11' und einem nach unten gerichteten Entladesignal 10'' bzw. 11'' (dreiecksförmig), das bei t_1 anfängt und bei t_2 endet. Wie zu erkennen ist, sind die Aufladedauern von 10' und 11' und die Entladedauer von 10'' und 11'' identisch. Der Zeitraum zwischen dem Ende der Aufladung und dem Anfang der Entladung ist für alle Figuren 2A bis 2C unverändert (Bereich zwischen t_2 und t_3). Aufgrund von Fertigungstoleranzen bewirken die gleichen Ansteuerungssignale 10 und 11 unterschiedliche Ventilhubbe bei den Injektoren wie in den Signalen 13 und 14 zu erkennen ist. Dabei entspricht der Ventilhub 13 dem ersten Injektor und der Ventilhub 14 dem zweiten Injektor. Beim Erreichen des maximalen Nadelhubs (Nadelanschlag der Düsen-nadel) erzeugt der Aktor des ersten Injektors ein Aktorsignal S1 zum Zeitpunkt von ca. 1,3 Zeiteinheiten. Der Aktor des zweiten Injektors erzeugt ein Aktorsignal S2 bei ca. 1,4 Zeiteinheiten. Wie zu erkennen ist, wird das Ventil des zweiten Injektors weniger angehoben als das des ersten Injektors, trotz gleicher Ansteuerungssignale. Außerdem wird das Ventil des zweiten Injektors erst zum Zeitpunkt t_2 angehoben, wobei dies beim ersten Injektor schon viel früher erfolgt (t_1). Diese Verzögerung wird durch den größeren Leerhub des zweiten Injektors verursacht.

[0020] In Figur 2B wird nun das Ansteuerungssignal des zweiten Injektors 11 etwas verändert, in dem die Auf-

ladezeit verlängert wird und die Ansteuerungsdauer. Dies wird erreicht, in dem das Ende der Aufladezeit bei t_2 unverändert bleibt. Die Ansteuerdauer setzt sich zusammen aus der Ladezeitdauer (Aufladezeitdauer und Entladezeitdauer) und dem Zeitraum zwischen den beiden Signalen. Der frühe Beginn des Aufladevorgangs führt zu einer früheren Überwindung des Leerhubs und damit zu einer schnelleren Ansteuerung des Ventils. Zu dem bewirkt der längere Ladevorgang eine Vergrößerung des maximalen Ventilhubes (von 16 auf 16'), d.h. von 40 μm auf über 50 μm , wie in den Figuren 2A und 2B gezeigt ist. Ebenfalls durch die Veränderung des Ansteuerungssignals des zweiten Injektors verschiebt sich das Aktorsignal S2 zu einem früheren Zeitpunkt, so dass die Aktorsignale S1 und S2 nunmehr näher beieinander sind als in Figur 2A.

[0021] In Figur 2C ist im Unterschied zur Figur 2B lediglich das Ladesignal 11'' nochmals verlängert worden (Beginn jetzt bei t_0), ohne dabei das Ende (t_2) dieses Ladesignals zu verändern. Dadurch wird selbstverständlich die Ansteuerdauer verlängert. Durch dieses besondere Ladesignal 11'' erfolgt der Ventilhub des zweiten Injektors zeitgleich zum Ventilhub des ersten Injektors, so dass die Hübe im unteren Bereich der Figur 2C nicht mehr auseinander zu halten sind. Durch die Anpassung der Ansteuerungsdauer und der Aufladezeitdauer kann der Ventilhub der einzelnen Injektoren angepasst werden, so dass die Aktorsignale S1 und S2 zeitgleich erfolgen. Unter dieser Gleichzeitigkeit ist zu verstehen, dass das Aktorsignal des ersten Injektors, bei einem bestimmten Kurbelwellenwinkel des Kolbens bezogen auf den oberen Totwinkel des Kolbens erfolgt und entsprechend das Aktorsignal des zweiten Injektors bei dem gleichen Kurbelwellenwinkel bezogen auf seinen oberen Totpunkt des Kolbens erfolgt.

[0022] Bei jedem Regelungszyklus 6 werden die zuletzt gespeicherten Adaptionswerte bzw. Korrekturfaktoren von den neu ermittelten überschrieben, wodurch insbesondere die zwischenzeitlich aufgetretenen Alterungserscheinungen der Einspritzvorrichtung, die eventuell zu veränderten Streuungen bezüglich der Einspritzmengen in die verschiedenen Brennräume führen, Berücksichtigung finden.

[0023] Optional ist es an dem eingestellten Betriebs- und aufgrund der Kenntnis des Motorbetriebszustandes (Temperatur des Kühlwassers, aktive Verbraucher) möglich, aus dem Drehmomentenmodell den Absolutwert der Einspritzmenge herauszulesen und etwa für die exakte Kalibration des Kennfeldes Einspritzmengen zu verwenden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Gleichstellung der Einspritzmengenunterschiede zwischen den Zylindern einer Brennkraftmaschine, bei dem für verschiedene Betriebspunkte der Brennkraftmaschine für mindestens ei-

nen gewählten Einspritzparameter eine Adaption der Einspritzmengenunterschiede durchgeführt wird, und dass für den ausgewählten Betriebspunkt die Einspritzmengenunterschiede bestimmt und als Adaptionswerte (Schritt 6) gelernt werden, die dem jeweiligen Einspritzparameterwert zugeordnet werden, **dadurch gekennzeichnet, dass** während der Adaption die Dynamik eines ausgewählten Betriebspunktes begrenzt (Schritt 3) wird, und dass zur Begrenzung der Dynamik der Einspritzparameter derart eingestellt wird, dass der gewählte Betriebspunkt im wesentlichen stationär bleibt, wobei die gelernten Adaptionswerte zur Berechnung von zylinderindividuellen Korrekturfaktoren dienen, mit denen mindestens ein Ansteuerparameter einer Einspritzvorrichtung der Brennkraftmaschine derart beaufschlagt wird, dass eine Gleichstellung der Einspritzmengen, Einspritzverläufe und des hydraulischen Einspritzbeginns erfolgt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Einspritzvorrichtung für jeden Zylinder durch einen Injektor mit piezoelektrischem Aktor gebildet wird, wobei als Ansteuerparameter die Ansteuerdauer, der Ansteuerzeitpunkt und/oder die Aufladezeitdauer herangezogen werden.
3. Verfahren nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden Zylinder der Beginn (t_3) der Entladung des entsprechenden piezoelektrischen Aktors zum selben Kurbelwellenwinkel bezogen auf den oberen Totpunkt des entsprechenden Kolbens der Brennkraftmaschine, erfolgt.
4. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** für jeden Zylinder das Ende (t_2) der Aufladung des entsprechenden piezoelektrischen Aktors zum selben Kurbelwellenwinkel, bezogen auf den oberen Totpunkt des entsprechenden Kolbens der Brennkraftmaschine, erfolgt.
5. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Entladezeitdauern (10'', 11'') aller Aktoren gleich sind.
6. Verfahren nach mindestens einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Beginn und die Dauer der Aufladung des piezoelektrischen Aktors derart eingestellt wird, dass das erzeugte Aktorsignal (S1, S2) für jeden Injektor zum selben Kurbelwellenwinkel, bezogen auf den oberen Totpunkt des entsprechenden Kolbens der Brennkraftmaschine, erfolgt.
7. Verfahren nach mindestens einem der vorherigen

Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** sich der ausgewählte Betriebspunkt im Leerlauf-, Teillast- oder Volllastbereich befindet.

Claims

1. Method for balancing out the differences in the injection quantities between the cylinders in an internal combustion engine whereby, for various operating points of the internal combustion engine, an adaptation of the differences in the injection quantities is carried out for at least one selected injection parameter, and that the differences in the injection quantities are determined for the selected operating point and are learned as adaptation values (step 6) which are assigned to the injection parameter value concerned,
characterised in that
during the adaptation, the dynamics of a selected operating point is limited (step 3) and that for the purpose of limiting the dynamics the injection parameter is set in such a way that the selected operating point remains essentially static, with the learned adaptation values being used in calculating correction values individual to each cylinder, which are applied to at least one actuation parameter of an injection device on the internal combustion engine in such a way as to effect a balancing out of the injection quantities, time-traces of the injections and the start of the hydraulic injection.
2. Method according to claim 1
characterised in that
the injection device for each cylinder takes the form of an injector with a piezo-electric actuator, whereby the duration of the actuation, the time point of actuation and/or the duration of the recharging time are used as the actuation parameters.
3. Method according to claim 2
characterised in that
for each cylinder the start (t_3) of the discharge of the corresponding piezo-electric actuator takes place at the same crankshaft angle relative to top-dead-centre for the corresponding piston of the internal combustion engine.
4. Method according to at least one of the claims 3 or 4
characterised in that
for each cylinder the end (t_2) of the recharging of the corresponding piezo-electric actuator takes place at the same crankshaft angle relative to top-dead-centre for the corresponding piston of the internal combustion engine.
5. Method according to at least one of the preceding claims

characterised in that

the durations of the discharge times (10", 11") of all the actuators are the same.

6. Method according to at least one of the claims 2 to 5
characterised in that the start and the duration of the recharging of the piezo-electric actuator are set in such a way that the actuator signal (S1, S2) which is generated for each injector occurs at the same crankshaft angle relative to top-dead-centre for the corresponding piston of the internal combustion engine.
7. Method according to at least one of the preceding claims
characterised in that the selected operating point is located in the no-load, partial load or full load region.

Revendications

1. Procédé d'égalisation des écarts de quantités d'injection entre les cylindres d'un moteur à combustion interne, dans lequel, pour divers points de fonctionnement du moteur à combustion interne, une adaptation des écarts de quantités d'injection est effectuée pour au moins un paramètre d'injection choisi et, pour le point de fonctionnement choisi, les écarts de quantités d'injection sont déterminées et qualifiées comme valeurs d'adaptation (étape 6), qui sont affectées à la valeur respective du paramètre d'injection, **caractérisé en ce que**, pendant l'adaptation, la dynamique d'un point de fonctionnement choisi est limitée (étape 3) et **en ce que**, pour limiter la dynamique, le paramètre d'injection est réglé de sorte que le point de fonctionnement choisi reste sensiblement stationnaire, dans lequel les valeurs d'adaptation qualifiées servent au calcul de facteurs de correction individuels des cylindres, avec lesquels au moins un paramètre de commande d'un dispositif d'injection du moteur à combustion interne est appliqué de manière à effectuer une égalisation des quantités d'injection, des déroulements de l'injection et du début de l'injection hydraulique.
2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le dispositif d'injection pour chaque cylindre est formé d'un injecteur avec un actionneur piézoélectrique, dans lequel on utilise comme paramètre de commande la durée de la commande, le moment de la commande et/ou la durée de charge.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé en ce que**, pour chaque cylindre, le début (t_3) de la décharge de l'actionneur piézoélectrique correspondant s'effectue au même angle de vilebrequin par rapport au point mort haut du piston correspondant

du moteur à combustion interne.

4. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 2 ou 3, **caractérisé en ce que**, pour chaque cylindre, la fin (t_2) de la charge de l'actionneur piézoélectrique correspondant s'effectue au même angle de vilebrequin par rapport au point mort haut du piston correspondant du moteur à combustion interne.
5. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** les durées de décharge (10", 11") sont les mêmes pour tous les actionneurs.
6. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications 2 à 5, **caractérisé en ce que** le début et la durée de la charge de l'actionneur piézoélectrique sont réglés de sorte que le signal produit (S1, S2) par l'actionneur pour chaque injecteur s'effectue au même angle de vilebrequin par rapport au point mort haut du piston correspondant du moteur à combustion interne.
7. Procédé selon au moins l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le point de fonctionnement choisi se situe dans une plage de charge à vide, de charge partielle ou de pleine charge.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

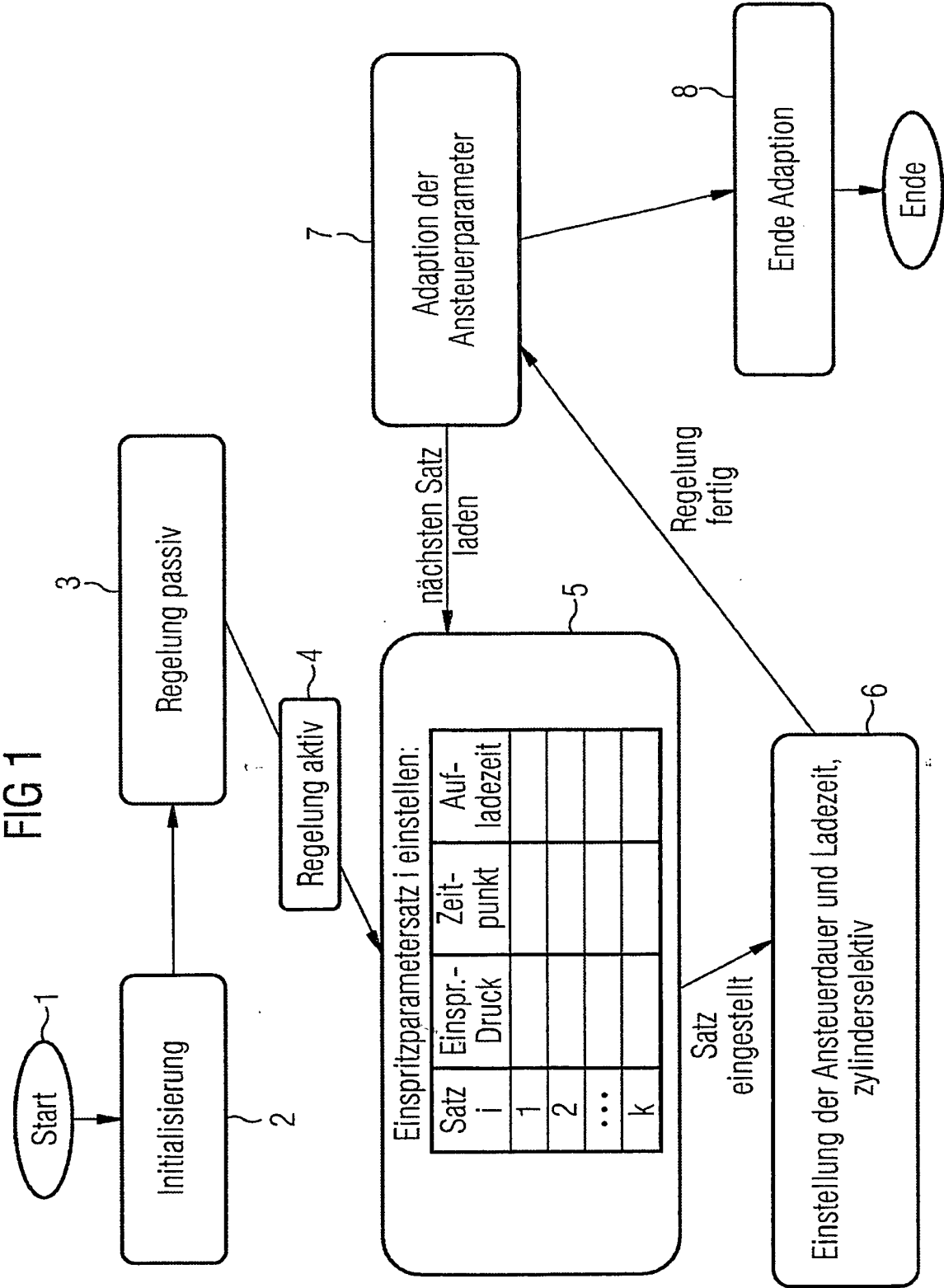


FIG 2A

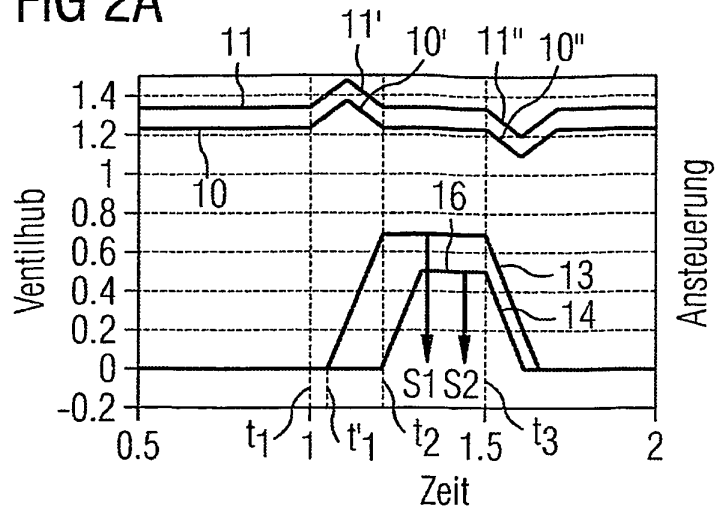


FIG 2B

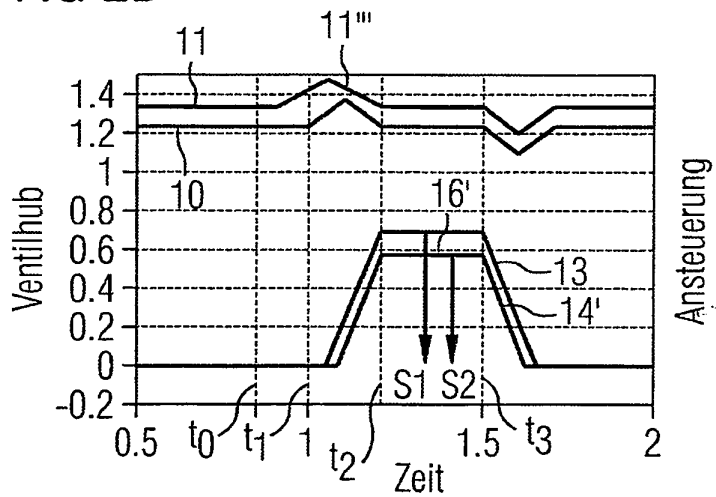
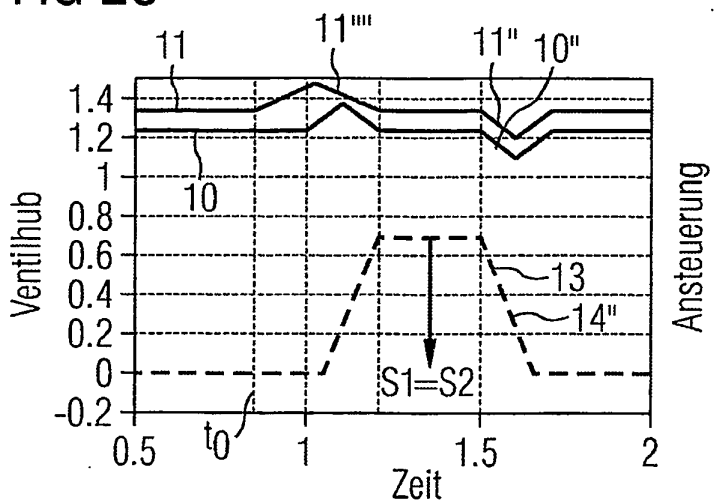


FIG 2C



IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- US 4590907 A [0001]
- DE 19720009 A1 [0003]