



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2005 009 101 B3 2006.03.09**

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2005 009 101.6**
 (22) Anmeldetag: **28.02.2005**
 (43) Offenlegungstag: –
 (45) Veröffentlichungstag
 der Patenterteilung: **09.03.2006**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 41/14 (2006.01)**

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

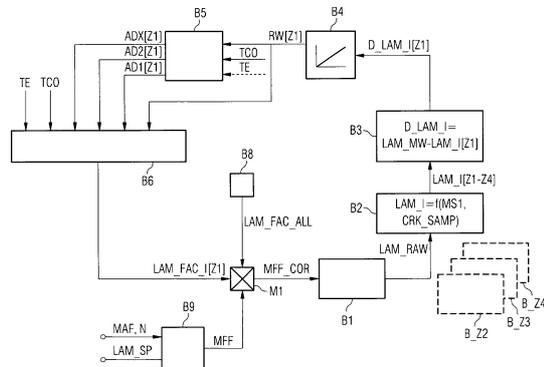
(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Aliakbarzadeh, Reza, 93051 Regensburg, DE;
Klepatsch, Manfred, Dr., 93186 Pettendorf, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
 gezogene Druckschriften:
DE 199 03 721 C1
DE 102 06 906 C1
DE 42 36 008 C2
US2005/00 22 797 A1
US 57 58 310
WO 96/35 048 A1

(54) Bezeichnung: **Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes zum Beeinflussen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses**

(57) Zusammenfassung: Eine Brennkraftmaschine hat mehrere Zylinder (Z1-Z4), den Zylindern (Z1-Z4) zugeordnete Einspritzventile (18), die Kraftstoff zumessen, und eine Abgassonde (42, 43), die in einem Abgastrakt (4) angeordnet ist und deren Messsignal (MS) charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4). Zu einem vorgegebenen Abtast-Kurbelwellenwinkel (CRK_SAMP), bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens des jeweiligen Zylinders (Z1-Z4), wird das Messsignal (MS) erfasst und dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) zugeordnet. Mittels jeweils eines Reglers wird ein Reglerwert (RW[Z1-Z4]) zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder erfassten Messsignal (MS) ermittelt. Bei einem Erfülltsein vorgegebener erster Bedingungen, die einen vorgegebenen ersten Temperaturbereich (TB1) einer Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für eine Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (18), wird ein erster Adaptionwert (AD[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) ermittelt. Bei einem Erfülltsein vorgegebener zweiter Bedingungen, die einen zweiten Temperaturbereich (TB2) der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (18), wird ein zweiter Adaptionwert (AD2[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) ermittelt. Der Korrekturwert (LAM_FAC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem ...



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes zum Beeinflussen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in einem jeweiligen Zylinder einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern, den Zylindern zugeordneten Einspritzventilen, die Kraftstoff zumessen, und mit einer Abgassonde, die in einem Abgastrakt angeordnet ist und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder.

[0002] Immer strengere gesetzliche Vorschriften bezüglich zulässiger Schadstoffemissionen von Kraftfahrzeugen, in denen Brennkraftmaschinen angeordnet sind, machen es erforderlich, die Schadstoffemissionen beim Betrieb der Brennkraftmaschine so gering wie möglich zu halten. Dies kann zum einen erfolgen, indem die Schadstoffemissionen verringert werden, die während der Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in dem jeweiligen Zylinder der Brennkraftmaschine entstehen. Zum andern sind in Brennkraftmaschinen Abgasnachbehandlungssysteme im Einsatz, die die Schadstoffemissionen, die während des Verbrennungsprozesses des Luft/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern erzeugt werden, in unschädliche Stoffe umwandeln. Zu diesem Zweck werden Abgaskatalysatoren eingesetzt, die Kohlenmonoxid, Kohlenwasserstoffe und Stickoxide in unschädliche Stoffe umwandeln. Sowohl das gezielte Beeinflussen des Erzeugens der Schadstoffemissionen während der Verbrennung als auch das Umwandeln der Schadstoffkomponenten mit einem hohen Wirkungsgrad durch einen Abgaskatalysator setzen ein sehr präzise eingestelltes Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder voraus.

Stand der Technik

[0003] Aus der DE 199 03 721 C1 ist ein Verfahren für eine Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern zur zylinderselektiven Regelung eines zu verbrennenden Luft/Kraftstoff-Gemisches bekannt, bei dem die Lambdawerte für verschiedene Zylinder oder Zylindergruppen getrennt sensiert und geregelt werden. Dazu ist eine Sonden-Auswerteeinheit vorgesehen, in der eine zeitaufgelöste Auswertung des Abgassondesignals erfolgt und so ein zylinderselektiver Lambdawert für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine ermittelt wird. Jedem Zylinder ist ein einzelner Regler zugeordnet, der als PI- oder PID-Regler ausgebildet ist, dessen Regelgröße ein zylinderindividueller Lambdawert ist und dessen Führungsgröße ein zylinderindividueller Sollwert des Lambdas ist. Die Stellgröße des jeweiligen Reglers beeinflusst dann die Einspritzung des Kraftstoffs in dem jeweils zugeordneten Zylinder.

[0004] Aus der WO 96/35048 ist eine Einzelzylinder-

der-Lambda-Regelung mit zwei Regelkreisen bekannt. Eine äußere Regelschleife, die zur Regelung der Luftzahl des Summenabgases mittels eines Proportional-Integral-Reglers und in einer inneren Regelschleife wird die Luftzahl zylinderselektiv geregelt. Zur Identifikation der Einzelzylinderluftzahlen wird ein Gradientenverfahren verwendet, mit dem aus dem Steigungsverhalten des Sauerstoffsensorsignals eine qualitative Aussage über Abweichungen der Einzelzylinderluftzahlen getroffen werden kann. Zur Ausregelung der Luftzahlunterschiede zwischen den einzelnen Zylindern wird ein Zwei-Punkt-Proportional-Integral-Regler verwendet.

[0005] Aus der DE 42 36 008 C2 ist ein Verfahren zur adaptiven Einzelzylinder-Lambda-Regelung der Einlassventil-Öffnungszeitspannen bei einem Motor mit variabler Ventilsteuerung bekannt. Bei einer betriebswarmen Sauerstoffsonde wird für jeden Zylinder eine Regelabweichung bestimmt durch Bilden der Differenz eines erfassten Lambda-Wertes und eines Sollwertes. Regelfaktoren, die den jeweiligen Zylindern zugeordnet sind, werden nach einem vorgegebenen Algorithmus bestimmt. Die Regelfaktoren werden bezüglich eines Unterschieds zu einem Wert 1 mit einer vorgegebenen Zeitkonstante aufintegriert und zum Ermitteln von individuellen Stellsignalen für variabel steuerbare Einlassventile ausgegeben. Adaptionswerte werden bei zwei verschiedenen Temperaturen erfasst und gespeichert. Bei nicht betriebswarmer Sauerstoffsonde werden die Adaptionswerte abgeschätzt aus den bei zwei verschiedenen Temperaturen erfassten Adaptionswerten.

[0006] Aus der DE 102 06 906 C1 ist ein Verfahren zur Steuerung einer durch einen Piezoinjektor mit einer Piezoeinrichtung eingespritzten Kraftstoffmenge bei einer Brennkraftmaschine bekannt. Eine Motorsteuerung bestimmt aus Werten für eine Fahrpedalstellung und weiteren Betriebsparametern der Brennkraftmaschine eine Standardeinspritzung für den Piezoinjektor. Für jeden Zylinder wird mindestens ein zylinderspezifischer Korrekturfaktor für Anfangs- und Endzeitpunkt der Einspritzung und/oder der Einspritzdauer bestimmt. Der Korrekturfaktor wird abhängig von einem für den Piezoinjektor definierten Wert für seine elektrische Anregung bestimmt und zwar derart, dass der Wert der Anregungsenergie erhöht oder erniedrigt wird, um einen kleinen Korrekturfaktor zu erzielen. Der Piezoinjektor wird mit den korrigierten Werten für Anfangs- und Endzeitpunkt der Einspritzung und/oder der Einspritzdauer sowie dem geänderten Wert für die Anregungsenergie angesteuert.

[0007] Aus der US 2005/0022797 A1 ist es bekannt, ein physikalisches Modell einzusetzen, bei dem ein erfasster Lambdasensorwert erhalten wird durch Multiplizieren von in der Vergangenheit aufgenommenen Werten eines zylinderindividuellen Luft/Kraft-

stoff-Verhältnisses eines einströmenden Gases in den Abgastrakt und in der Vergangenheit liegenden erfassten Werten des Lambdasensors unter Berücksichtigung vorgegebener Gewichte und durch Addieren dieser.

[0008] Aus der US 5,758,310 ist ein Heizelement zum Heizen eines Lambdasensors bekannt und ein Sensor zum Erkennen, ob der Lambdasensor einen halbaktivierten Zustand erreicht hat. Ferner ist eine Einheit zum Integrieren der Leistung, die dem Heizelement von einem Start der Brennkraftmaschine zugeführt wird, bis der Lambdasensor den halbaktivierten Zustand erreicht. Ferner ist eine weitere Einheit vorgesehen zum Schätzen abhängig von der integrierten Leistung der Leistung, die dem Heizelement zugeführt werden muss, um es in einen vollständig aktivierten Zustand zu bringen.

Aufgabenstellung

[0009] Die Aufgabe der Erfindung ist es ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes zum Beeinflussen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses zu schaffen, das bzw. die ein präzises Ermitteln des Korrekturwertes ermöglicht und so ein präzises Steuern einer Brennkraftmaschine ermöglicht.

[0010] Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

[0011] Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes zum Beeinflussen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in einem jeweiligen Zylinder einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern. Den Zylindern sind Einspritzventile zugeordnet, die Kraftstoff zumessen. Eine Abgassonde ist in einem Abgastrakt angeordnet. Ihr Messsignal ist charakteristisch für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder. Zu einem vorgegebenen Abtast-Kurbelwellenwinkel, bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens des jeweiligen Zylinders wird das Messsignal erfasst und dem jeweiligen Zylinder zugeordnet. Mittels jeweils eines Reglers wird ein Reglerwert zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder erfassten Messsignal ermittelt.

[0012] Bei einem Erfülltsein vorgegebener erster Bedingungen, die einen vorgegebenen ersten Temperaturbereich einer Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für eine Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, wird ein erster Adaptionwert abhängig von dem Reglerwert

ermittelt.

[0013] Bei einem Erfülltsein vorgegebener zweiter Bedingungen, die einen vorgegebenen zweiten Temperaturbereich der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, wird ein zweiter Adaptionwert abhängig von dem Reglerwert ermittelt. Der Korrekturwert zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder wird abhängig von dem ersten und/oder zweiten Adaptionwert abhängig von der Temperatur ermittelt, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils. Die ersten und zweiten Temperaturbereiche haben bevorzugt keinen gemeinsamen Überlappungsbereich. Die Temperatur kann beispielsweise eine Einspritzventiltemperatur sein oder auch eine Kühlmitteltemperatur sein.

[0014] Erfindungsgemäß kann so der für den jeweiligen Zylinder gültige Korrekturwert sehr präzise ermittelt werden, was insbesondere dann besonders vorteilhaft ist, wenn Einspritzcharakteristiken der unterschiedlichen Einspritzventile sich abhängig von der Temperatur des jeweiligen Einspritzventils ändern. Dies ist insbesondere im Zusammenhang mit Einspritzventilen mit Piezo-Aktuatoren relevant.

[0015] Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist ein oberer Temperaturgrenzwert des ersten Temperaturbereichs kleiner als ein Katalysator-Start-Temperaturwert der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, wobei der Katalysator-Start-Temperaturwert charakteristisch ist für eine temperaturbezogene Betriebsbereitschaft des Abgaskatalysators. Der Katalysator-Start-Temperaturwert der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, ist somit repräsentativ für die Betriebsbereitschaft des Abgaskatalysators erreicht wird.

[0016] Dies hat den Vorteil, dass insbesondere in einem kalten Betrieb der Brennkraftmaschine ein separater, erster, Adaptionwert ermittelt wird und so im Falle des Einsatzes des Korrekturwertes zum Steuern der Brennkraftmaschine bereits zu einem sehr frühen Zeitpunkt bezogen auf den Start der Brennkraftmaschine eine sehr genaue zylinderindividuelle Einstellung des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in den jeweiligen Zylindern möglich ist. Dies kann sich so besonders vorteilhaft auf von der Brennkraftmaschine im kalten Betrieb erzeugte Schadstoffemissionen auswirken und so stark zur Senkung der Emissionen beitragen, da bei noch kaltem Betrieb der Brennkraftmaschine noch keine oder nur eine unwesentliche Konvertierung der Schadstoffe durch den Abgaskatalysator der Brennkraftmaschine erfolgen kann.

[0017] Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird der Korrekturwert durch vorgegebenes Wichten des ersten und zweiten Adaptionwertes ermittelt, wenn die Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, zwischen den ersten und zweiten Temperaturbereichen liegt. Auf diese Weise kann mit nur wenigen Adaptionswerten, wie dem ersten und zweiten Adaptionwert, bei geeigneter Vorgabe der Wichtung der Korrekturwert auch sehr präzise zwischen dem ersten und zweiten Temperaturbereich ermittelt werden.

[0018] In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird bei einem Erfülltsein vorgegebener dritter oder weiterer Bedingungen, die einen vorgegebenen dritten oder weiteren Temperaturbereiche der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils, ein dritter oder weitere Adaptionswerte abhängig von dem Reglerwert ermittelt. Der Korrekturwert zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder wird dann abhängig von den dritten und/oder weiteren Adaptionswerten abhängig von der Temperatur ermittelt, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils. Auf diese Weise kann gegebenenfalls ein noch präziseres Ermitteln des Korrekturwertes erfolgen.

[0019] In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn ein oberer Temperaturgrenzwert des dritten oder weiterer Temperaturbereiche kleiner ist als der Katalysator-Start-Temperaturwert der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils. Auf diese Weise können insbesondere beim Einsatz des Korrekturwertes zum Steuern einer Brennkraftmaschine die Schadstoffemissionen sehr deutlich verringert werden.

Ausführungsbeispiel

[0020] Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

[0021] [Fig. 1](#) eine Brennkraftmaschine mit einer Steuervorrichtung,

[0022] [Fig. 2](#) ein Blockschaltbild der Steuervorrichtung,

[0023] [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) Ablaufdiagramme von Programmen, die in der Steuervorrichtung abgearbeitet werden, und

[0024] [Fig. 5](#) einen temperaturabhängigen Verlauf erster und zweiter Wichtungswerte.

[0025] Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figurenübergreifend mit den gleichen Be-

zugszeichen gekennzeichnet.

[0026] Eine Brennkraftmaschine ([Fig. 1](#)) umfasst einen Ansaugtrakt **1**, einen Motorblock **2**, einen Zylinderkopf **3** und einen Abgastrakt **4**. Der Ansaugtrakt **1** umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe **5**, ferner einen Sammler **6** und ein Saugrohr **7**, das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock **2** geführt ist. Der Motorblock **2** umfasst ferner eine Kurbelwelle **8**, welche über eine Pleuelstange **10** mit dem Kolben **11** des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

[0027] Der Zylinderkopf **3** umfasst einen Ventiltrieb mit einem Gaseinlassventil **12** und einem Gasauslassventil **13**. Der Zylinderkopf **3** umfasst ferner ein Einspritzventil **18** und eine Zündkerze **19**. Alternativ kann das Einspritzventil **18** auch in dem Saugrohr **7** angeordnet sein.

[0028] In dem Abgastrakt **4** ist ein Abgaskatalysator angeordnet, der als Dreiwegekatalysator **21** ausgebildet ist. Ferner ist in dem Abgastrakt ein weiterer Abgaskatalysator bevorzugt angeordnet, der als NOx-Katalysator **23** ausgebildet ist.

[0029] Eine Steuervorrichtung **25** ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Wert der Messgröße ermitteln. Die Steuervorrichtung **25** ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden. Die Steuervorrichtung **25** kann auch als Vorrichtung zum Steuern der Brennkraftmaschine oder als Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes bezeichnet werden.

[0030] Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber **26**, welcher eine Fahrpedalstellung eines Fahrpedals **27** erfasst, ein Luftmassensensor **28**, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe **5** erfasst, ein erster Temperatursensor **32**, welcher eine Ansauglufttemperatur erfasst, ein Saugrohrdrucksensor **34**, welcher einen Saugrohrdruck in dem Sammler **6** erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor **36**, welcher einen Kurbelwellenwinkel erfasst, dem dann eine Drehzahl N zugeordnet wird. Ferner ist ein zweiter Temperatursensor **38** vorgesehen, welcher eine Kühlmitteltemperatur TCO erfasst. Darüber hinaus kann in dem Einspritzventil **18** ein weiterer Temperatursensor angeordnet sein, der die Einspritzventiltemperatur erfasst. Falls das Einspritzventil **18** einen Piezo-Aktuator umfasst, so kann dieser den weiteren Temperatursensor bilden.

[0031] Ferner ist eine erste Abgassonde **42** vorgesehen, die stromaufwärts des Dreiwegekatalysators **21** angeordnet ist und die einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst und deren Messsignal MS1 cha-

rakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Brennraum des Zylinders Z1 und stromaufwärts ersten Abgassonde vor der Oxidation des Kraftstoffs, im folgenden bezeichnet als das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in den Zylindern Z1-Z4. Ferner ist eine zweite Abgassonde **43** vorgesehen, die stromabwärts des Dreiwegekatalysators **21** angeordnet ist und die einen Restsauerstoffgehalt des Abgases erfasst und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Brennraum des Zylinders Z1 und stromaufwärts der zweiten Abgassonde **43** vor der Oxidation des Kraftstoffs, im folgenden bezeichnet als das Luft/Kraftstoff-Verhältnis stromabwärts des Abgaskatalysators.

[0032] Die erste Abgassonde **42** ist bevorzugt eine lineare Lambdasonde. Die zweite Abgassonde **43** ist eine binäre Lambdasonde. Sie kann jedoch auch eine lineare Lambdasonde sein.

[0033] Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

[0034] Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe **5**, die Gaseinlass- und Gasauslassventile **12**, **13**, das Einspritzventil **18** oder die Zündkerze **19**.

[0035] Neben dem Zylinder Z1 sind auch noch weitere Zylinder Z2 bis Z4 vorgesehen, denen dann auch entsprechende Stellglieder und ggf. Sensoren zugeordnet sind.

[0036] Anhand des Blockschaltbilds der [Fig. 2](#) sind für die Erfindung relevante Blöcke der Steuervorrichtung **25** dargestellt.

[0037] Ein Block B1 entspricht der Brennkraftmaschine. Einem Block B2 wird das von der Abgassonde **42** abgegebene Messsignal MS1 zugeleitet. Zu jeweils ermittelten Abtast-Kurbelwellenwinkeln CRK_SAMP bezogen auf eine Bezugsposition des jeweiligen Kolbens **11** des jeweiligen Zylinders Z1-Z4 erfolgt dann in dem Block B2 eine Zuordnung des in diesem Zeitpunkt aktuellen Messsignals MS1 der ersten Abgassonde **42** zu dem jeweiligen zylinderindividuell erfassten Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_I[Z1-Z4]. Die Bezugsposition des jeweiligen Kolbens **11** ist bevorzugt sein oberer Totpunkt.

[0038] In einem Block B3 wird ein mittleres Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_MW durch Mitteln des zylinderindividuell erfassten Luft/Kraftstoff-Verhältnisses LAM_I[Z1-Z4] ermittelt. Ferner wird in dem Block B3 eine zylinderindividuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnis-Abweichung D_LAM_I[Z1-Z4] ermittelt. Diese wird dann einem Block B4 zugeführt. Der Block B4 umfasst einen Regler, dessen Ausgangsgröße ein Reglerwert RW[Z1-Z4] ist zum Beeinflussen des

Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder Z1-Z4. Der Regler umfasst einen Integralanteil, er kann jedoch auch eine so genannten I²-Anteil oder Proportionalanteil umfassen. Der Regler des Blocks B4 kann auch als zylinderindividueller Lambdaregler bezeichnet werden.

[0039] Ein Block B5 ist ausgebildet zum Ermitteln eines ersten, zweiten oder weiterer Adaptionswerte AD1[Z1-Z4], AD2[Z1-Z4], ADX[Z1-Z4] und zwar abhängig von einer Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils **18**. Bevorzugt wird als Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils **18**, die Einspritzventiltemperatur TE dem Block B5 zugeführt. Alternativ kann beispielsweise auch zu diesem Zweck dem Block B5 die Kühlmitteltemperatur TCO zugeführt sein. Bevorzugt umfasst der Block B5 ein Programm, welches weiter unten anhand der [Fig. 3](#) näher erläutert ist.

[0040] Ein Block B6 ist dazu ausgebildet, einen Korrekturwert LAM_FAC_I[Z1-Z4] zu ermitteln und zwar abhängig von dem ersten, zweiten oder weiteren Adaptionswert AD1[Z1-Z4], AD2[Z1-Z4], ADX[Z1-Z4], der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils **18** und gegebenenfalls des Reglerwertes RW[Z1-Z4]. Der Block B6 umfasst bevorzugt ein Programm, das weiter unten anhand der [Fig. 4](#) näher erläutert ist.

[0041] In einem Block B8 ist ein Lambdaregler vorgesehen, dessen Führungsgröße ein für alle Zylinder Z1-Z4 der Brennkraftmaschine vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_SP ist und dessen Regelgröße das mittlere Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_MW ist. Die Stellgröße des Lambdareglers ist ein Lambdaregelfaktor LAM_FAC_ALL. Der Lambdaregler hat somit die Aufgabe, dass betrachtet über alle Zylinder der Brennkraftmaschine, das vorgegebene Luft/Kraftstoff-Verhältnis eingestellt wird.

[0042] Alternativ kann dies auch dadurch erreicht werden, dass in dem Block B3 die zylinderindividuelle Luft/Kraftstoff-Verhältnisabweichung D_LAM_I aus der Differenz des für alle Zylinder Z1-Z4 der Brennkraftmaschine vorgegebene Luft/Kraftstoff-Verhältnisses und des zylinderindividuellen Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_I[Z1-Z4] ermittelt wird. In diesem Fall kann dann der Block B8 entfallen.

[0043] In einem Block B9 wird eine zuzumessende Kraftstoffmasse MFF abhängig von einem Luftmassenstrom MAF in den jeweiligen Zylinder Z1-Z4 und gegebenenfalls der Drehzahl N und dem für alle Zylinder der Brennkraftmaschine vorgegebenen Luft/Kraftstoff-Verhältnis LAM_SP ermittelt.

[0044] In der Multiplizierstelle M1 wird eine korrigierte zuzumessende Kraftstoffmasse MFF_COR durch

Multiplizieren der zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF, des Lambdaregelfaktors LAM_FAC_ALL und des Korrekturwertes LAM_FA_I[Z1-Z4] ermittelt. Abhängig von der korrigierten zuzumessenden Kraftstoffmasse MFF COR wird dann ein Stellsignal erzeugt, mit dem das jeweilige Einspritzventil **18** angesteuert wird.

[0045] Neben der in dem Blockschaltbild der [Fig. 4](#) dargestellten Reglerstruktur sind für jeden weiteren Zylinder Z1-Z4 entsprechende Reglerstrukturen B_Z2 bis B_Z4 für die jeweiligen weiteren Zylinder Z2 bis Z4 vorgesehen.

[0046] Ein Programm für den Block B5 wird in einem Schritt S1 (siehe [Fig. 3](#)) gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden können.

[0047] In einem Schritt S2 wird geprüft, ob als Betriebszustand BZ der Brennkraftmaschine ein quasi stationärer Betriebszustand ST vorliegt. Der quasi stationäre Betriebszustand ST kann beispielsweise dann vorliegen, wenn die Drehzahl N lediglich vorgegebenen geringen Schwankungen unterliegt, wobei in diesem Zusammenhang entscheidend ist, dass jeweilige Abgaspakete, hervorgerufen durch die Verbrennung des Luft/Kraftstoff-Gemisches in den jeweiligen Zylindern Z1-Z4, anhand des Messsignals MS der ersten Abgassonde **42** mit ausreichender Genauigkeit dem jeweiligen Zylinder Z1-Z4 zugeordnet werden können.

[0048] Ist die Bedingung des Schrittes S2 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in einem Schritt S4 fortgesetzt, in dem das Programm für eine vorgebbare Wartezeitdauer TW verharrt oder auch für einen vorgegebenen Kurbelwellenwinkelbereich verharrt, bevor die Bearbeitung erneut in dem Schritt S2 fortgesetzt wird.

[0049] Ist die Bedingung des Schrittes S2 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S6 geprüft, ob die Einspritzventiltemperatur TE in einem ersten Temperaturbereich TB1 liegt. Der erste Temperaturbereich TB1 ist so vorgegeben, dass sein oberer Temperaturgrenzwert kleiner ist als ein Katalysator-Start-Temperaturwert der Einspritzventiltemperatur. Ist die Bedingung des Schrittes S6 erfüllt, so wird in einem Schritt S8 der erste Adaptionwert AD1[Z1-Z4] abhängig von dem aktuellen Reglerwert RW[Z1] ermittelt. Dies kann beispielsweise mit der in dem Schritt S8 angegebenen Berechnungsvorschrift erfolgen, wobei e einen Erneuerungsfaktor bezeichnet, der bevorzugt betragsmäßig kleiner 1 ist.

[0050] Ist die Bedingung des Schrittes S6 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S10 geprüft, ob die aktuelle Einspritzventiltemperatur TE innerhalb eines zweiten Temperaturbereichs TB2 liegt. Ein unterer Temperaturgrenzwert des zweiten Temperatur-

bereichs TB2 ist bevorzugt so vorgegebenen, dass er größer ist als der Katalysator-Start-Temperaturwert. Besonders einfach kann der zweite Temperaturbereich den gesamten Temperaturbereich der möglichen Betriebstemperaturen umfassen, der größer ist als der untere Temperaturgrenzwert.

[0051] Ist die Bedingung des Schrittes S10 erfüllt, so wird in einem Schritt S12 der zweite Adaptionwert AD2[Z1] abhängig von dem aktuellen Reglerwert RW[Z1] ermittelt. Dies erfolgt beispielsweise entsprechend der Vorgehensweise des Schrittes S8. Anschließend wird die Bearbeitung in dem Schritt S4 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schrittes S10 nicht erfüllt, so kann entweder die Bearbeitung in dem Schritt S4 fortgesetzt werden oder es kann ein zusätzlicher Schritt S14 vorgesehen sein, in dem geprüft wird, ob die aktuelle Einspritzventiltemperatur TE innerhalb eines weiteren Temperaturbereichs liegt. Ist die Bedingung des Schrittes S14 dann nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S4 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schrittes S14 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S16 den weiteren Adaptionswerten ADX[Z1] der aktuelle Reglerwert RW[Z1] entsprechend der Vorgehensweise des Schrittes S8 zugeordnet.

[0052] Ein Programm für den Block B6 wird in einem Schritt S20 ([Fig. 4](#)) gestartet, in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden können.

[0053] In einem Schritt S22 wird geprüft, ob die aktuelle Einspritzventiltemperatur TE in dem ersten Temperaturbereich TB1 liegt. Ist dies der Fall, so wird einem Adaptionwert AD[Z1-Z4] der erste Adaptionwert AD[Z1] zugeordnet in einem Schritt S24. Ist die Bedingung des Schrittes S22 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S26 geprüft, ob die Einspritzventiltemperatur TE in dem zweiten Temperaturbereich TB2 liegt. Ist dies der Fall, so wird in einem Schritt S28 dem Adaptionwert AD[Z1] der zweite Adaptionwert AD2[Z1] zugeordnet.

[0054] Ist die Bedingung des Schrittes S26 hingegen nicht erfüllt, so wird in einem Schritt S30 dem Adaptionwert AD[Z1] die Summe eines ersten und zweiten Terms zugeordnet, wobei der erste Term das Produkt eines ersten Wichtungswertes W1 und ersten Adaptionwertes AD1[Z1] ist und der zweite Term das Produkt des zweiten Wichtungswertes W2 und des zweiten Adaptionwertes AD2[Z1] ist. In diesem Fall ist vorausgesetzt, dass bei einem Nicht-Erfülltein der Bedingung des Schrittes S26 die Einspritzventiltemperatur TE außerhalb sowohl des ersten und des zweiten Temperaturbereichs TB1, TB2, aber zwischen den ersten und zweiten Temperaturbereichen TB1, TB2 liegt. Die ersten und zweiten Wichtungswerte w1, w2 sind bevorzugt abhängig von der jeweiligen Temperatur vorgegeben, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils,

also zum Beispiel die Einspritzventiltemperatur TE oder, wie es anhand der [Fig. 5](#) dargestellt ist, der Kühlmitteltemperatur TCO. In diesem Fall ist dann in den Schritten S6, S10, S14, S22 und S26 die Einspritzventiltemperatur TE durch die Kühlmitteltemperatur TCO ersetzt.

[0055] In einem Schritt S32 wird anschließend der Korrekturwert LAM_FAC_I[Z1] ermittelt. Dies erfolgt abhängig von dem Adaptionwert AD[Z1] und bevorzugt auch abhängig von dem Reglerwert RW[Z1]. Beispielsweise kann jedoch sehr zeitnah zu einem Start der Brennkraftmaschine, bei dem die Abgassonde **42** noch nicht betriebsbereit ist, die Berechnung in dem Schritt S32 unabhängig von dem Reglerwert RW[Z1] erfolgen. Beispielsweise können in dem Schritt S22 der Adaptionwert AD[Z1] und der Reglerwert RW[Z1] addiert werden. In einem Schritt S34 verharrt das Programm anschließend für die gegebene Wartezeitdauer T_W oder dem vorgegebenen Kurbelwellenwinkel.

[0056] Durch die Blöcke B5 und B6 kann so zum einen das Einhalten von strengen Emissionsgrenzwerten insbesondere im Kaltstart gewährleistet werden. Darüber hinaus kann jedoch auch eine Verbesserung im Fahrverhalten der Brennkraftmaschine im kalten Motorbetriebszustand erreicht werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln eines Korrekturwertes (LAM_FAC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen eines Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in einem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern (Z1-Z4), den Zylindern (Z1-Z4) zugeordneten Einspritzventilen (**18**), die Kraftstoff zumessen, und einer Abgassonde (**42**), die in einem Abgasstrakt (**4**) angeordnet ist und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4), bei dem

- zu einem vorgegebenen Abtast-Kurbelwellenwinkel (CRK_SAMP) bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens (**11**) des jeweiligen Zylinders (Z1-Z4) das Messsignal erfasst wird und dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) zugeordnet wird,
- mittels jeweils eines Reglers ein Reglerwert zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) erfassten Messsignal (MS) ermittelt wird,
- bei einem Erfülltsein vorgegebener erster Bedingungen, die einen vorgegebenen ersten Temperaturbereich (TB1) einer Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für eine Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, ein erster Adaptionwert (AD1[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) ermittelt wird und
- bei einem Erfülltsein vorgegebener zweiter Bedin-

gungen, die einen vorgegebenen zweiten Temperaturbereich (TB2) der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, ein zweiter Adaptionwert (AD2[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) ermittelt wird und

- der Korrekturwert (LRM_FAC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem ersten und/oder zweiten Adaptionwert (AD1[Z1-Z4], AD2[Z1-Z4]) abhängig von der Temperatur ermittelt wird, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**).

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem ein oberer Temperaturgrenzwert des ersten Temperaturbereichs (TW1) kleiner ist als ein Katalysator-Start-Temperaturwert der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), wobei der Katalysator-Start-Temperaturwert charakteristisch ist für eine temperaturbezogene Betriebsbereitschaft des Abgaskatalysators.

3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Korrekturwert (LAM_FAC_I[Z1-Z4]) durch vorgegebenes Wichten des ersten und zweiten Adaptionwertes (AD1[Z1-Z4], AD2[Z1-Z4]) ermittelt wird, wenn die Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), zwischen den ersten und zweiten Temperaturbereichen (TW1, TW2) liegt.

4. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem bei einem Erfülltsein vorgegebener dritter oder weiterer Bedingungen, die einen vorgegebenen dritten beziehungsweise weiteren Temperaturbereich der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), ein dritter oder weiterer Adaptionwert (ADX[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) ermittelt werden und

- der Korrekturwert (LAM_FAC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem dritten und/oder weiteren Adaptionwerten (ADX[Z1-Z4]) abhängig von der Temperatur ermittelt wird, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**).

5. Verfahren nach Anspruch 4, bei dem ein oberer Temperaturgrenzwert des dritten oder weiteren Temperaturbereichs kleiner ist als der Katalysator-Start-Temperaturwert der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**).

6. Vorrichtung zum Ermitteln eines Korrekturwertes (LAM_FRC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen eines

Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in einem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) einer Brennkraftmaschine mit mehreren Zylindern (Z1-Z4), den Zylindern (Z1-Z4) zugeordneten Einspritzventilen (**18**), die Kraftstoff zumessen, und einer Abgassonde (**42**), die in einem Abgasstrakt (**4**) angeordnet ist und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4), wobei die Vorrichtung ausgebildet ist zum

- Erfassen des Messsignals zu einem vorgegebenen Abtast-Kurbelwellenwinkel (CRK_SAMP) bezogen auf eine Bezugsposition des Kolbens (**11**) des jeweiligen Zylinders (Z1-Z4) und Zuordnen zu dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4),
- Ermitteln eines Reglerwertes mittels jeweils eines Reglers zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem für den jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) erfassten Messsignal (MS),
- Ermitteln bei einem Erfülltsein vorgegebener erster Bedingungen, die einen vorgegebenen ersten Temperaturbereich (TB1) einer Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für eine Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, eines ersten Adaptionwertes (AD1[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) und
- Ermitteln bei einem Erfülltsein vorgegebener zweiter Bedingungen, die einen vorgegebenen zweiten Temperaturbereich (TB2) der Temperatur einschließen, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**), und die einschließen, dass ein quasi stationärer Betriebszustand (ST) vorliegt, eines zweiten Adaptionwertes (AD2[Z1-Z4]) abhängig von dem Reglerwert (RW[Z1-Z4]) und
- Ermitteln des Korrekturwertes (LAM_FAC_I[Z1-Z4]) zum Beeinflussen des Luft/Kraftstoff-Verhältnisses in dem jeweiligen Zylinder (Z1-Z4) abhängig von dem ersten und/oder zweiten Adaptionwert (AD1[Z1-Z4], AD2[Z1-Z4]) abhängig von der Temperatur, die repräsentativ ist für die Temperatur des jeweiligen Einspritzventils (**18**).

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

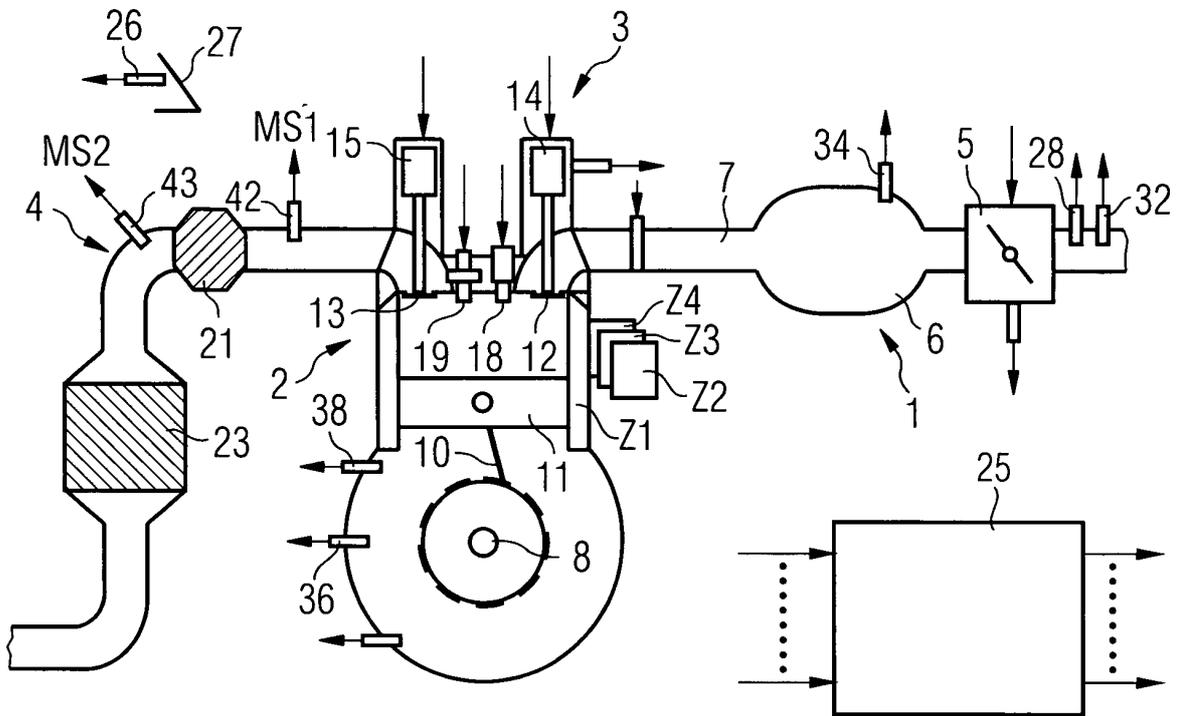


FIG 5

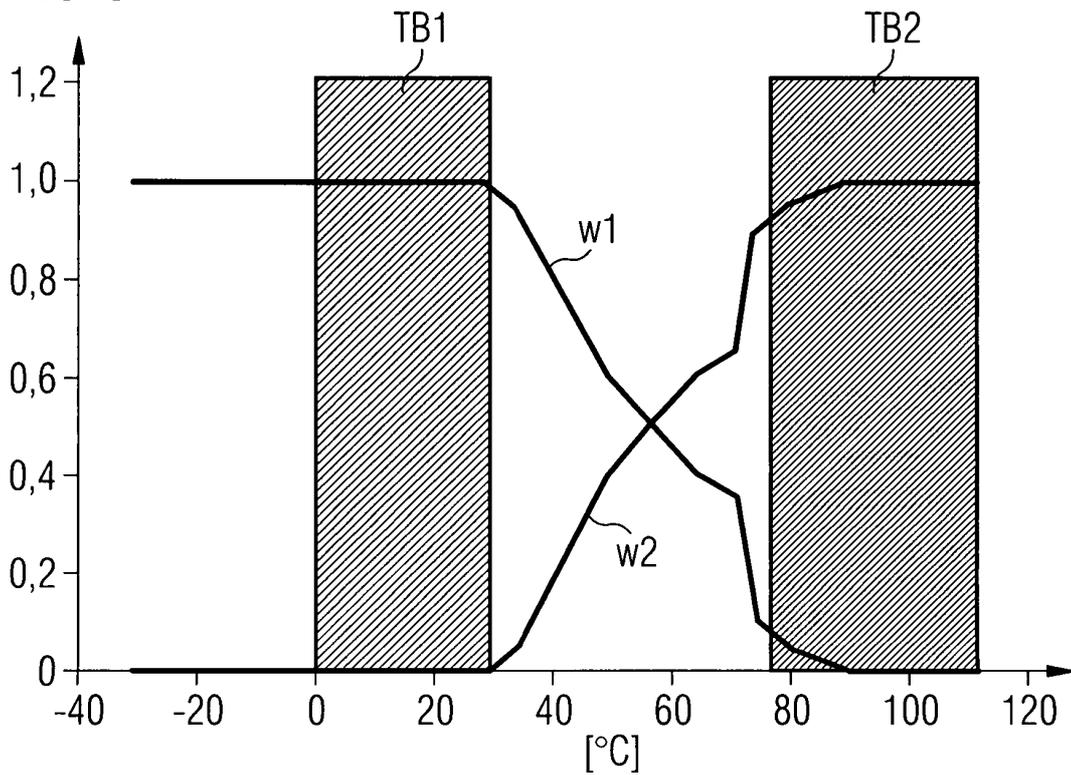


FIG 2

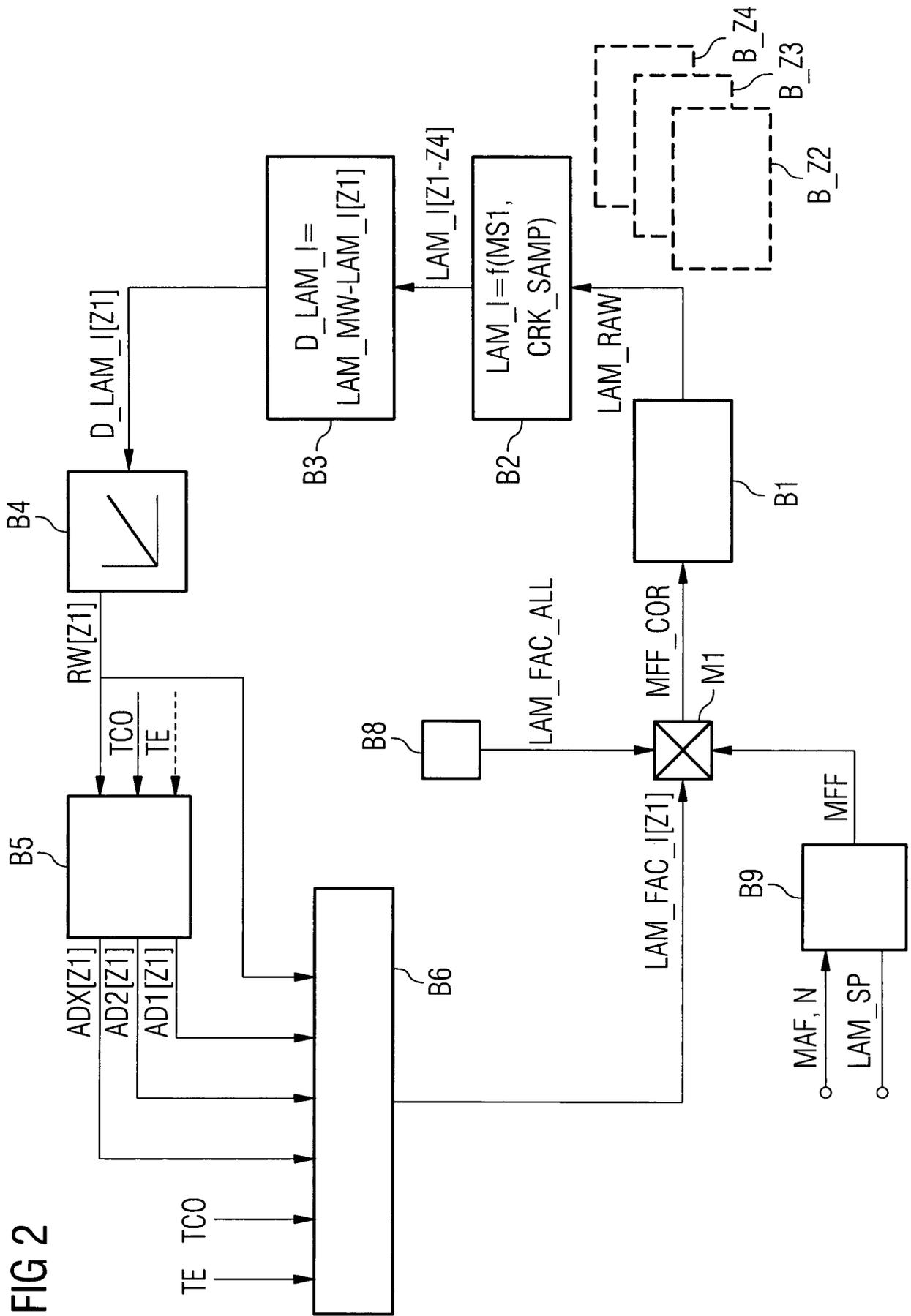


FIG 3

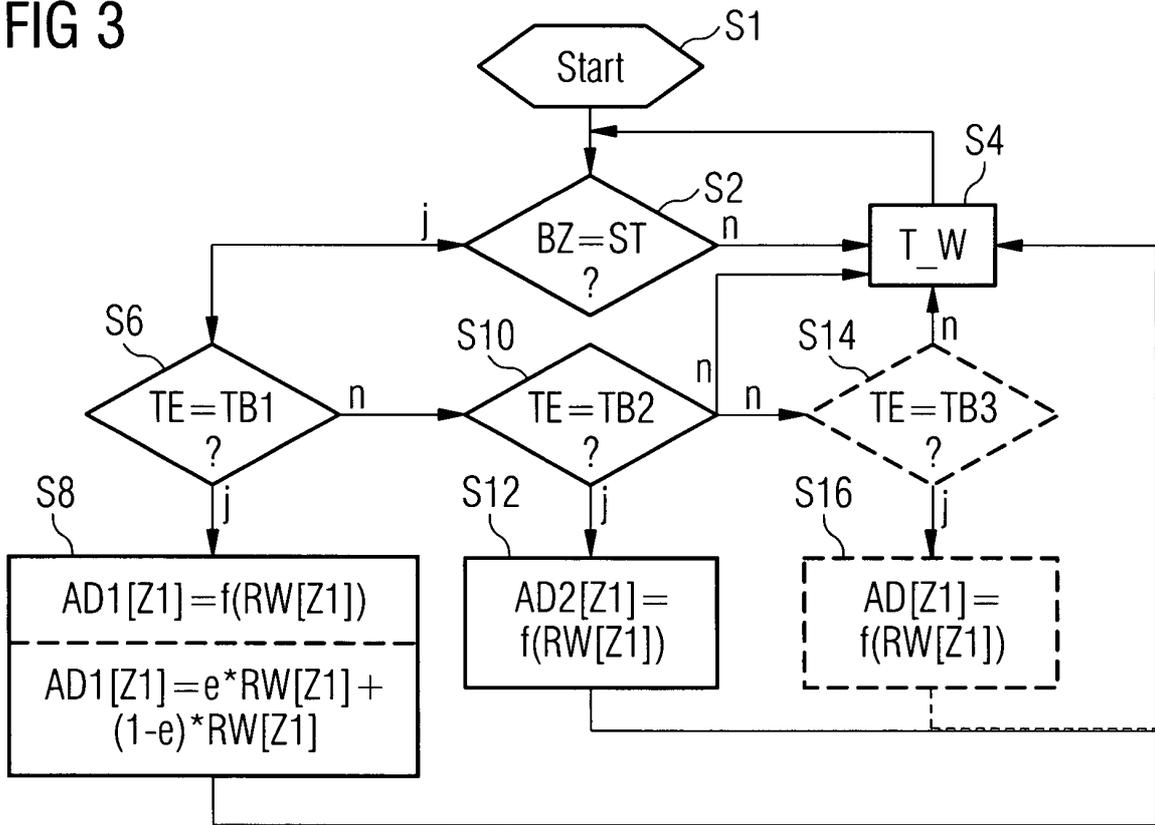


FIG 4

