(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) **EP 3 014 093 B1**

(12) **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:
30.01.2019 Patentblatt 2019/05

(21) Anmeldenummer: **14730478.6**

(22) Anmeldetag: **30.05.2014**

(51) Int Cl.:
F02D 41/24 *(2006.01)* ***G01M 15/04*** *(2006.01)*

(86) Internationale Anmeldenummer:
PCT/EP2014/061233

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:
WO 2014/206684 (31.12.2014 Gazette 2014/53)

(54) **VERFAHREN ZUR ERMITTLUNG DER ABSOLUTEN EINSPRITZMENGE BEI EINEM VERBRENNUNGSMOTOR SOWIE ANORDNUNG HIERFÜR**

METHOD FOR DETERMINING THE ABSOLUTE INJECTION QUANTITY IN AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE AND ARRANGEMENT THEREFOR

PROCÉDÉ DE DÉTERMINATION DE LA QUANTITÉ ABSOLUE DE CARBURANT INJECTÉE DANS UN MOTEUR À COMBUSTION INTERNE ET SYSTÈME ASSOCIÉ

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR

(30) Priorität: **26.06.2013 DE 102013212334**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
04.05.2016 Patentblatt 2016/18

(73) Patentinhaber: **Robert Bosch GmbH**
70442 Stuttgart (DE)

(72) Erfinder: **HORN, Christian**
73732 Esslingen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:
EP-A2- 0 463 537
WO-A1-2004/053316
DE-A1-102007 010 496
DE-A1-102010 038 630

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).

EP 3 014 093 B1

Printed by Jouve, 75001 PARIS (FR)

Beschreibung

Stand der Technik

[0001] Der Hochlauftest ist ein bekannter Diagnosetest zur Ermittlung des Einspritzmengenfehlers bei Injektoren in einem Verbrennungsmotor.

[0002] Beispielsweise ist aus der DE 10 2007 010 496 A1 ein Verfahren zur vergleichenden Prüfung von Einspritzverbrennungsmotoren bekannt, bei denen der Motor von einer elektrischen Motorsteuerung gesteuert wird, welche entweder Eigendiagnosemittel aufweist oder mit einer Anschlussschnittstelle für ein externes Diagnosegerät ausgerüstet ist. Über die Eigendiagnosemittel bzw. das Diagnosegerät können aus den gemessenen und anzeigbaren Abweichungen der jeweils definierten Messgrößen bei Abschalten jeweils eines Zylinders Informationen gewonnen werden, die auf eine mögliche Soll-Abweichung des abgeschalteten Zylinders schließen lassen. Beispielsweise kann durch Vergleich der erreichten Maximaldrehzahlen beim Hochlauftest auf die relative Einspritzmenge der einzelnen Zylinder geschlossen werden. Dabei werden ausgehend vom Leerlauf eine bestimmte Anzahl Einspritzungen mit einer vorbestimmten festen Einspritzmenge getätigt, so dass der Motor hochbeschleunigt. Pro Testlauf wird jeweils ein Einzelzylinder deaktiviert. Aus der erreichten Maximaldrehzahl kann je Testlauf auf die relative Einspritzmenge geschlossen werden.

[0003] Da jedoch der Momentenbedarf durch Reibung und andere Effekte (z.B. seitens am Motor angeschlossener Aggregate) nicht bekannt ist, kann die absolute Einspritzmenge nicht ermittelt werden.

[0004] Daher bleibt beispielsweise im Falle eines Vierzylindermotors, wenn bei zwei Zylindern relativ zu den anderen beiden Zylinder eine größerer Menge ermittelt wurde, weiterhin unklar, ob die zwei Zylinder mit der kleineren Einspritzmenge eine Mindermenge aufweisen und die Zylinder mit der größerer Einspritzmenge die korrekte Menge einspritzen oder ob die zwei Zylinder mit der kleineren Einspritzmenge die korrekte Menge einspritzen und die Zylinder mit der größeren Einspritzmenge eine Mehrmenge aufweisen. D.h., es ist nicht eindeutig, welche Injektoren getauscht werden müssen.

[0005] Die WO 2004/053316 offenbart die Ermittlung einer Einspritzventilcharakteristik über die Auswertung von Drehzahlgradienten bei Schubabschaltung und fortgesetzter Ansteuerung des zu überprüfenden Einspritzventils.

Offenbarung der Erfindung

[0006] Somit ist es eine mögliche Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Ermittlung der absoluten mittleren Einspritzmenge aller Injektoren, insbesondere der absoluten Einspritzmenge eines Injektors vorzuschlagen, um einen absoluten Einspritzmengenfehler bestimmen zu können.

Diese Aufgabe wird mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst.

Weitere Ausführungsformen sind in den auf diese rückbezogenen Unteransprüchen angegeben.

Weitere Merkmale und Details der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung und den Zeichnungen. Dabei gelten

Merkmale und Details, die im Zusammenhang mit dem erfindungsgemäßen Verfahren beschrieben sind, selbstverständlich auch im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Anordnung und jeweils umgekehrt, sodass bezüglich der Offenbarung der einzelnen Erfindungsaspekte stets wechselseitig Bezug genommen wird beziehungsweise werden kann.

Der Erfinder hat erkannt, dass sich während des Hochlauftests im Wesentlichen aus der Geschwindigkeit, mit der die Drehzahl sinkt, so lange keine Einspritzung aktiv ist, auf den Momentenbedarf des Motors durch Reibung sowie daran angeschlossene Aggregate und damit von der erreichten Maximaldrehzahl direkt auf die absolute Einspritzmenge rückgeschlossen werden kann. Dazu ist lediglich die Kenntnis eines vorherbestimmbaren motorindividuellen Faktors f nötig, der u.a. proportional zum Trägheitsmoment des Motors ist.

Der Kerngedanke der Erfindung besteht im Wesentlichen darin, den genannten vorherbestimmbaren motorindividuellen Faktor f für den jeweiligen Motor in einem Motorsteuergerät und/oder einem Werkstattdiagnosetestgerät zu hinterlegen. Mit Hilfe des für den jeweiligen Motor hinterlegten Faktors, kann somit mittels eines Hochlauftests die absolute Gesamteinspritzmenge und die Einzeleinspritzmengen der einzelnen Injektoren im definierten Betriebspunkt bestimmt und bewertet werden.

[0007] Besonders vorteilhaft ist, dass die Umsetzung der Erfindung keine strukturellen Änderung bei vorhandenen Motorsteuerungseinrichtungen und Werkstattdiagnosegeräten, sondern lediglich eine erfindungsgemäß verbesserte Auswertung - ggf. abhängig von im Steuergerät des Motors bzw. dem Werkstattdiagnosegerät vorhandenen Funktionen - z.B. der beim bekannten Hochlauftest erfassten Messdaten erfordert.

[0008] Kennt man die absolute Einspritzmenge der einzelnen Injektoren, dann kann bestimmt werden, welche der Injektoren fehlerhaft einspritzen. Somit ist eindeutig ersichtlich, welcher Injektor getauscht werden muss. So können Werkstattkosten reduziert werden.

[0009] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Ermittlung der absoluten Kraftstoffeinspritzmenge der Injektoren eines

Motors der Art einer Verbrennungskraftmaschine mit eine Zylinderanzahl *NZ* kann die Schritte aufweisen: Ermitteln einer ersten absoluten Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ)$ aller Injektoren basierend auf bei einem Hochlauftest, bei dem alle Zylinder des Motors aktiv sind, erfassten Messdaten und einem vorbestimmten motorindividuellen Faktor $f(nz = NZ)$, der für den Fall bestimmt wurde, dass alle Zylinder aktiv sind. Die erfassten Messdaten sind im Wesentlichen solche, die geeignet sind, den zeitlichen Verlauf der Motordrehzahl $n(t)$ während der Hochlauftests, insbesondere während des Hochlaufens mit aktiver Einspritzung und während des Zurückfallens auf die Leerlaufdrehzahl bei inaktiver Einspritzung, zu beschreiben.

[0010] Die während des Hochlauftests zu erfassenden Messdaten können beispielsweise eine maximal erreichten Motordrehzahl n_{max}, eine erste Änderungsgeschwindigkeit $a_1 = 2\pi \frac{dn}{dt}$ der Motordrehzahl $n(t)$ während des Hochlaufens mit aktiver Einspritzung (Hochlauf-Phase), eine zweite Änderungsgeschwindigkeit $a_2 = 2\pi \frac{dn}{dt}$ der Motordrehzahl mit inaktiver Einspritzung (Free-fall-Phase) und einer Leerlaufdrehzahl n_{idle} des Motors sein. Für den Fachmann ist es selbstverständlich, dass für einzelne oder alle der Messdaten a_1, a_2, n_{idle}, n_{max}, äquivalente andere Messwerte bzw. entsprechende Kombinationen von Messwerten verwendet werden können, um den zeitlichen Verlauf der Motordrehzahl hinreichend genau zu beschreiben. Beispielsweise können anhand des Zeitpunkts t_1 zum Beginn der Hochlauf-Phase, des Zeitpunkts t_2 am Ende der Hochlauf-Phase bzw. Beginn der Free-fall-Phase sowie des Zeitpunkts t_3 am Ende der Free-fall-Phase zusammen mit den Messwerten für n_{idie} und n_{max} die Änderungsgeschwindigkeiten a_1 und a_2 berechnet werden. Mit anderen Worten, reicht es aus anhand des zeitlichen Verlaufs der Motordrehzahl n(t) solche Messwerte zu bestimmen, von denen die Größen a_1, a_2, n_{idls}, n_{max} in der Auswertung abgeleitet werden können.

[0011] Beispielsweise kann während des Hochlauftests der zu testende Motor mittels einer definierten Anzahl *N* Einspritzungen pro aktivem Zylinder beschleunigt werden, wobei die Maximaldrehzahl n_{max}. erreicht wird (Hochlauf-Phase). Danach erfolgen keine Einspritzungen mehr bis die Drehzahl des Motors frei zurück auf die Leerlaufdrehzahl gefallen (Free-fall-Phase) ist; dies ist beispielsweise daran erkennbar, wenn der Leerlaufregler wieder eingreift.

[0012] Basierend auf der ersten absoluten Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ)$ kann die absolute mittlere Einspritzmenge pro Injektor $\overline{m}_{inj}$ ermittelt werden, indem die Gesamteinspritzmenge durch die Anzahl *nz* der Zylinder des Motors, mit aktiver Einspritzung, und die Gesamtzahl *N* der erfolgten Einspritzungen pro Zylinder während des Hochlaufens geteilt wird.

[0013] In einer Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird wenigstens eine zweite absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ\text{-}1)$ basierend auf Messdaten eines weiteren Hochlauftests ermittelt, bei dem wenigstens einer der Zylinder inaktiv ist, und ein vorherbestimmbarer motorindividueller Faktor $f(nz - 1)$ zur Anwendung kommt, der für den Motor bei einem inaktiven Zylinder bestimmt wurde. Inaktiver Zylinder bedeutet hier, dass in der Hochlauf-Phase der Injektor dieses Zylinders keinen Kraftstoff in diesen Zylinder einspritzt. Basierend auf der ersten und der wenigstens einen zweiten absoluten Gesamteinspritzmenge kann die absolute Einspritzmenge und damit die individuelle Einspritzmengendrift eines bestimmten einzelnen Injektors m_{inj} für den Zylinder ermittelt werden, der bei der Ermittlung der wenigstens einen zweiten absoluten Gesamteinspritzmenge inaktiv war. Hierzu muss lediglich die ermittelte zweite absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ - 1)$ von der ermittelten ersten absoluten Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz - NZ)$ abgezogen werden und das Ergebnis durch die Anzahl *N* der Einspritzungen pro Zylinder dividiert werden.

[0014] Bevorzugt wird die jeweilige absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz)$ basierend auf einer Energiebilanz *E* ermittelt.

[0015] Bevorzugt die jeweilige absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz)$ basierend auf der kinetischen Energie E_{idle} des Motors bei Leerlaufdrehzahl n_{idle} ermittelt.

[0016] Bevorzugt wird die jeweilige absolute Gesamteinspritzmenge $m_{inj}(zn)$ basierend auf der vom Motor während des Hochlaufens geleisteten Arbeit W_{ext} ermittelt.

[0017] Bevorzugt wird ein vom Motor zu erbringender Momentenbedarf M_{reto} aufgrund von Reibung und externer Arbeit basierend auf der zweiten Änderungsgeschwindigkeit a_2 ermittelt.

[0018] Bevorzugt wird berücksichtigt, dass eine vom Motor bis zum Erreichen der Maximaldrehzahl n_{max}, geleistete Arbeit und damit absolute Gesamteinspritzmenge quadratisch von der erreichten Maximaldrehzahl n_{max}, abhängig ist.

[0019] Die Ermittlung der jeweiligen absoluten Gesamteinspritzmenge aller Zylinder $M_{inj}(zn)$ wird insbesondere basierend auf dem folgenden Zusammenhang

$$M_{inj}(nz) = f(nz) \cdot \left(n_{max}^2 + \left(n_{max}^2 - n_{idle}^2 \right) \cdot \frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2 \right)$$

ermittelt, wobei $f(nz)$ der konstante vorbestimmte Faktor für den Motor, bei nz aktiven Zylindern, ist,
Der Faktor f ist ein für jeden Motor individueller Faktor, der für jeden Motor vorab bestimmbar ist. Der Faktor f kann in einem Motorsteuergerät und/oder ein Werkstattdiagnosetestgerät zur Verwendung in einem erfindungsgemäßen Verfahren abgespeichert werden. D.h., der Faktor f kann vom Hersteller des Motors vorab für jede Motorausführung basierend auf der während des Hochlaufens insgesamt eingespritzten Kraftstoffmenge $M_{inj} = N \cdot nz \cdot m_{inj}$ anhand der folgenden Formel bestimmt werden:

$$f(nz) = \frac{N \cdot nz \cdot m_{inj}}{n_{max}^2 + \left(n_{max}^2 - n_{idle}^2\right) \cdot \frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2}$$

Dabei ist nz die Anzahl der aktiven Zylinder und N die Gesamtzahl der erfolgten Einspritzungen pro aktivem Zylinder während der Hochlaufphase des Motors von der Leerlaufdrehzahl n_{idle} bis zur maximal erreichten Drehzahl n_{max}. Die Bestimmung von $f(nz)$ erfolgt idealerweise an einem Fahrzeug dessen Injektoren keine Minder- oder Mehrmenge aufweisen, d.h. jeder Injektor die gleiche, nämlich die vom Motorsteuergerät angeforderte Menge m_{inj} tatsächlich einspritzt. Für das erfindungsgemäße Verfahren ist es zur Ermittlung der individuellen Einspritzmenge eines Injektors ausreichend, wenn der Faktor $f(nz)$ für $nz = NZ$ sowie $nz = NZ - 1$ im Vorhinein bestimmt wird.

[0020] Das erfindungsgemäße Verfahren kann mittels einer Anordnung implementiert werden, die aufweist: ein entsprechend programmiertes Werkstattdiagnosegerät, welches an eine Anschlussschnittstelle eines entsprechend programmierten Motorsteuerungsgeräts eines Motors anschließbar ist. Die Durchführung des Verfahrens kann durch das Werkstattdiagnosegerät und/oder Motorsteuerungsgerät steuerbar eingerichtet sein. Wenigstens ein vorbestimmter motorindividuellen Faktor $f(nz)$, der bestimmt wurde, wenn nz Zylinder aktiv sind, kann in dem Werkstattdiagnosegerät und/oder in dem Motorsteuerungsgerät abgespeichert sein.

[0021] Die notwendigen Berechnungen der Einspritzmengen können in Form eines entsprechend programmierten Algorithmus als Bestandteil eines Diagnosemoduls in die Software des Motorsteuergeräts und/oder des Werkstattdiagnosetestgeräts integriert sein.

[0022] D.h., das Diagnosemodul kann als Softwaremodul in die Software eines Motorsteuergeräts integriert werden (steuergerätebasiertes Werkstattdiagnosemodul). Nach Start durch ein extern über eine Diagnoseschnittstelle an die Motorsteuerung angeschlossenes Werkstattdiagnosetestgerät läuft das Diagnosemodul vollständig autark im Motorsteuergerät ab. Nach Beendigung meldet das Diagnosemodul die Testergebnisse an das Werkstattdiagnosetestgerät zurück. Ein solches steuergerätebasiertes Werkstattdiagnosemodule unterscheiden sich von einfachen Aktorentests dadurch, dass das zu diagnostizierende Fahrzeug in der Werkstatt durch das Motorsteuergerät in vorbestimmte lastlose Betriebspunkte versetzt, Aktorenanregungen aufprägt und das Ergebnis über Sensorwerte mit einer Auswertelogik eigenständig auswertet kann.

[0023] Alternativ kann das Diagnosemodul als Softwaremodul auch in die Software eines Werkstattdiagnosetestgeräts integriert werden (diagnosetesterbasiertes Werkstattdiagnosemodul). Der funktionale Ablauf, die Auswertung und die Bewertung des erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt dann im Werkstattdiagnosetestgerät, wobei die zur Auswertung herangezogenen Messdaten mithilfe des Motorsteuergeräts von im Fahrzeug vorhandenen Sensoren oder durch zusätzliche Prüfsensorik ermittelt werden.

[0024] Die Erfindung kann als Computerprogrammprodukt mit Computerprogrammcode derart implementiert werden, dass wenn der Computerprogrammcode auf einer entsprechenden programmierbaren Einrichtung, insbesondere einem Motorsteuergerät und/oder einem Werkstattdiagnosetestgerät, ausgeführt wird, diese Einrichtung ein erfindungsgemäßes Verfahren ausführt.

Kurzbeschreibung der Zeichnungsfiguren

[0025] Weitere Vorteile, Merkmale und Einzelheiten der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung, in der unter Bezugnahme auf die Zeichnungen Ausführungsbeispiele der Erfindung im Einzelnen beschrieben sind. Dabei können die in den Ansprüchen und in der Beschreibung erwähnten Merkmale jeweils einzeln für sich oder in beliebiger Kombination erfindungswesentlich sein. Es zeigen (schematisch):

Fig. 1 den prinzipiellen Aufbau einer Testanordnung aus einer Motorsteuerungseinrichtung und einem Werkstattdiagnosetesteinrichtung,

Fig. 2 den zeitlichen Verlauf der Motordrehzahl eines Motors bei einem erfindungsgemäßen Hochlauftest, und

Fig. 3 ein Ablaufdiagramm einer möglichen Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der

absoluten Einspritzmenge.

Ausführungsbeispiele

[0026] In der nachfolgenden Beschreibung werden spezifische Einzelheiten dargelegt. Es versteht sich jedoch, dass Ausführungen der Erfindung auch ohne diese spezifischen Einzelheiten zur Anwendung kommen können. Bekannte Schaltungen, Strukturen und Verfahren sind nicht im Detail gezeigt, um das Verständnis der vorliegenden Beschreibung nicht zu erschweren.

[0027] Figur 1 zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Testanordnung aus einer Motorsteuerungseinrichtung und einem Werkstattdiagnosetesteinrichtung.

[0028] Eine Motorsteuerung 1 als Motorsteuerungsgerät über eine Diagnoseschnittstelle 3 und ein Diagnosekabel 5 mit dem externen Diagnosegerät 7 als Werkstattdiagnosetesteinrichtung gekoppelt. Die Motorsteuerung 1 ist für die Steuerung des Motors 9 im Normal- und im Testbetrieb eingerichtet.

[0029] Im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel ist das Diagnosegerät 7 konfiguriert, die für eine bestimmte Diagnose erforderlichen Steuerdaten an die Motorsteuerung 1 zu senden, die Testabläufe zu steuern und die Testergebnisse aus der Motorsteuerung 1 abzurufen.

[0030] Die zur Steuerung des Motors 9 erforderlichen Daten erfasst die Motorsteuerung 1 mittels schematisch dargestellter Sensoreingänge 11 bis 15. Die Motorsteuerung 1 ist weiter eingerichtet, aus den erfassten Daten entsprechend in der Motorsteuerung 1 hinterlegter Softwaremodule zur Steuerung des Motors erforderliche Steuergrößen zu bestimmen. Dies kann durch Berechnung anhand hinterlegter Algorithmen, Auslesen aus hinterlegten Tabellen oder Kennfeldern oder dergleichen erfolgen.

[0031] Grundsätzlich kann es sich bei dem gesteuerten Motor 9 um eine fremdgezündete Verbrennungskraftmaschine (Ottomotor) oder eine selbstzündende Verbrennungskraftmaschine (Dieselmotor) handeln, wobei in die Zylinder des Motors 9 jeweils mittels eines dem jeweiligen Zylinder zugeordneten Injektors Kraftstoff direkt eingespritzt wird.

[0032] Die Steuerung des Motors 9 erfolgt durch die Motorsteuerung 1 über Ausgänge 21 bis 25. Zur Veranschaulichung der Erfindung ist hier beispielhaft nur die Ansteuerung eines einzigen Kraftstoffinjektors 31 für einen der Zylinder des Motors 9 schematisch dargestellt. Die Ansteuerung des Kraftstoffinjektors 31 erfolgt über den Steuerausgang 21. Beispielsweise kann die Motorsteuerung 1 über den Ausgang 21 ein Magnetventil in dem Kraftstoffinjektor 31 ansteuert. Durch das Magnetventil kann hydraulisch eine Düsennadel betätigt werden, welche eine zugehörige Einspritzdüse öffnet oder verschließt. Der Öffnungszeitpunkt und die Öffnungsdauer der Einspritzdüsen sind wesentliche Steuerparameter des Motors. Für die vorliegende Erfindung sind der konkrete Aufbau eines Kraftstoffinjektors sowie das zugrundeliegende Einspritzprinzip nicht von Bedeutung. Es kann sich beispielsweise um ein Pumpe-Düse- oder Common-Rail-Einspritzsystem handeln.

[0033] Mittels der Öffnungsdauer der Einspritzdüse und den Einspritzdruck bestimmt die Motorsteuerung 1 im Wesentlichen die in den zugehörigen Zylinder eingespritzte Kraftstoffmenge. Diese wiederum beeinflusst Leistungs- und Drehmomentabgabe des Motors.

[0034] Figur 2 zeigt, wie im einfachsten Fall die Drehzahl während eines erfindungsgemäßen Hochlauftests verläuft.

[0035] Zu Beginn, in der mit "A" markierten Phase, befindet sich der gestartete Motor im Leerlauf, d.h. die Leerlaufregelung ist aktiv und hält die Drehzahl bei der Leerlaufdrehzahl n_{idle}. Zum Zeitpunkt l_1 beginnt der Hochlauftest. In der mit "B" markierten Phase ist ab dem Zeitpunkt l_1 die Einspritzung aktiv, sodass die Motordrehzahl des Motors näherungsweise linear mit einer konstanten ersten Steigung $\alpha_1 = 2\pi \frac{dn}{dt}$ bis zu Maximaldrehzahl n_{max} bei Zeitpunkt i_2 ansteigt. In der mit "C" markierten Phase, ab Zeitpunkt i_2 ist die Einspritzung inaktiv, sodass die Drehzahl näherungsweise linear mit der zweiten Steigung a_2 wieder abfällt. Sobald die Leerlaufdrehzahl zum Zeitpunkt t_3 wieder auf die Leerlaufdrehzahl n_{idle} gefallen ist, greift die Leerlaufdrehzahlregelung wieder und hält die Drehzahl stabil (Phase "D").

[0036] Der Momentenbedarf, der im Wesentlichen durch motorinterne Reibung und von an den Motor angeschlossenen Aggregaten verursacht wird, lässt sich ermitteln aus:

$$M_{reib} = J \cdot a_2 \quad (1),$$

wobei *f* dem unbekannten Trägheitsmoment des Motors entspricht.

[0037] Die insgesamt durch den Motor während der Phase "B" mit aktiver Einspritzung, d.h. beim Hochlaufen geleistete Arbeit W_{ges}, entspricht der Summe aus der kinetischen Energie des rotierenden Motors E_{rot} bei maximal erreichter

Drehzahl n_{max} und der geleisteten externen Arbeit W_{ext}, d.h. Überwindung der Reibung plus Antrieb der Aggregate, minus der kinetischen Energie E_{idle} des Motors bei Leerlaufdrehzahl n_{idle}:

$$W_{ges} = E_{rot} + W_{ext} - E_{idle} = 2\pi^2 \left(n_{max}^2 \cdot J + \frac{n_{max}^2 - n_{idle}^2}{a_2} \cdot M_{reib} - n_{idle}^2 \cdot J \right)$$

(2)

[0038] Die geleistete Arbeit des Motors W_{ges} ist wiederum proportional zur Gesamteinspritzmenge aller Zylinder $M_{inj}(zn)$, bzw. zur mittleren Einspritzmenge der Zylinder mal Anzahl *nz* der aktiven Zylinder mal Anzahl *N* aller Einspritzungen pro Zylinder:

$$E_{ges} \propto M_{inj} = N \cdot nz \cdot \overline{m}_{inj}$$

(3)

[0039] Daraus lässt sich die absolute Gesamteinspritzmenge ermitteln durch:

$$M_{inj}(zn) = f(zn) \cdot \left(n_{max}^2 + \left(n_{max}^2 - n_{idle}^2 \right) \cdot \frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2 \right)$$

(4)

[0040] Der motorindividuelle Faktor $f(zn)$ enthält somit sowohl das Trägheitsmoment des Motors als auch den Wirkungsgrad des Motors, d.h. die erzeugte Bewegungsenergie pro Gramm Kraftstoff.

[0041] Der Erfinder hat erkannt, dass der Faktor $f(zn)$ ein konstanter Faktor ist, der insbesondere nicht vom momentanen Momentenbedarf des Motors unter Test abhängig ist. Der Faktor $f(zn)$ kann daher einmalig ermittelt werden und im Steuergerät des Motors oder in der Software eines Werkstattdiagnosetestgeräts hinterlegt werden.

[0042] Der in der obigen Formel (4) gefasste Zusammenhang kann eingesetzt werden, um jeweils die absolute Einspritzmenge mittels bei einem Hochlauftest gemessener Messdaten zu ermitteln. Der Zusammenhang kann grundsätzlich als Bestandteil eines steuergerätebasierten Werkstattdiagnosemoduls in die Software des Motorsteuergeräts integriert werden. D.h., das Diagnosemodul ist als Softwaremodul in das Motorsteuergerät integriert und läuft nach Start durch das extern angeschlossene Werkstattdiagnosetestgerät vollständig autark im Motorsteuergerät ab und meldet nach Beendigung das Ergebnis an den Diagnosetester zurück.

[0043] Alternativ ist auch eine Integration in ein diagnosetesterbasiertes Werkstattdiagnosemodul möglich, d.h. der funktionale Ablauf, die Auswertung und die Bewertung des erfindungsgemäßen Tests erfolgt dabei im Werkstattdiagnosetestgerät, wobei die zur Auswertung herangezogenen Messdaten mithilfe des Motorsteuergeräts von im Fahrzeug vorhandenen Sensoren oder durch zusätzliche Prüfsensorik ermittelt werden können.

[0044] Somit ist zur Umsetzung der Erfindung im Wesentlichen nur eine Anpassung vorhandener Software in der Motorsteuerung und/oder Diagnosegeräten notwendig, um das erfindungsgemäße Verfahren zu implementieren.

[0045] Figur 3 veranschaulicht als Ablaufdiagramm eine mögliche Umsetzung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Bestimmung der absoluten Einspritzmenge eines Injektors.

[0046] In einem ersten Schritt S1 erfolgt zuerst ein erster Hochlauftest, bei dem bei allen ZN Zylindern des zu testenden Motors 9 die Einspritzung aktiv ist.

[0047] In Schritt S2 wird aus den erfassten Messgrößen, nämlich der ersten Geschwindigkeit a_1, mit der die Drehzahl *n* in der Hochlauf-Phase "B" ansteigt, der zweiten Geschwindigkeit a_2, mit der die Drehzahl *n* in der Free-fall-Phase "C" abfällt und der am Ende der Hochlauf-Phase "B" erreichten Maximaldrehzahl n_{max} die absolute Gesamteinspritzmenge m_{inj} bestimmt. Basierend darauf kann bereits die mittlere Einspritzmenge pro Zylinder bzw. jedes der Injektoren geschlossen werden.

[0048] Daraufhin wird der Hochlauftest entsprechend der Anzahl *NZ* der Zylinder des Motors wiederholt, wobei jeweils bei einem der Einzelzylinder die Einspritzung inaktiv ist, d.h. in einen Zylinder keine Einspritzung erfolgt.

[0049] In Schritt S3 wird eine Laufvariable $n = 1$ gesetzt.

[0050] In Schritt S4 wird geprüft, ob die Laufvariable *n* größer der Anzahl *NZ* der Zylinder des Motors ist. Wenn dem so ist, dann wurden alle weiteren notwendigen Hochlauftests durchgeführt und das Verfahren geht weiter zu Schritt S8. Andernfalls geht das Verfahren zu Schritt S5.

[0051] In Schritt S5 wird der jeweilige zweite Hochlauftest *n* wie in den Schritten S1 und S2 wiederholt, wobei aber

im Unterschied dazu dem der Laufvariable zugeordneten Zylinder keine Einspritzung erfolgt, d.h. $zn = NZ - 1$.

[0052] In Schritt S6 wird dann aus den ermittelten Messgrößen des aktuell durchgeführten Hochlauftests *n* die absolute Gesamteinspritzmenge ermittelt.

[0053] Dies erfolgt wiederum mithilfe des Zusammenhangs (4), wobei ein zweiter Faktor $f(nz = NZ - 1)$ anstelle des Faktors $f(nz = NZ)$ verwendet wird, da für die vom Motor geleistete Arbeit bei $ZN - 1$ aktiven Zylindern ein anderer Zusammenhang gilt als mit *NZ* aktiven Zylindern.

[0054] In Schritt S7 wird die Laufvariable inkrementiert, d.h. $n := n + 1$. Danach geht das Verfahren zu Schritt S4.

[0055] In Schritt S8 wird anhand der ermittelten ersten absolute Gesamteinspritzmenge und der *NZ* zweiten absoluten Gesamteinspritzmengen die individuelle Einspritzmengendrift für jeden einzelnen Injektor bestimmt. Dazu wird jeweils für einen bestimmten Injektor diejenige zweite absolute Gesamteinspritzmenge, die bei dem Hochlauftest ermittelt wurde, bei dem der zum Injektor gehörige Zylinder inaktiv war, von der ersten absoluten Gesamteinspritzmenge abgezogen und das Ergebnis durch die Anzahl *N* der Einspritzungen pro Zylinder dividiert.

[0056] In Schritt S8 kann alternativ oder zusätzlich der obige Zusammenhang (4) verwendet werden, um aus den Tests mit einem inaktiven Zylinder die relativen Mengenunterschiede zu ermitteln, während die absolute Einspritzmenge aus dem Test (Schritte S1 und S2) mit allen Zylindern *NZ* aktiv hervorgeht.

[0057] Anschließend endet das Verfahren, wobei die ermittelten Ergebnisse auf einer Anzeige oder einem Drucker ausgegeben werden können.

[0058] Der in Fig. 3 mit "I" bezeichnete Teil des Verfahrens dient der Bestimmung der ersten absoluten Gesamteinspritzmenge mittels eines Testlaufs, bei dem in allen Zylindern die Einspritzung aktiv ist.

[0059] Der in Fig. 3 mit "II" bezeichnete Teil des Verfahrens dient der Bestimmung jeweils einer zweiten absoluten Gesamteinspritzmenge mittels eines Testlaufs, bei dem in einem der Zylinder die Einspritzung inaktiv ist.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung der absoluten Kraftstoffeinspritzmenge der Injektoren (31) eines Motors (9) der Art einer Verbrennungskraftmaschine mit eine Zylinderanzahl *NZ*, **gekennzeichnet dadurch,**
   dass eine erste absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ)$ aller Injektoren (31) basierend auf einem Hochlauftest, bei dem alle Zylinder des Motors (9) aktiv sind, erfassten Messdaten und einem vorbestimmten motorindividuellen Faktor $f(nz = NZ)$ des Motors (9), der bestimmt wurde, für den Fall, dass alle Zylinder aktiv sind und in einem Werkstattdiagnosegerät (7) und/oder einem Motorsteuerungsgerät (1) hinterlegt ist, ermittelt wird, wobei die Messdaten eine maximal erreichten Motordrehzahl n_{max}, eine erste Änderungsgeschwindigkeit a_1 der Motordrehzahl während des Hochlaufens mit aktiver Einspritzung, eine zweite Änderungsgeschwindigkeit a_2 der Motordrehzahl mit inaktiver Einspritzung und einer Leerlaufdrehzahl n_{idle} des Motors (9) sind bzw. diese Größen von den erfassten Messdaten abgeleitet werden, und dazu geeignet sind, den zeitlichen Verlauf der Motordrehzahl n(t) während des Hochlauftests zu beschreiben, wobei die jeweilige absolute Einspritzmenge $M_{inj}(zn)$ basierend auf dem folgenden Zusammenhang

$$M_{inj}(nz) = f(nz) \cdot \left(n_{max}^2 + \left(n_{max}^2 - n_{idle}^2 \right) \cdot \frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2 \right)$$

   ermittelt wird, wobei $f(nz)$ der konstante vorbestimmte Faktor für den Motor, bei *nz* aktiven Zylindern, ist.

2. Verfahren nach Anspruch 1,
   dass wenigstens eine zweite absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz = NZ - 1)$ basierend auf Messdaten eines weiteren Hochlauftests, bei dem wenigstens einer der Zylinder inaktiv ist, und einem motorindividuellen Faktor $f(nz - 1)$, der bestimmt wurde, für den Fall eines inaktiven Zylinder, ermittelt wird.

3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 2,
   dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz)$ basierend auf einer Energiebilanz E_{ges} ermittelt wird.

4. Verfahren nach Anspruch 3,
   dadurch gekennzeichnet, dass die jeweilige absolute Gesamteinspritzmenge $M_{inj}(nz)$ basierend auf wenigstens einem von der kinetischen Energie E_{idle} des Motors (9) bei Leerlaufdrehzahl n_{idle} und der vom Motor (9) während des Hochlaufens geleisteten Arbeit W_{ext} ermittelt wird.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass ein vom Motor (9) zu erbringender Momentenbedarf M_{reib} aufgrund von Reibung und externer Arbeit basierend auf der zweiten Änderungsgeschwindigkeit a_2 ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet, dass berücksichtigt wird, dass eine vom Motor (9) bis zum Erreichen der Maximaldrehzahl n_{max}, geleistete Arbeit und damit absolute Gesamteinspritzmenge quadratisch von der erreichten Maximaldrehzahl n_{max} abhängig ist.

7. Anordnung zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass ein entsprechend programmiertes Werkstattdiagnosegerät (7) über eine Anschlussschnittstelle (3) einer entsprechend programmierten Motorsteuerungsgerät (1) eines Motors (9) anschließbar ist, und die Durchführung des Verfahrens durch das Werkstattdiagnosegerät (7) und/oder Motorsteuerungsgerät (7) steuerbar ist, wobei wenigstens ein vorbestimmter motorindividuellen Faktor *f*(*nz*), der proportional zum Trägheitsmoment des Motors, wenn *nz* Zylinder aktiv sind, in dem Werkstattdiagnosegerät (7) und/oder in dem Motorsteuerungsgerät (1) abgespeichert ist.

8. Computerprogrammprodukt mit Computerprogrammcode derart, dass wenn der Computerprogrammcode auf einer entsprechenden programmierbaren Einrichtung (7, 1), insbesondere einem Werkstattdiagnosegerät (7) und/oder einem Motorsteuerungsgerät (1), ausgeführt wird, diese Einrichtung ein Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6 ausführt.

Claims

1. Method for determining the absolute fuel injection quantity of the injectors (31) of an engine (9) of the internal combustion engine type having a number of cylinders *NZ*, **characterized in that** a first absolute total injection quantity M_{inj} ($nz = NZ$) of all the injectors (31) is determined on the basis of measured data captured in a run-up test, in which all the cylinders of the engine (9) are active, and a predetermined individual engine factor $f(nz = NZ)$ of the engine (9), which was determined for the case in which all the cylinders are active and is stored in a workshop diagnostic device (7) and/or an engine control device (1), wherein the measured data is a maximum engine speed n_{max} reached, a first rate of change a_1 of the engine speed during the run-up with active injection, a second rate of change a_2 of the engine speed with inactive injection and an idling speed n_{idle} of the engine (9) or these variables are derived from the captured measured data and are suitable to describe the time profile of the engine speed $n(t)$ during the run-up test,
wherein the respective absolute injection quantity $M_{inj}(zn)$ is determined on the basis of the following relationship

$$M_{inj}(nz) = f(nz) \cdot \left(n_{max}^2 + \left(n_{max}^2 - n_{idle}^2 \right) \cdot \frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2 \right)$$

where $f(nz)$ is the constant predetermined factor for the engine with *nz* active cylinders.

2. Method according to Claim 1,
that at least a second absolute injection quantity $M_{inj}(nz = NZ - 1)$ is determined on the basis of measured data from a further run-up test, in which at least one of the cylinders is inactive, and an individual engine factor $f(nz - 1)$, which was determined for the case of an inactive cylinder.

3. Method according to either of Claims 1 and 2,
characterized in that
the respective absolute total injection quantity $M_{inj}(nz)$ is determined on the basis of an energy balance E_{ges}.

4. Method according to Claim 3,
characterized in that
the respective absolute total injection quantity $Minj(nz)$ is determined on the basis of at least one of the kinetic energy E_{idle} of the engine (9) at idling speed n_{idle} and the work W_{ext} performed by the engine (9) during the run-up.

5. Method according to one of the preceding claims,

characterized in that
a torque requirement M_{reib} to be performed by the engine (9) is determined on the basis of friction and external work based on the second rate of change a_2.

6. Method according to one of the preceding claims,
characterized in that
account is taken of the fact that work provided by the engine (9) until the maximum speed n_{max} is reached, and therefore the absolute total injection quantity, depends on the square of the maximum speed reached n_{max}.

7. Arrangement for carrying out a method according to one of Claims 1 to 6,
characterized in that
an appropriately programmable workshop diagnostic device (7) can be connected via a connection interface (3) to an appropriately programmed engine control device (1) of an engine (9), and the performance of the method can be controlled by the workshop diagnostic device (7) and/or engine control device (7),
wherein at least one predetermined individual motor factor *f(nz),* which is proportional to the moment of inertia of the engine when *nz* cylinders are active, is stored in the workshop diagnostic device (7) and/or in the engine control device (1) .

8. Computer program product with computer program code of a type such that when the computer program code is executed on an appropriately programmable unit (7, 1), in particular a workshop diagnostic device (7) and/or an engine control device (1), this unit executes a method according to one of Claims 1 to 6.

Revendications

1. Procédé de détermination de la quantité absolue de carburant injectée par les injecteurs (31) d'un moteur (9) de type moteur à combustion interne comprenant un nombre *NZ* de cylindres, **caractérisé en ce qu'**une première quantité totale absolue de carburant injectée $M_{inj}(nz = NZ)$ de tous les injecteurs (31) est déterminée sur la base de données de mesure détectées lors d'un test de montée en régime, lors duquel tous les cylindres du moteur (9) sont actifs, et d'un facteur prédéfini *f*(*nz = NZ)*, propre au moteur, du moteur (9), lequel facteur a été déterminé pour le cas où tous les cylindres sont actifs, et est enregistré dans un appareil de diagnostic d'atelier (7) et/ou un appareil de commande de moteur (1), les données de mesures étant un régime de moteur maximal atteint n_{max}, une première vitesse de variation a_1 du régime de moteur pendant la montée en régime avec injection active, une deuxième vitesse de variation a_2 du régime de moteur avec injection inactive et un régime de ralenti n_{idle} du moteur (9) ou ces grandeurs étant dérivées des données de mesure détectées, et étant appropriées pour décrire la variation dans le temps du régime de moteur *n(t)* pendant le test de montée en régime, la quantité absolue respective de carburant injectée $M_{inj}(zn)$ étant déterminée sur la base de la relation suivante

$$M_{inj}(nz) = f(nz).\left(n_{max}^2 + (n_{max}^2 - n_{idle}^2).\frac{a_2}{a_1} - n_{idle}^2\right),$$

f(nz) étant le facteur constant prédéfini pour le moteur, dans le cas de *nz* cylindres actifs.

2. Procédé selon la revendication 1,
qu'au moins une deuxième quantité totale absolue de carburant injectée $M_{inj}(nz = NZ - 1)$ est déterminée sur la base de données de mesure d'un autre test de montée en régime, lors duquel au moins l'un des cylindres est inactif, et d'un facteur *f(nz - 1)* propre au moteur, lequel facteur a été déterminé pour le cas où un cylindre est inactif.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2,
caractérisé en ce que la quantité totale absolue respective de carburant injectée $M_{inj}(nz)$ est déterminée sur la base d'un bilan énergétique E_{ges}.

4. Procédé selon la revendication 3,
caractérisé en ce que la quantité totale absolue respective de carburant injectée $M_{inj}(nz)$ est déterminée sur la base d'au moins l'un parmi l'énergie cinétique E_{idle} du moteur (9) pour le régime de ralenti n_{idle} et le travail effectué *Wext* par le moteur (9) pendant la montée en régime.

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que les besoins de couple M_{reib} à fournir par le moteur (9) en raison de la friction et du travail externe sont déterminés sur la base de la deuxième vitesse de variation a_2.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications précédentes,
caractérisé en ce que l'on tient compte du fait qu'un travail effectué par le moteur (9) jusqu'à ce que le régime maximal n_{max} soit atteint et par conséquent la quantité totale absolue de carburant injectée dépendent de manière quadratique du régime maximal atteint n_{max}.

7. Système permettant de mettre en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,
caractérisé en ce qu'un appareil de diagnostic d'atelier (7) programmé de manière correspondante peut être connecté par le biais d'une interface de connexion (3), à un appareil de commande de moteur (1), programmé de manière correspondante, d'un moteur (9), et la mise en oeuvre du procédé peut être commandée au moyen de l'appareil de diagnostic d'atelier (7) et/ou de l'appareil de commande de moteur (7),
au moins un facteur prédéfini *f(nz)* propre au moteur, lequel facteur est proportionnel au moment d'inertie du moteur, lorsque *nz* cylindres sont actifs, étant enregistré dans l'appareil de diagnostic d'atelier (7) et/ou dans l'appareil de commande de moteur (1).

8. Produit-programme informatique comprenant un code de programme informatique, de telle sorte que, lorsque le code de programme informatique est exécuté sur un dispositif (7, 1) programmable correspondant, en particulier sur un appareil de diagnostic d'atelier (7) et/ou un appareil de commande de moteur (1), ce dispositif met en oeuvre un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6.

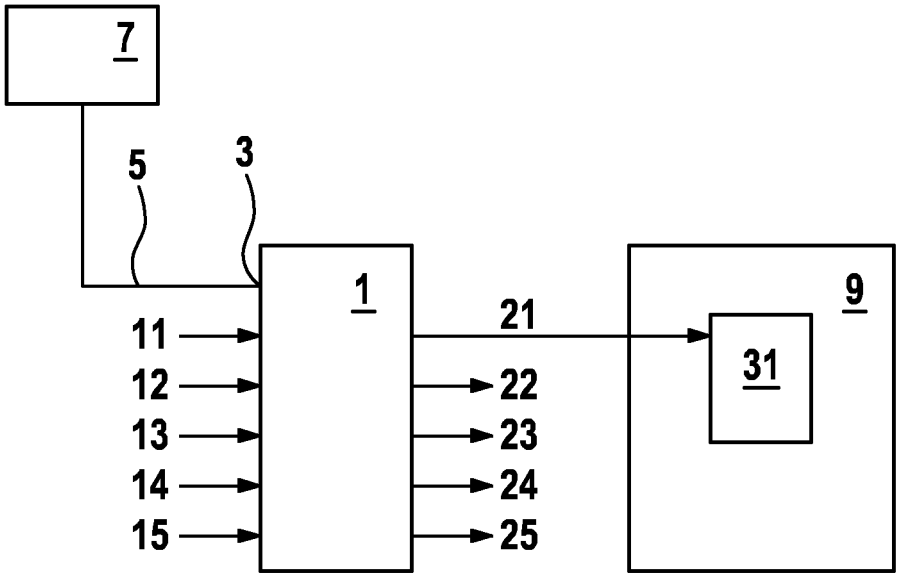


FIG. 1

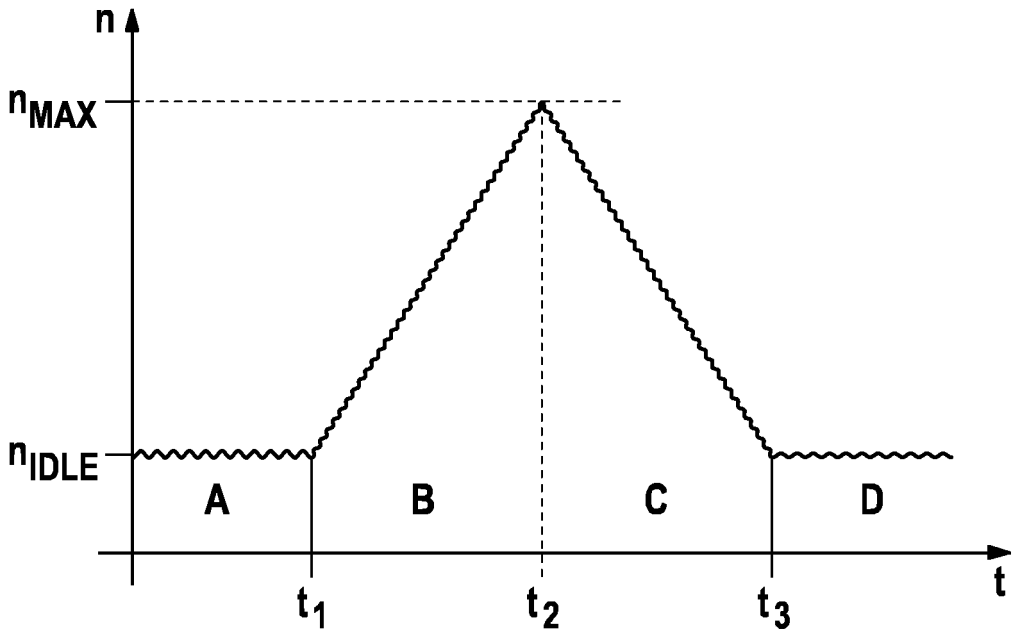


FIG. 2

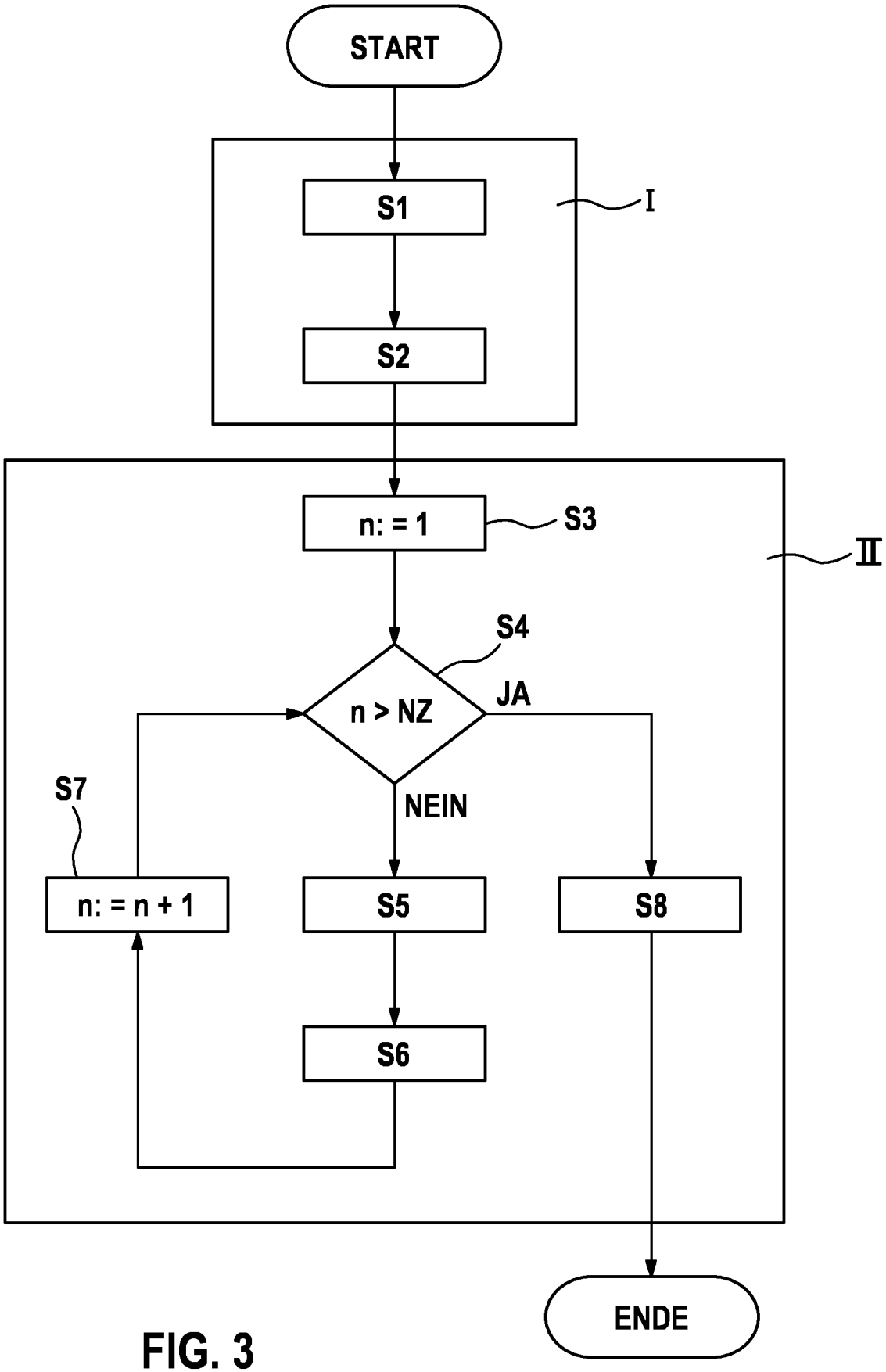


FIG. 3

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

- DE 102007010496 A1 **[0002]**
- WO 2004053316 A **[0005]**