



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 100 23 790 B4** 2010.03.25

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **100 23 790.8**
(22) Anmeldetag: **15.05.2000**
(43) Offenlegungstag: **06.12.2001**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **25.03.2010**

(51) Int Cl.⁸: **F02D 21/08** (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. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:
Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

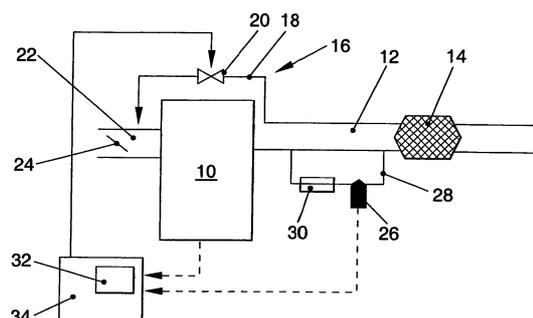
(72) Erfinder:
Pott, Ekkehard, 38518 Gifhorn, DE

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 199 13 949 A1

(54) Bezeichnung: **Abgasrückführungsvorrichtung und Verfahren zu ihrer Steuerung**

(57) Hauptanspruch: Verfahren zur Steuerung einer Abgasrückführungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, wobei mit einer veränderbaren Abgasrückführrate ein Teil eines Abgasstromes einem der Verbrennungskraftmaschine zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisch zugemischt wird, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schwefelgehalt eines Abgases der Verbrennungskraftmaschine (10) ermittelt und die Abgasrückführrate in Abhängigkeit von dem Schwefelgehalt des Abgases oder einer von dem Schwefelgehalt abgeleiteten Größe gesteuert wird.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Abgasrückführungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, sowie ein Verfahren zur Steuerung der Abgasrückführungsvorrichtung nach den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 7.

[0002] Die Durchführung einer Abgasrückführung (AGR) ist als ein äußerst effektives Mittel bekannt, um eine Emission von Stickoxiden NO_x von Verbrennungskraftmaschinen zu reduzieren. Dabei wird ein variabler Anteil eines Abgasstromes entnommen und einem der Verbrennungskraftmaschine zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisch zugemischt. Durch diese Maßnahme kann eine Verbrennungstemperatur und damit die der Verbrennungstemperatur proportionale NO_x -Bildung abgesenkt werden. In Dieselmotoren jedoch nimmt mit einer zunehmenden Abgasrückführungsrate die Rußbildung während der Verbrennung und hiermit die Partikelemission zu. Aus diesem Grund ist bei Dieselmotoren die maximale AGR-Rate wesentlich durch die Partikelemission beschränkt.

[0003] Da die Partikelemission nicht direkt messbar ist, wird sie zur Festlegung einer oberen AGR-Rate anhand von theoretischen Modellen berechnet. Die unvermeidlichen Ungenauigkeiten, die mit einer Modellierung der Partikelemission einhergehen, führen dazu, dass entweder eine zu hohe AGR-Rate eingeregelt wird, wodurch hohe Partikelemissionen verursacht werden, oder aber die AGR-Rate zu niedrig gewählt wird, so dass zwar die Partikelemission verhältnismäßig gering ist, die NO_x -Emission aber nicht optimal reduziert wird.

[0004] Eine derart arbeitende Steuerungsvorrichtung zur Abgasreinigung für Brennkraftmaschinen ist aus der DE 199 13 949 A1 bekannt. Diese Steuervorrichtung weist eine Schwefelkomponenten-Berechnungseinrichtung, die die Menge der Schwefelkomponenten im Abgas berechnet oder schätzt, und eine Betriebsart-Änderungseinrichtung auf, die das Luft-/Kraftstoffverhältnis der Brennkraftmaschine anhand des erfassten Wertes bezüglich der Schwefelkomponenten ändert. Durch die beschriebene Berechnung bzw. Schätzung bestehen die unvermeidlichen Ungenauigkeiten.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Verfügung zu stellen, mit denen eine Abgasrückführungsrate mit einer höheren Genauigkeit in Abhängigkeit von der Partikelemission gesteuert werden kann.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Verfahren und eine Vorrichtung mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, einen Schwefelgehalt eines Abgases zu ermit-

teln und die Abgasrückführungsrate in Abhängigkeit von dem Schwefelgehalt oder einer von dem Schwefelgehalt abgeleiteten Größe zu steuern. Es ist nämlich bekannt, dass Schwefel, der während des Verbrennungsprozesses praktisch vollständig zu Schwefeldioxid SO_2 umgesetzt wird, sich am Ruß in Form von Sulfat anlagert und damit wesentlich zur emittierten Partikelmasse beiträgt. Indem der Schwefelgehalt des Abgases bei der Steuerung der Abgasrückführungsrate berücksichtigt wird, wird die Korrelation zwischen der Höhe der Abgasrückführungsrate und der tatsächlichen Partikelemission entscheidend verbessert. Im Ergebnis kann eine NO_x -Emission wirkungsvoller reduziert werden.

[0007] Nach einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens wird in Abhängigkeit von dem ermittelten Schwefelgehalt des Abgases und Betriebsparametern der Verbrennungskraftmaschine die Partikelemission berechnet und die AGR-Rate in Abhängigkeit von der berechneten Partikelemission durchgeführt.

[0008] Prinzipiell ist es möglich, den aktuellen Schwefelgehalt des Abgases für jeden Betriebspunkt der Verbrennungskraftmaschine anhand theoretischer Modelle zu berechnen. Da hierbei jedoch von einem festen Schwefelgehalt des Kraftstoffes ausgegangen werden muss, dieser in der Praxis jedoch erheblich variiert, ist die Modellierung des Schwefelgehaltes des Abgases zwangsweise ungenau. Es ist daher bevorzugt vorgesehen, den Schwefelgehalt des Abgases aus einem Signal zu ermitteln, das von mindestens einer in einem Abgastrakt der Verbrennungskraftmaschine angeordneten, für mindestens eine schwefelhaltige Abgaskomponente empfindlichen Messeinrichtung bereitgestellt wird. Dabei ist die von der Messeinrichtung detektierte schwefelhaltige Komponente vorzugsweise Schwefeldioxid SO_2 . Nach einer abweichenden vorteilhaften Ausgestaltung ist die mindestens eine schwefelempfindliche Messeinrichtung in einem Kraftstoffsystem der Verbrennungskraftmaschine angeordnet. In diesem Fall wird der Schwefelgehalt des Abgases aus dem Signal dieser Messeinrichtung und in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine ermittelt.

[0009] Die erfindungsgemäße Abgasrückführungsvorrichtung sieht vor, dass wenigstens eine für mindestens eine schwefelhaltige Komponente empfindliche Messeinrichtung in einem Abgastrakt und/oder in einem Kraftstoffsystem der Verbrennungskraftmaschine angeordnet ist und ferner die Abgasrückführungsrate in Abhängigkeit eines von der schwefelempfindlichen Messeinrichtung bereitgestellten oder eines von diesem abgeleiteten Signals steuerbar ist.

[0010] Als Sensorelement der mindestens einen schwefelempfindlichen Messeinrichtung lassen sich

elektrochemische Zellen einsetzen, bei denen eine elektromotorische Kraft in Abhängigkeit einer Schwefelkonzentration in der Umgebung einer Messelektrode erfasst wird, oder Widerstandszellen, bei denen ein von der Schwefelkonzentration abhängiger Widerstand eines Sensorelementes beziehungsweise eine Leitfähigkeit gemessen wird. Derartige Sensorelemente sind beispielsweise aus der DE 31 122 18 beziehungsweise der EP 0 700 517 B1 bekannt.

[0011] Die Anordnung der Messeinrichtung im Kraftstoffsystem, beispielsweise im Kraftstofftank oder in einem Kraftstoffvorlauf oder -rücklauf eines Kraftstofffördersystems, kann für Messeinrichtungen sinnvoll sein, die der aggressiven und heißen Abgasatmosphäre nicht standhalten. Aus dem gleichen Grunde kann die Anordnung der Messeinrichtung in einem mit einer Kühlvorrichtung ausgestatteten Bypass des Abgastraktes zweckmäßig sein. Benötigt die Messeinrichtung andererseits eine gewisse Mindestarbeitstemperatur, ist ihre Anordnung in einem aufheizbaren Bypass des Kraftstoffsystems sinnvoll.

[0012] Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den übrigen, in den Unteransprüchen genannten Merkmalen.

[0013] Die Erfindung wird nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der zugehörigen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

[0014] [Fig. 1](#) schematisch eine Anordnung einer erfindungsgemäßen Abgasrückführungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine und

[0015] [Fig. 2](#) ein Ablaufdiagramm des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Steuerung der Vorrichtung.

[0016] Der in [Fig. 1](#) gezeigten Verbrennungskraftmaschine **10** ist ein Abgastrakt **12** mit einem hierin angeordneten Katalysator **14** zugeordnet. Eine Abgasrückführungsvorrichtung **16** umfasst eine Abgasrückführleitung **18** mit einem in dieser angeordneten Abgasrückführventil **20**. Die Abgasrückführungsvorrichtung **16** entnimmt dem Abgastrakt einen Teil eines von der Verbrennungskraftmaschine **10** kommenden Abgasstroms und speist ihn in einen Ansaugstutzen **22** ein, wo er mit der hier angesaugten Frischluft der Verbrennungskraftmaschine **10** wieder zugeführt wird. Die Stärke des Frischluftstroms wird durch eine Stellung einer Drosselklappe **24** bestimmt. Die Abgasrückführrate, das heißt der Anteil des zurückgeführten Abgases an dem Gesamtvolumen der der Verbrennungskraftmaschine **10** insgesamt zugeführten Luft, wird durch die Stellung des Rückführventils **20** gesteuert. Die in diesem Beispiel dargestellte Abgasrückführungsvorrichtung **16** entspricht einer äußeren Abgasrückführung. Sie kann jedoch ebenso als eine sogenannte innere Abgasrückführung ausgeführt sein, bei der durch entspre-

chende Ventilüberschneidungen ein Teil des Abgases im Verbrennungsraum gehalten wird. Erfindungsgemäß ist im Abgastrakt **12** stromabwärts der Rückführleitung **18** eine schwefelempfindliche Messeinrichtung **26** angeordnet, welche vorzugsweise ein SO₂-Sensor ist. In der dargestellten Ausführung befindet sich die Messeinrichtung **26** in einem Bypass **28** des Abgastraktes **12**, wo ihr eine Kühlvorrichtung **30** vorgeschaltet ist, um das mit dem Sensor in Kontakt kommende Abgas auf eine geeignete Temperatur zu bringen. Auf diese Weise kann ein empfindlicher Sensor vor thermischer Schädigung geschützt werden. Die schwefelempfindliche Messeinrichtung **26** übermittelt ein dem Schwefelgehalt des Abgases proportionales Signal an eine Steuereinheit **32**, die in ein Motorsteuergerät **34** integriert ist. Hier wird das Signal digitalisiert und anhand einer abgespeicherten Kennlinie der Messeinrichtung **26** der Schwefelgehalt des Abgases bestimmt. Neben dem Signal der Messeinrichtung **26** finden verschiedene Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine wie Luft-Kraftstoff-Verhältnis, Volumen- oder Massenstrom der Kraftstoffzufuhr, Motordrehzahl, Motorlast und/oder Fahrzeuggeschwindigkeit Eingang in die Steuereinheit **32**. In Abhängigkeit des Schwefelgehaltes des Abgases und der Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine **10** steuert die Steuereinheit **32** das Abgasrückführventil **20** an, um eine vorgegebene Abgasrückführrate einzustellen. Dies wird im Folgenden genauer erläutert.

[0017] [Fig. 2](#) zeigt einen beispielhaften Ablauf eines Algorithmus, mit welchem die Steuereinheit **32** die Abgasrückführrate in Abhängigkeit vom Schwefelgehalt des Abgases bestimmt. In dem ersten Schritt **100** wird das von der schwefelempfindlichen Messeinrichtung **26** kommende Signal eingelesen. Im folgenden Schritt **102** ermittelt die Steuereinheit **32** anhand einer abgespeicherten Kennlinie der Messeinrichtung **26** (rechts dargestellt) den Schwefelgehalt CS des Abgases. Anschließend werden in Schritt **104** verschiedene Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine **10**, beispielsweise das Luft-Kraftstoff-Gemisch A/F, die Fahrzeuggeschwindigkeit v und/oder die Drehzahl n eingelesen. Nachfolgend wird in Schritt **106** die aktuelle Partikelemission PART berechnet. In diese Rechnung geht einerseits der in Schritt **102** berechnete Schwefelgehalt CS zur Bestimmung des Sulfatanteils sowie andererseits die in Schritt **104** eingelesenen Betriebsparameter zur Ermittlung des Rußanteils ein. In Schritt **108** wird eine erste Abfrage durchgeführt, bei welcher geprüft wird, ob die berechnete Partikelemission PART einem vorgegebenen Schwellenwert SW für die Partikelemission innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches entspricht. Wird diese Abfrage bejaht, geht das Verfahren zu Schritt **110** über, in welchem die neue Abgasrückführrate AGR gleich der bisherigen gesetzt wird. In diesem Fall wird die Abgasrückführung also mit gleichbleibender Abgasrückführrate fortgeführt.

Wird die Abfrage **108** verneint, wird in einer weiteren Abfrage **112** überprüft, ob die aktuelle Partikelemission PART unter der Schwelle SW liegt. Ist dieses der Fall, wird in Schritt **114** die Abgasrückführrate AGR um ein vorgegebenes Inkrement X erhöht, um die NO_x-Emission zu reduzieren. Übersteigt dagegen die Partikelemission den Schwellenwert SW, wird in Schritt **116** die Abgasrückführrate AGR um das Inkrement X reduziert, um die Partikelemission abzusenken. Nach den Schritten **110**, **114** oder **116** geht das Verfahren jeweils an den Ausgangspunkt zu Schritt **100** zurück und wird mit einer vorgegebenen Frequenz wiederholt. In Abweichung an das gezeigte Verfahren kann statt der Verwendung eines festen Inkrementes X auch eine variable Änderung der Abgasrückführrate berechnet werden, die für eine Einhaltung einer bestimmten Partikelemission erforderlich ist. Insgesamt ermöglicht das Verfahren, die NO_x-Emission ständig auf dem niedrigst möglichen Niveau zu halten, ohne eine zulässige Partikelemission zu überschreiten.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Steuerung einer Abgasrückführungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, wobei mit einer veränderbaren Abgasrückführrate ein Teil eines Abgasstromes einem der Verbrennungskraftmaschine zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisch zugemischt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass ein Schwefelgehalt eines Abgases der Verbrennungskraftmaschine (**10**) ermittelt und die Abgasrückführrate in Abhängigkeit von dem Schwefelgehalt des Abgases oder einer von dem Schwefelgehalt abgeleiteten Größe gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass in Abhängigkeit von dem Schwefelgehalt des Abgases und Betriebsparametern der Verbrennungskraftmaschine (**10**) eine Partikelemission berechnet wird und die Steuerung der Abgasrückführrate in Abhängigkeit von der Partikelemission erfolgt.
3. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwefelgehalt des Abgases aus einem Signal ermittelt wird, das von mindestens einer in einem Abgastrakt der Verbrennungskraftmaschine (**10**) angeordneten, für mindestens eine schwefelhaltige Komponente empfindlichen Messeinrichtung (**26**) bereitgestellt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die schwefelhaltige Komponente Schwefeldioxid SO₂ ist.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwefelgehalt des Abgases aus einem Signal, das von mindestens einer in einem Kraftstoffsystem der Verbrennungskraftmaschine (**10**) angeordneten schwefelempfindlichen Messeinrichtung (**26**) bereitgestellt wird, und in Abhängigkeit von mindestens einem Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (**10**) ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der mindestens eine Betriebsparameter der Verbrennungskraftmaschine (**10**) ein zugeführtes Luft-Kraftstoff-Verhältnis, ein Volumen- oder Massenstrom einer Kraftstoffzufuhr, eine Motordrehzahl, eine Motorlast und/oder eine Fahrzeuggeschwindigkeit umfasst.
7. Abgasrückführungsvorrichtung einer Verbrennungskraftmaschine, insbesondere einer Dieselmotorkraftmaschine, mit einer Steuereinheit zur Steuerung einer Abgasrückführrate, mit welcher ein Teil eines Abgasstromes einem der Verbrennungskraftmaschine zuzuführenden Luft-Kraftstoff-Gemisch zugemischt wird, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens eine für mindestens eine schwefelhaltige Komponente empfindliche Messeinrichtung (**26**) in einem Abgastrakt (**12**) und/oder in einem Kraftstoffsystem der Verbrennungskraftmaschine (**10**) angeordnet ist und die Abgasrückführrate in Abhängigkeit eines von der schwefelempfindlichen Messeinrichtung (**26**) bereitgestellten oder eines von diesem abgeleiteten Signals steuerbar ist.
8. Abgasrückführungsvorrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine schwefelempfindliche Messeinrichtung (**26**) eine elektrochemische Zelle oder eine Widerstandszelle als Sensorelement umfasst.
9. Abgasrückführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine schwefelempfindliche Messeinrichtung (**26**) ein SO₂-Sensor ist.
10. Abgasrückführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die mindestens eine schwefelempfindliche Messeinrichtung (**26**) in einem Bypass (**28**) des Abgastraktes (**12**) oder des Kraftstoffsystems angeordnet ist.
11. Abgasrückführungsvorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass dem Bypass (**28**) eine Thermostatisierungsvorrichtung zugeordnet ist.
12. Abgasrückführungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Steuereinheit (**32**) in ein Motorsteuergerät (**34**) integriert ist.
13. Abgasrückführungsvorrichtung nach einem

der Ansprüche 7 bis 12, dadurch gekennzeichnet,
dass die Abgasrückführungsvorrichtung als eine äußere oder innere Abgasrückführung ausgestaltet ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

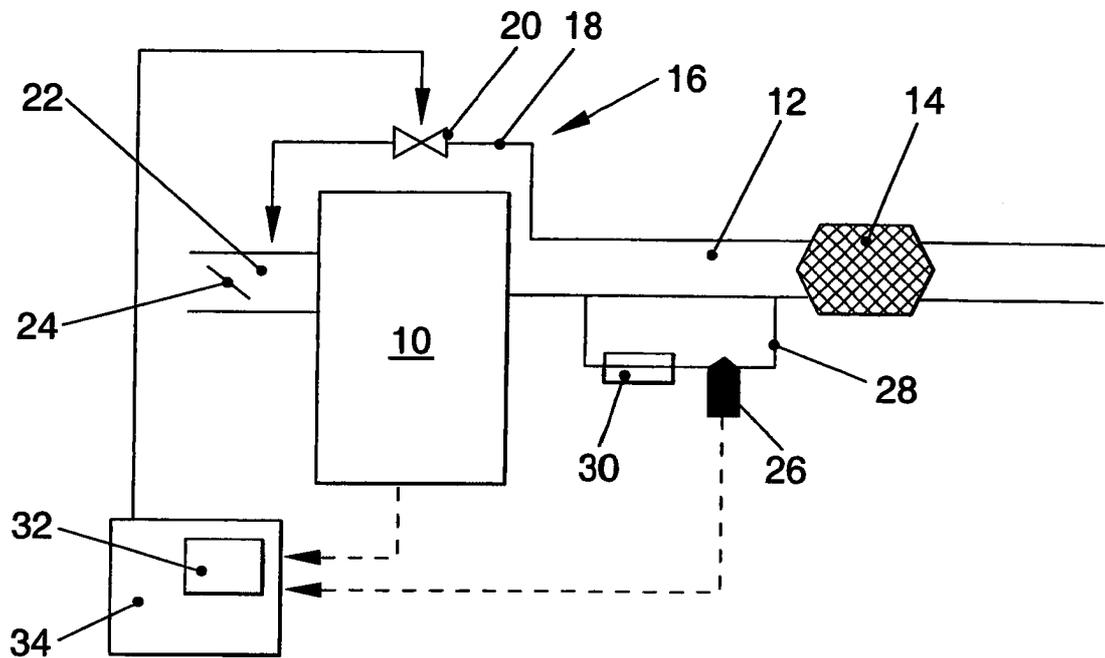


FIG. 1

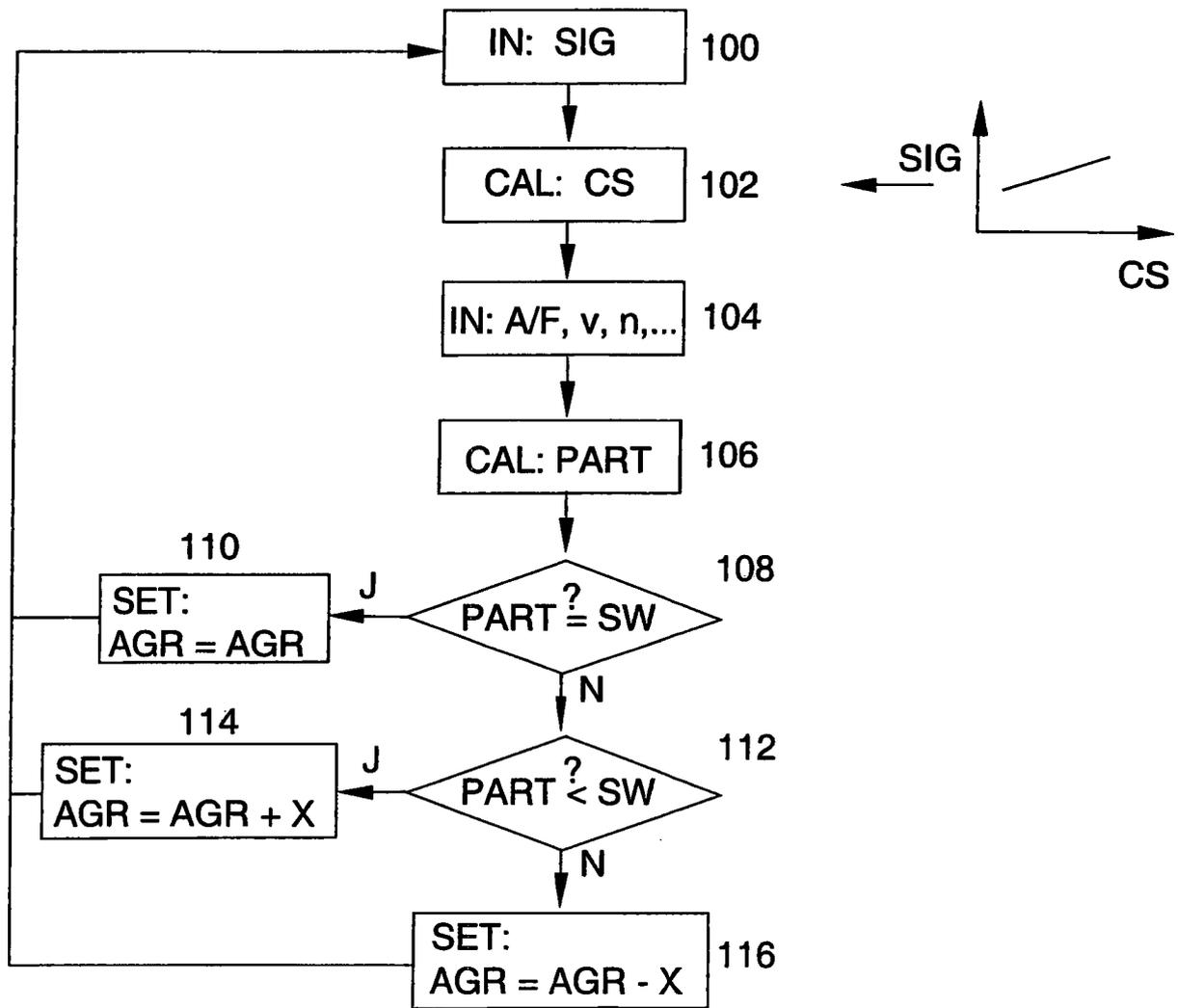


FIG. 2