



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



(11) **EP 1 464 833 A2**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
06.10.2004 Patentblatt 2004/41

(51) Int Cl.7: **F02N 17/00, F02D 41/34**

(21) Anmeldenummer: **04100616.4**

(22) Anmeldetag: **03.03.2004**

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

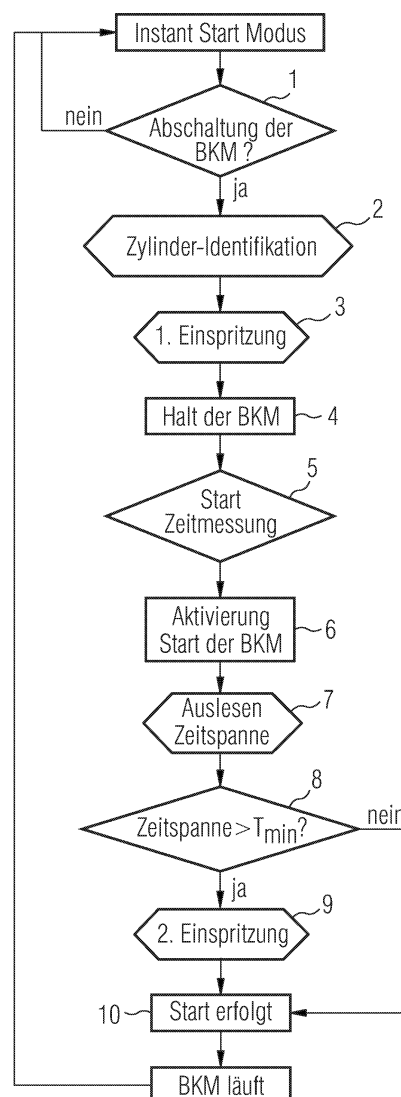
(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
80333 München (DE)**

(72) Erfinder:
• **Galtier, Frédéric
34070, Montpellier (FR)**
• **Zhang, Hong Dr.,
93105, Tegernheim (DE)**

(30) Priorität: **03.04.2003 DE 10315284**

(54) **Verfahren zum Aufbereiten eines Luft-Kraftstoff-Gemisches für Direktstarts einer Brennkraftmaschine**

(57) Bei diesem Verfahren wird in einem Betriebsmodus mit vom elektronischen Betriebssteuergerät gesteuerten Direktstarts dem Zylinder bereits während jeder Abschaltphase eine vorgegebene Kraftstoffmenge zugeführt. Beim Wiederstart der Brennkraftmaschine wird bei Direkteinspritzern eine zusätzliche Kraftstoffmenge eingespritzt, wenn die Zeitspanne zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Schwelle überschreitet.



EP 1 464 833 A2

Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zum Aufbereiten eines Luft-Kraftstoff-Gemisches für Direktstarts einer Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Unter einem Direktstart, im englischen als "Instant-Start" oder "Fast-Start" bezeichnet, versteht man den Startvorgang einer Brennkraftmaschine mit Kraftstoffeinspritzung ohne Benutzung eines herkömmlichen elektrischen Anlassers. Nach dem Abstellen der Brennkraftmaschine erfolgt der Wiederstart dadurch, dass in einen Zylinder eine bestimmte Kraftstoffmenge unter Druck eingespritzt wird, der Kraftstoff mit der im Zylinder befindlichen Luft ein zündfähiges Gemisch bildet, dieses Gemisch durch einen Zündvorgang (üblicherweise den Funken einer Zündkerze) zur Explosion gebracht und die Brennkraftmaschine durch das dabei entstehende Drehmoment in Gang gesetzt wird.

[0003] Derartige Startverfahren sind bekannt und beispielsweise in der DE 197 41 294 und DE 197 43 492 beschrieben. Sie sind ein wesentlicher Bestandteil einer Start-Stopp-Strategie für die Brennkraftmaschine und kommen vor allem im Stadtbetrieb zum Einsatz (Stop and Go). Sie dienen der Kraftstoffersparnis und der Vermeidung bzw. Verminderung von Schadstoffemissionen.

[0004] Bei einem derartigen Betriebsmodus, der von dem elektronischen Betriebssteuergerät der Brennkraftmaschine gesteuert wird, wird somit die Brennkraftmaschine wiederholt abgeschaltet und nach unterschiedlich langen Zeitspannen wieder gestartet.

[0005] Ein Nachteil der bekannten Startverfahren liegt darin, dass sie nur bei Direkteinspritzern angewendet werden können, bei denen der Kraftstoff direkt in den Zylinder eingespritzt wird. Bei der sogenannten indirekten Einspritzung, auch Kanal- oder Saugrohrreinjection genannt, wird der Kraftstoff dagegen z.B. in das Saugrohr, den Saugkanal oder in das Drosselklappengehäuse eingespritzt. Daher ist es nicht möglich, vor dem Start Kraftstoff in den Zylinder einzubringen, da die Einlassventile nur in der Ansaugphase geöffnet sind. Zudem ist bei stehendem Motor kein Luftstrom zum Zerstäuben des Kraftstoffs bzw. zum Mitnehmen des Luft/Kraftstoff-Gemisches in den Zylinder vorhanden. Aus dem gleichen Grund sind die bekannten Direktstartverfahren auch bei Vergasermotoren nicht einsetzbar.

[0006] Ferner versteht sich, dass für einen erfolgreichen Direktstart ganz bestimmte Bedingungen erfüllt sein müssen. Eine dieser Bedingungen ist, für eine optimale Aufbereitung des Luft-Kraftstoff-Gemisches zu sorgen, um eine einwandfreie erste Verbrennung für den Wiederstart zu erhalten. Je besser die Gemischaufbereitung ist, umso sicherer und effektiver ist die erste Verbrennung für den Wiederstart.

[0007] Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum optimalen Aufbereiten eines Luft-Kraftstoff-Gemisches für Direktstarts einer

Brennkraftmaschine anzugeben, welches sowohl bei direkter wie auch indirekter Kraftstoffeinspritzung verwendet werden kann.

[0008] Diese Aufgabe wird durch das in Anspruch 1 definierte Verfahren gemäß der Erfindung gelöst.

[0009] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird in dem vom elektronischen Betriebssteuergerät gesteuerten Betriebsmodus mit Direktstarts dem Zylinder bereits während der jeweiligen Abschaltphase der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Kraftstoffmenge zugeführt.

[0010] Wenn die Brennkraftmaschine in der Abschaltphase ausläuft, sind in den Zylindern aufgrund der Kolbenbewegungen noch entsprechende Strömungen (Turbulenzen) in den Zylindern vorhanden. Außerdem herrschen in den Zylindern die durch die Verbrennung bedingten hohen Temperaturen. Die vorliegende Erfindung macht sich diese thermischen und thermodynamischen Zustände sowie Strömungsbedingungen zunutze, um durch die vorzeitige Kraftstoffeinspritzung für eine optimale Gemischaufbereitung zu sorgen. Dies erleichtert den Wiederstart, da hierdurch eine einwandfreie und effektive Zündung sowie Verbrennung in dem betreffenden Zylinder sichergestellt werden.

[0011] Die während der Abschaltphase eingebrachte Kraftstoffmenge richtet sich nach den Umgebungsbedingungen (z.B. Kühltemperatur des Motors, Temperatur des Zylinderinhalts, Umgebungsdruck, ...) und wird durch das elektronische Betriebssteuergerät (Electronic Control Unit, ECU) entsprechend eines Modells berechnet. Nach der erfolgten Einspritzung wird die Zündung dieses Zylinders unterdrückt.

[0012] Gemäß einer ersten Weiterbildung der Erfindung wird der Zylinder in der Abschaltphase durch indirekte Kraftstoffeinspritzung beladen. Hierbei wird der Kraftstoff beispielsweise in das Saugrohr, den Saugkanal oder in das Drosselklappengehäuse eingespritzt.

[0013] Bei einer zweiten Weiterbildung der Erfindung wird der Zylinder in der Abschaltphase durch direkte Kraftstoffeinspritzung in den Zylinder beladen.

[0014] In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung bei Direkteinspritzern ist vorgesehen, dass während des jeweiligen Wiederstarts der Brennkraftmaschine eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den betreffenden Zylinder eingespritzt wird, falls die Zeitspanne zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Schwelle überschreitet. Auf diese Weise lässt sich die für den Wiederstart erforderliche Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von dem jeweiligen Betriebszustand der Brennkraftmaschine sicherstellen.

[0015] Zur weiteren Verfeinerung dieses Verfahrens wird der Betrag der zusätzlichen Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine gesteuert. Dies erlaubt eine Feinabstimmung der einzuspritzenden Kraftstoffmenge an die jeweiligen Betriebszustände der Brennkraftmaschine.

[0016] Hat die Brennkraftmaschine mehrere Zylinder, so wird in weiterer Ausgestaltung der Erfindung vorgesehen, dass bei der jeweiligen Abschaltung der Brennkraftmaschine derjenige Zylinder bestimmt wird, in dem beim Wiederstart der Brennkraftmaschine als erstem ein Verbrennungsvorgang erfolgt, und dass die vorgegebene Kraftstoffmenge während der jeweiligen Abschaltphase in diesen Zylinder eingespritzt wird. Da das elektronische Betriebssteuergerät die Winkelposition der Brennkraftmaschine ständig überwacht, lässt sich der betreffende Zylinder beim Abschalten der Brennkraftmaschine durch Prädiktion der Stop-Position des Motors bestimmen.

[0017] Bei einer vorteilhaften weiteren Ausgestaltung der Erfindung wird der Motor vor dem Direktstart durch einen Starter/Generator in eine geeignete Startposition gedreht. Der Starter/Generator kann fest mit der Kurbelwelle verbunden sein (integrierter Starter/Generator) oder durch einen Riemen mit dieser gekoppelt sein (riemenbetriebener Starter/Generator). Beide Arten von Starter/Generatoren zeichnen sich dadurch aus, dass sie die Kurbelwelle in beide Richtungen drehen und dadurch den Motor beliebig positionieren können. Dies kann dazu verwendet werden, den Motor vor der ersten Zündung beim Direktstart z.B. leicht zurückzudrehen, um eine Rückkompression des Gemisches in dem als erster gezündeten Zylinder zu erreichen. Durch die Kompression wird der Zylinder erhitzt und der Kraftstoff dadurch verdampft, falls er seit dem letzten Abschalten an den Zylinderwänden kondensiert sein sollte. Dadurch wird auch ein Direktstart bei einem Kaltstart ermöglicht und ggf. beim Starten im Stop/Start-Betrieb elektrische Energie eingespart.

[0018] Selbstverständlich ist es auch möglich, während des gesamten Direktstarts die Kurbelwelle zusätzlich durch den Startermotor bzw. durch einen Starter/Generator anzutreiben. Bei dieser Ausführungsform wird das zum Starten benötigte Drehmoment teilweise von der elektrischen Maschine und teilweise durch die Verbrennung des Gemischs im Zylinder geliefert.

[0019] Wie bereits erwähnt, macht sich das erfindungsgemäße Verfahren die thermischen und thermodynamischen Zustände und Strömungsbedingungen in den Zylindern während des Auslaufens der Brennkraftmaschine zunutze, um eine optimale Gemischaufbereitung für den jeweiligen Wiederstart sicherzustellen. Dies führt zu präzisen und sicheren Direktstarts aufgrund einer einwandfreien Zündung und Verbrennung in dem als erstem wieder in Betrieb genommenen Zylinder. Hierdurch wird auch die elektronische Betriebssteuerung (EMS) der Brennkraftmaschine robuster. Insgesamt ergeben sich ein verbesserter Wirkungsgrad und eine Reduzierung der Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine im Betriebsmodus mit Direktstarts.

[0020] Anhand der Figuren werden im folgenden zwei Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens näher erläutert.

[0021] Fig. 1 zeigt ein Flussdiagramm eines ersten

Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0022] Fig. 2 zeigt ein Taktdiagramm von vier Zylindern beim Auslaufen und Direktstart gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Das erste Ausführungsbeispiel wird anhand einer fremdgezündeten, mehrzylindrigen Brennkraftmaschine (nicht gezeigt) mit direkter Kraftstoffeinspritzung beschrieben, deren Betrieb von einem elektronischen Betriebssteuergerät (nicht gezeigt) gesteuert wird.

[0024] Die Brennkraftmaschine kann unter der Steuerung des elektronischen Betriebssteuergerätes in einem Betriebsmodus (Instant Start Modus) betrieben werden, bei dem die Brennkraftmaschine wiederholt abgeschaltet und dann mittels Direktstarts wieder gestartet wird. Die Zeitspannen zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine sind in Abhängigkeit von der Aktivierung des Wiederstartvorganges durch den Fahrer unterschiedlich lang.

[0025] Befindet sich die Brennkraftmaschine BKM in dem Instant Start Modus, so wird der Betrieb der Brennkraftmaschine auf Abschaltvorgänge überwacht (Schritt 1).

[0026] Sobald eine Abschaltung der Brennkraftmaschine detektiert wird, wird derjenige Zylinder der Brennkraftmaschine identifiziert, der beim Wiederstart der Brennkraftmaschine als erster in Betrieb genommen wird (Schritt 2). Es handelt sich hierbei um denjenigen Zylinder, dessen Kolben sich als letzter in der oberen Totpunktstellung nach dem Ausschiebetakt befand. Dieser Zylinder kann daher von dem elektronischen Betriebssteuergerät ohne weiteres identifiziert werden.

[0027] In diesen Zylinder wird nun während der Abschaltphase, d.h. beim Auslaufen der Brennkraftmaschine, eine vorgegebene Kraftstoffmenge eingespritzt (Schritt 3). Die vorgegebene Kraftstoffmenge ist eine Mindest- oder Nennwertmenge. Wie bereits eingangs ausführlich erläutert, führt diese frühe (erste) Einspritzung von Kraftstoff aufgrund der in der Abschaltphase herrschenden thermischen und thermodynamischen Zustände und Strömungsbedingungen zu einer optimalen Aufbereitung des Kraftstoff-Luft-Gemisches.

[0028] Wenn die Brennkraftmaschine zu einem vollständigen Halt gekommen ist (Schritt 4), wird ein Zeitgeber in Gang gesetzt, um die Zeit ab dem Halt der Brennkraftmaschine zu messen (Schritt 5).

[0029] Bei einer fahrerinduzierten Aktivierung eines erneuten Starts der Brennkraftmaschine (Schritt 6) wird die seit dem Halt der Brennkraftmaschine verstrichene Zeitspanne ausgelesen (Schritt 7). Ist diese Zeitspanne kleiner als eine vorgegebene Schwelle $T_{\min}$ (Schritt 8), so ist eine zusätzliche Kraftstoffeinspritzung nicht erforderlich. Die während der Abschaltphase eingespritzte Kraftstoffmenge reicht dann für einen Wiederstart aus.

[0030] Ist dagegen die verstrichene Zeitspanne größer als die Schwelle $T_{\min}$ (Schritt 8), so wird eine zusätzliche Kraftstoffmenge eingespritzt (Schritt 9).

[0031] Diese zusätzliche Kraftstoffmenge kann in Abhängigkeit von der verstrichenen Zeitspanne gesteuert werden, was in dem dargestellten Flussdiagramm allerdings nicht berücksichtigt ist.

[0032] Nach der Einspritzung der zusätzlichen Kraftstoffmenge erfolgt dann ein erneuter Direktstart der Brennkraftmaschine (Schritt 10), worauf die Brennkraftmaschine im normalen Betrieb weiterläuft. Der geschilderte Ablauf des Verfahrens zur Gemischaufbereitung im Instant Start Modus beginnt dann wieder von vorne.

[0033] Fig. 2 zeigt ein Taktdiagramm, welches die Abläufe beim Abschalten und Wiederstart eines mehrzylindrigen Motors mit indirekter Einspritzung gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel der Erfindung veranschaulicht.

[0034] Der Motor weist vier Zylinder 1 bis 4 auf, die jeweils zu den mit den blitzartigen Pfeilen gekennzeichneten Zeitpunkten gezündet werden. Die Einspritzung findet zu den mit 16 gekennzeichneten Zeitpunkten statt. Die einzelnen Arbeitstakte sind jeweils durch vertikale Linien voneinander getrennt, die in Abständen von 180° der Kurbelwelle angeordnet sind. Die Zeiten, in denen die Auslassventile geöffnet sind, sind durch von links unten nach rechts oben schraffierten Balken gekennzeichnet; die Zeiten, in denen die Einlassventile

geöffnet sind, sind durch von links oben nach rechts unten schraffierten Balken gekennzeichnet. Somit sind z. B. für den Zylinder 1 die mit Bezugszeichen 12 bis 16 gekennzeichneten Takte des Arbeitsspiels: 12: Arbeiten, 13: Ausstoßen, 14: Ansaugen, 15: Verdichten.

[0035] Der Pfeil 17 kennzeichnet die Auslaufphase des Motors beim Abstellen, während der die durch die vertikale strichpunktierte Linie dargestellte Stop-Position des Motors ermittelt wird. Dies geschieht durch hier nicht näher beschriebene Motorauslauf-Modelle. Im gezeigten Beispiel wird hierbei ermittelt, dass der Zylinder 1 während der Expansionsphase zum Stehen kommen wird, der Zylinder 3 dagegen während der Verdichtungsphase. Dementsprechend wird der Zylinder 1 dazu ausgewählt, bei einem späteren Direktstart als erster gezündet zu werden. Die normalerweise zum Zeitpunkt 19 stattfindende Zündung des Zylinders 1 wird daher unterdrückt.

[0036] Die im Auslauf eingespritzte Kraftstoffmenge wird als Funktion der Motortemperatur berechnet.

[0037] Bei einem Motor mit einem integrierten oder riemenbetriebenen Starter/Generator kann der Motor optional vor dem Direktstart um ca. 90° der Kurbelwelle zurückgedreht werden, wie durch den Pfeil 18 angedeutet. Hierdurch wird der Kraftstoff im Zylinder 1 wieder komprimiert und dadurch die Kaltstartfähigkeit verbessert. Durch die Kompression wird der Zylinder nämlich erhitzt und gegebenenfalls kondensierter Kraftstoff verdampft.

[0038] Bei einem späteren Direktstart wird als erstes der Zylinder 1 bei stehendem Motor gezündet, wie durch den mit einem Sternchen gekennzeichneten blitzartigen Pfeil dargestellt. Durch Zündung des Gemisches im

Stillstand des Motors wird soviel Energie freigesetzt, dass der Motor gegen seine Reibung den nächsten oberen Totpunkt überwindet. Dann erfolgt die Zündung des nächsten Zylinders (hier Zylinder 3), bei dem ebenfalls zuvor in der Abschaltphase eingespritzt worden war. Als nächstes folgt eine Zündung in Zylinder 4, der jedoch erst während des Startvorganges mit Kraftstoff befüllt wird, entsprechend der durch die rechts stehenden Ziffern angegebenen Reihenfolge.

[0039] Auf diese Weise kann durch Einspritzen von Kraftstoff während des Motorauslaufs ohne Zündung des Gemisches in die beiden Zylinder, die dann anschließend zum Starten herangezogen werden, auch beim kanaleinspritzenden Ottomotor ein Direktstart erreicht werden. Dadurch wird der Anlasser geschont und man kann die Kosten einer Schnellstarteinrichtung vermeiden.

20 Patentansprüche

1. Verfahren zum Aufbereiten eines Luft-Kraftstoff-Gemisches für Direktstarts einer Brennkraftmaschine mit mindestens einem Zylinder und mit Kraftstofffeinspritzung, bei dem die Brennkraftmaschine in einem vorgegebenen Betriebsmodus unter der Steuerung eines elektronischen Betriebssteuergesetzes wiederholt abgeschaltet und mittels Direktstarts wieder gestartet wird,
dadurch gekennzeichnet, dass in dem vorgegebenen Betriebsmodus dem Zylinder bereits während der jeweiligen Abschaltphase der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Kraftstoffmenge zugeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Zylinder die vorgesehene Kraftstoffmenge durch indirekte Kraftstofffeinspritzung zugeführt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** dem Zylinder die vorgesehene Kraftstoffmenge durch direkte Kraftstofffeinspritzung zugeführt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des jeweiligen Wiederstarts der Brennkraftmaschine eine zusätzliche Kraftstoffmenge in den Zylinder eingespritzt wird, falls die Zeitspanne zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine eine vorgegebene Schwelle überschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Betrag der zusätzlichen Kraftstoffmenge in Abhängigkeit von der Zeitspanne zwischen Abschaltung und Wiederstart der Brennkraftmaschine gesteuert wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche für eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, dadurch gekennzeichnet, dass bei der jeweiligen Abschaltung der Brennkraftmaschine derjenige Zylinder bestimmt wird, in dem beim Wiederstart der Brennkraftmaschine als erstem ein Verbrennungsvorgang erfolgt, und dass die vorgegebene Kraftstoffmenge während der jeweiligen Abschaltphase diesem Zylinder zugeführt wird.
7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Motor vor dem Direktstart durch einen Starter/Generator in eine geeignete Startposition gedreht wird.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

