



⑫ **EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
04.03.92 Patentblatt 92/10

⑤① Int. Cl.⁵ : **F02D 41/38, F02D 41/14**

②① Anmeldenummer : **89111045.4**

②② Anmeldetag : **19.06.89**

⑤④ **Regelsystem für eine Brennkraftmaschine.**

③⑩ Priorität : **01.07.88 DE 3822245**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
10.01.90 Patentblatt 90/02

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
04.03.92 Patentblatt 92/10

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 175 596
DE-A- 3 303 617
GB-A- 2 111 255
US-A- 4 572 132
SAE-paper 800167

⑦③ Patentinhaber : **ROBERT BOSCH GmbH**
Postfach 30 02 20
W-7000 Stuttgart 30 (DE)

⑦② Erfinder : **Möller, Heinz, Ing.**
Rastatter Strasse 30
W-7000 Stuttgart 31 (DE)
Erfinder : **Wahl, Josef, Dipl.-Ing.**
Schlossbergstrasse 4 A
W-7000 Stuttgart 80 (DE)
Erfinder : **Eisele, Hermann, Dipl.-Ing. (FH)**
Trollinger Strasse 20
W-7000 Stuttgart 61 (DE)
Erfinder : **Löwl, Wolfgang, Dipl.-Ing. (FH)**
Gartenstrasse 34
W-7142 Marbach (DE)
Erfinder : **Ebinger, Bernhard, Dipl.-Ing.**
Kernerplatz 5
W-7000 Stuttgart 1 (DE)
Erfinder : **Bechtold, Günter, Dr. Dipl.-Phys.**
Sommerhaldenstrasse 36 A
W-7000 Stuttgart 1 (DE)
Erfinder : **Niethammer, Rolf, Dipl.-Ing. (FH)**
Bertastrasse 35
W-7000 Stuttgart 30 (DE)
Erfinder : **Diehl, Udo, Dipl.-Ing. (FH)**
Pforzheimer Strasse 8/1
W-7145 Hardt und Schönbühlhof (DE)

EP 0 349 811 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Stand der Technik

5 Die Erfindung betrifft ein Regelsystem für eine selbstzündende Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 vergleiche GB-A-2 111 255. Ein weiteres System zur Regelung von Betriebsparametern einer Brennkraftmaschine ist aus dem SAE-Paper 800167 "Electronic Control of Diesel Passenger Cars bekannt. Dort wird ein Regelsystem für eine selbstzündende Brennkraftmaschine beschrieben. Dieses enthält Sensoren für Betriebskenngrößen, ein elektronisches Steuergerät und ein Stellglied für die der Brennkraftmaschine zuzumessende Kraftstoffmenge. Dabei berechnet das Steuergerät abhängig von verschiedenen Betriebskenngrößen die der Brennkraftmaschine zuzumessende Kraftstoffmenge. Des weiteren ist aus der DE-OS 33 03 617 ein Regelsystem zur Regelung von Betriebsparametern einer selbstzündenden Brennkraftmaschine beschrieben. Dabei wird abhängig von der Differenz zwischen einem Sollwert der Abgastemperatur und einem vom Betriebszustand der Brennkraftmaschine abhängigen Istwert ein mengenbestimmendes Einstellorgan angesteuert. Ferner ist aus der DE-OS-31 49 095 eine Einrichtung bekannt, die abhängig von verschiedenen Betriebskenngrößen die einzuspritzende Kraftstoffmenge bestimmt. Dabei wird das Kraftstoffmengensignal abhängig von einem Abgastemperatursignal auf einen höchstzulässigen Wert begrenzt.

20 Bei diesen Verfahren können keinerlei Störeinflüsse, die die Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine beeinflussen, korrigiert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, bei einem Regelsystem für eine selbstzündende Brennkraftmaschine der eingangs genannten Art, schädliche Störeinflüsse zu korrigieren.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmale gelöst.

25 Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Regelsystem mit den Merkmalen des Anspruchs 1 hat den Vorteil, daß mittels eines Korrekturverfahrens die Abgastemperatur aus der gemessenen Abgastemperatur gewonnen wird. In das Korrekturverfahren gehen dabei verschiedene Betriebskenngrößen ein, die durch Störeinflüsse beeinflusst werden. Dadurch ist es möglich, äußere und innere Störeinflüsse auszuregeln.

30 Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

Zeichnung

35 Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird in den Zeichnungen dargestellt und im Beschreibungsteil näher erläutert. Es zeigen Figur 1 schematisch das Prinzip der Kraftstoffmassenregelung einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, Figur 2 ein Schaubild zur Verdeutlichung der Korrektur des Zeitverhaltens der gemessenen Abgastemperatur, Figur 3 eine detaillierte Darstellung der stationären Meßwertverarbeitung, Figur 4 eine detaillierte Darstellung der dynamischen Abgastemperaturkorrektur, Figur 5 zeigt mögliche Realisierungen des Reglers 56.

Beschreibung des Ausführungsbeispiels

45 Das Ausführungsbeispiel betrifft ein elektronisches Regelsystem für die pro Hub einzuspritzende Kraftstoffmenge einer selbstzündenden Brennkraftmaschine. Einem an sich bekannten Kraftstoffmassenregler 12 werden Signale abhängig von der Fahrpedalstellung FP und von verschiedenen Betriebskenngrößen y zugeführt. Dieser Kraftstoffmassenregler 12 erzeugt einen Kraftstoffmassengrundwert ME. Dieser wird zum einen der Meßdatenerfassung und Normierung 25 und zum anderen dem Korrekturglied 14 zugeführt. Mit dem Ausgangssignal MEA des Korrekturglieds wird ein mengenbestimmendes Stellglied 15 der Brennkraftmaschine 16, auf die verschiedene äußere und innere Störeinflüsse 18 einwirken, beaufschlagt. Von Sensoren erzeugte Signale von Betriebskenngrößen wie Motortemperatur TM, Abgaskrümmertemperatur TAK, Drehzahl n, gemessene Abgastemperatur TA und weitere Betriebskenngrößen x, wie z.B. die Ansauglufttemperatur, gelangen zur Meßdatenerfassung und Normierung 25, von wo sie zu einem Abgastemperaturkorrekturglied 30 weitergeleitet werden. Zwei Ausgangssignale der Meßdatenerfassung und Normierung gelangen zu einem Kennfeld 50. Die Ausgangssignale des Abgastemperaturkorrekturglieds 30 und des Kennfeldes 50 werden über einen Vergleicher 54 zum Regler 56 weitergeleitet. Der Regler 56 erhält ein weiteres Signal direkt von der Meßdatenerfassung und Normierung 25. Die Ausgangssignale des Reglers 56 gelangen zum Korrektur-

glied 14.

Die in Figur 1 dargestellte Regelung funktioniert nun wie folgt: Der Kraftstoffmassenregler 12 berechnet in Abhängigkeit von der Fahrpedalstellung, die den Fahrgeschwindigkeitswunsch des Fahrers widerspiegelt und weiteren Betriebskenngrößen den Kraftstoffmassengrundwert ME. Dieses Signal ME wird zum einen zu der Meßdatenerfassung und Normierung 25 und zum anderen zu dem Korrekturglied 14 weitergeleitet. Das Korrekturglied berechnet mittels Anpaßgrößen AF1 und AF2, die von dem Regler 56 geliefert werden, ein Signal MEA zur Ansteuerung des Stellglieds 15. Dieses Signal wird dem mengenbestimmenden Stellglied 15 der Brennkraftmaschine zugeführt. Das Stellglied mißt der Brennkraftmaschine 16 die dem Ausgangssignal des Korrekturglieds 14 entsprechende Kraftstoffmasse zu. Auf die Brennkraftmaschine wirken verschiedene äußere und innere Störeinflüsse 18 wie Luftdruck, Alterung und weitere Einflüsse ein. Verschiedene Betriebskenngrößen wie Motortemperatur, Abgaskrümmertemperatur, gemessene Abgastemperatur, Motordrehzahl und weitere Größen werden durch Sensoren ermittelt und von der Meßdatenerfassung und Normierung 25 erfaßt und aufgearbeitet. Die von Meßdatenerfassung und Normierung 25 erfaßten Daten werden so aufgearbeitet, daß sie von einem elektronischen System weiterverarbeitet werden können. Die normierten Meßdaten werden zu dem Abgastemperaturkorrekturglied 30 weitergeleitet. Dieses Abgastemperaturkorrekturglied 30 berechnet aus der gemessenen Abgastemperatur TA die korrigierte Abgastemperatur TA' in Abhängigkeit der übrigen erfaßten Betriebskenngrößen der Brennkraftmaschine. Diese korrigierte Abgastemperatur dient als Istgröße und wird mit der Sollgröße der Abgastemperatur verglichen. Die Sollgröße wird einem Kennfeld 50 entnommen, das den Sollzusammenhang zwischen Sollabgastemperatur und verschiedenen Betriebskenngrößen, insbesondere der einzuspritzenden Kraftstoffmasse ME und der Motordrehzahl n, enthält. Ein solches Sollkennfeld kann, unter Verwendung definierter Umgebungs- und Betriebsbedingungen, durch Motor-Prüfstandsversuche repräsentativ für einen bestimmten Motortyp festgelegt werden.

Die Regelabweichung, die man durch den Vergleich von Ist- und Sollabgastemperatur erhält, wird dem Regler 56 zugeführt. Abhängig von der Regelabweichung und dem aktuellen Lastbereich, werden durch den Regler 56 additiv bzw. multiplikativ wirkende Anpaßgrößen erzeugt. In diesem Ausführungsbeispiel wirken zwei Größen. Eine Anpassungsgröße AF1 wird im unteren Lastbereich ermittelt und wirkt im gesamten Lastbereich additiv. Sie soll vorzugsweise den Einfluß von Alterungs- und Drifterscheinungen des Einspritzsystems ausgleichen. Die andere Anpaßgröße AF2 wird im oberen Lastbereich ermittelt und wirkt im gesamten Lastbereich multiplikativ. Sie soll vorwiegend äußere Einflüsse, wie Luftdruck und Lufttemperatur, ausgleichen. Das Korrekturglied 14 bestimmt in Abhängigkeit von dem vom Regler 12 berechneten Kraftstoffmassengrundwert ME und den Anpaßgrößen die angepaßte einzuspritzende Kraftstoffmasse MEA, nach folgender Formel:

$$MEA = AF2 * ME + AF1 \quad (1)$$

Werden nicht in jedem Zeitraum und jedem Betriebszustand Anpassungsgrößen erzeugt, so werden die Anpaßgrößen zur Steuerung der einzuspritzenden Kraftstoffmasse pro Hub verwendet, die vor diesem Zeitraum ermittelt wurden. Die Anpassungsgrößen werden vorzugsweise so von dem Regler 56 gespeichert, daß sie auch nach dem Ausschalten des Fahrzeuges zur Verfügung stehen. Auf diese Weise stehen die zuletzt ermittelten Anpassungsgrößen bei erneutem Einschalten sofort wieder zur Verfügung.

Figur 2 dient zur Verdeutlichung des Abgaskorrekturverfahrens. Das Diagramm zeigt den Temperaturverlauf verschiedener Temperatursensoren und der wahren Abgastemperatur bei plötzlicher positiver Laständerung. In der Skizze sind die Einbauorte des Abgastemperatursensors 37 und des Abgaskrümmertemperatursensors 38 im Abgaskrümmter 40 eingezeichnet. Die Abgastemperatur TA' folgt der Laständerung unverzüglich. Die im Abgasstrom gemessene Abgastemperatur TA folgt der Laständerung nur mit einer Verzögerung. Die Abgaskrümmertemperatur TAK ist nach positivem Lastsprung kleiner als die gemessene Abgastemperatur. Aus der Differenz zwischen gemessener Abgastemperatur TA und der Abgaskrümmertemperatur TAK wird die Abgastemperatur TA' berechnet. Der Korrekturfaktor F ist abhängig von Last und Drehzahl der Brennkraftmaschine. Er wird experimentiell ermittelt. Die Berechnung der Abgastemperatur TA' erfolgt mit folgender Formel:

$$TA' = TA + F * (TA - TAK) \quad (2)$$

Diese Formel gilt sowohl für die gemessenen Größen als auch die gemittelten Größen (TAM, TAKM)

Figur 3 zeigt eine spezielle Ausführung des Abgastemperaturkorrekturgliedes 30. Die Eingangssignale wie gemessene Abgastemperatur TA, Drehzahl n, Kraftstoffmassengrundwert ME, Abgaskrümmertemperatur TAK und der Motortemperatur TM gelangen direkt zur Mittelwertbildung 33. Das Drehzahlsignal und ein Signal über die einzuspritzende Kraftstoffmasse ME werden der Regelbereichsuche 31 zugeführt. Das Ausgangssignal der Regelbereichsuche, die gemessene Abgastemperatur TA und eventual weitere Größen wie die Zeit dienen als Eingangssignal für die Meßfenstersuche 32. Deren Ausgangssignale gelangen direkt zur Mittelwertbildung 33. Ein Teil der Ausgangssignale der Mittelwertbildung gelangt zum ersten Korrekturglied 34. Dessen Ausgangssignal und die restlichen Ausgangssignale der Mittelwertbildung werden einem zweiten Korrekturglied 36 zugeführt. Dessen Ausgangssignal dient als Ausgangssignal des Abgastemperaturkorrekturgliedes 30.

Das Abgastemperaturkorrekturglied 30 hat folgende Funktion. Als Eingangssignale des Korrekturgliedes dienen alle Ausgangssignale der Meßdatenerfassung und Normierung 25. Die Regelbereichsuche 31 wählt einen durch untere und obere Drehzahl- und Lastgrenzen vorgegebenen Regelbereich aus. Die obere Drehzahlgrenze und, oder die obere Lastgrenze kann auch entfallen. Nur innerhalb dieser Grenzwerte (Regelbereich) wird die Brennkraftmaschine geregelt, außerhalb des Regelbereichs wird sie gesteuert, die Reglerstellgröße bleibt auch bei ausgeschaltetem Regler erhalten.

Die Meßfenstersuche 32 sucht im Verlauf der gemessenen Abgastemperatur TA nach einem Meßfenster mit quasistationärem Zustand im Sekundenbereich. Die Bildung eines Meßfensters erfolgt erst, wenn die Motortemperatur einen bestimmten Schwellwert übersteigt, und die Drehzahl und die Last innerhalb festgelegter Grenzwerte dem Regelbereich liegen. Dadurch kann die Aktivierung der Abgastemperaturregelung bei ungünstigen Betriebsbedingungen verhindert werden. Es wird ein Bereich ausgewählt in dem die Abgastemperatur einen quasistationären Zustand besitzt.

Zur Meßfenstersuche wird ein bestimmter Zeitraum vorgegeben und überprüft ob in diesem Zeitraum die Abgastemperatur vorgegebene Grenzen überschreitet. Werden die Grenzen nicht überschritten, so spricht man von einem Meßfenster mit quasistationärem Zustand des Meßsignals. Das Meßfenster ist durch den vorgegebenen Zeitraum (Länge des Meßfensters) und durch den in diesem Zeitraum überstrichenen Temperaturbereich (Höhe des Meßfensters) definiert.

Es ist aber auch möglich einen bestimmten Temperaturbereich für die Bildung des Meßfensters vorzugeben und die Zeit zu erfassen, während der die Abgastemperatur in dem bestimmten Bereich liegt. Auch in diesem Fall ist das Meßfenster durch den Temperaturbereich und den Zeitraum, in dem die Temperatur innerhalb des gewählten Temperaturbereichs liegt, definiert.

Besonders vorteilhaft ist es, die Meßfenster in verschiedene Klassen einzuteilen. Die Einteilung der Klassen erfolgt anhand verschiedener Kriterien. Dies sind die Länge, Fläche oder die Höhe des Meßfensters b.z.w. die Steigung des Abgastemperaturverlaufs oder die Anzahl der im Abgastemperaturverlauf auftretenden Wendepunkte. Meßfenster der gleichen Klassen können die gleiche zeitliche Länge bei unterschiedlicher Höhe, die gleiche Höhe bei unterschiedlicher Länge oder bei gleicher Fläche unterschiedliche Längen bei entsprechend unterschiedlichen Höhen haben.

Die Verwendbarkeit des Meßfensters kann zusätzlich von dessen Vorgeschichte, z.B. dem Verlauf der Abgastemperatur oder weiterer erfaßter Betriebskenngrößen, abhängig gemacht werden. Ist ein verwendbares Meßfenster gefunden, werden von den für die Regelung benötigten Signalen, wie z. B. Drehzahl, Kraftstoffmassengrundwert Abgaskrümmertemperatur, der Motortemperatur und eventuel weiterer Größen, in der Mittelwertbildung 33 die arithmetischen Mittelwerte gebildet. Zur Mittelwertbildung können alle innerhalb der Meßfenstergrenzen erfaßten Meßdaten verwendet werden, oder es findet nur ein Teil der Daten Verwendung.

Aus der gemittelten gemessenen Abgastemperatur TAM, der mittleren Drehzahl nM, dem mittleren Kraftstoffmassengrundwerts MEM und der mittleren Abgaskrümmertempertur TAKM errechnet das erste Korrekturglied 34 die Abgastemperatur TA'. Dieses Korrekturglied beinhaltet die Korrektur des Zeitverhaltens der gemessenen Abgastemperatur. Mit Hilfe des Korrekturfaktors F und der Temperaturdifferenz zwischen mittlerer Abgastemperatur TAM und der mittleren Abgaskrümmertemperatur TAKM wird mittels der Formel 2 die Abgastemperatur TA' errechnet. Der Korrekturfaktor F ist last- und drehzahlabhängig. Er wird empirisch ermittelt und bei Bedarf an Langzeitänderungen der selbstzündenden Brennkraftmaschine angeglichen.

Das Korrekturglied 42 in Figur 4 hat dieselbe Aufgabe wie das Korrekturglied 34 in Figur 3. Aus gemessener Abgastemperatur TA, Drehzahl n, Kraftstoffmassengrundwert ME und Abgaskrümmertemperatur TAK berechnet das Korrekturglied 42 die Abgastemperatur TA'. Die Berechnung erfolgt kontinuierlich über eine Modellrückführung, so daß auch die Regelung kontinuierlich erfolgen kann. Es folgt keine Mittelwertbildung der Meßgrößen.

Im zweiten Korrekturglied 36 wird durch Berücksichtigung der mittleren Motortemperatur TMM die Anpassung an den aktuellen Betriebszustand des Motors vorgenommen. Es können auch weitere Größen wie die Ansauglufttemperatur berücksichtigt werden. Das zweite Korrekturglied 36 liefert die korrigierte Abgastemperatur TA''.

Figur 4 zeigt eine weitere mögliche Ausgestaltung des Abgastemperaturkorrekturgliedes 30. Alle Ausgangssignale der Meßdatenerfassung und Normierung 25 dienen als Eingangssignale des Abgastemperaturkorrekturgliedes. Vier Eingangssignale werden dem ersten Korrekturglied 42 zugeleitet. Das zweite Korrekturglied 44 wird mit dem Ausgangssignal des ersten Korrekturglieds und den übrigen Eingangssignalen beaufschlagt. Es erfüllt die gleiche Funktion wie das Korrekturglied 36 der Figur 3. Das Ausgangssignal des zweiten Korrekturgliedes 44 dient gleichzeitig auch als Ausgangssignal des Abgastemperaturkorrekturgliedes 30. Die Korrektur erfolgt abhängig von der Klasse des gefundenen Meßfensters. Die Regelparameter werden abhängig von der Klasse des Meßfensters gewählt.

Den Gleichungen liegt folgendes Modell zugrunde:

Der Abgaskrümmer tauscht mit dem Abgas Wärmeenergie us. Auf der anderen Seite gibt er Wärmeenergie an die Umgebung ab. Der Abgaskrümmer ändert seine Temperatur mit der Zeitkonstanten zkr, die von der Drehzahl und der Last abhängt. Die Abgastemperatur TABG am Einbauort des Thermoelements ist im eingeschwungenen Zustand niedriger als die Abgastemperatur TA' am Auslaßventil, da ein Teil der Wärmeenergie über den Abgaskrümmer an die Umgebung abfließt. Diesen Anteil beschreibt der Faktor kkr. Dadurch, daß das Abgas mit dem Abgaskrümmer Wärmeenergie austauscht, erreicht die Abgastemperatur am Einbauort des Temperaturssensors nicht sofort nach einer Laständerung ihren Stationärwert, sondern einen Wert, der durch den Faktor x bestimmt wird. Der Faktor (1 - x) bezeichnet den Abgastemperaturanteil, der zum stationären Wert fehlt. Dieser Wert ist dann erreicht, wenn der Wärmeenergiezufluß vom Abgas zum Abgaskrümmer gleich dem Abfluß vom Krümmer zur Umgebung ist (siehe Figur 2). Wenn dieses Fließgleichgewicht erreicht ist, ändert sich auch die Abgaskrümmer-temperatur nicht mehr. Die vom Temperatursensor gemessene Abgastemperatur TA wird durch die Trägheit des Sensors verzögert. Die Zeitkonstante für diese Temperaturänderung des Sensors wird mit zf bezeichnet. Das Korrekturmodell läßt sich damit durch folgende Gleichungen im Laplace-Bereich beschreiben.

$$TA = TABG / (1 + zf * s) \quad (3)$$

$$TABG = (1 - x) * TAK + x * TA' \quad (4)$$

$$TAK = kkr * TA' / (1 + zkr * s) \quad (5)$$

Die Berechnung der Abgastemperatur TA' wird in zwei Stufen durchgeführt. Zunächst wird TABG aus TA bestimmt, danach erfolgt die Berechnung von TA' aus TABG und TAK. Um ein zu großes Rauschen bei der Auswertung der Rekursionsformel für TABG zu verringern, wird das gemessene Abgastemperatursignal in der Meßdatenerfassung und Normierung 25 gefiltert. Die Rekursionsformel für TABG erhält man durch Transformation der Gleichung 3 in den Zeitbereich, und durch Einführen des rückwärtigen Differenzenquotienten. So erhält man die Rekursionsformel.

$$TABG(k) = TA(k) * (1 + zf / t) - TA(k-1) * zf / t \quad (6)$$

Aus Gleichung 4 ergibt sich:

$$TA' = (TABG - (1 - x) * TAK) / x \quad (7)$$

In jedem Rechenschritt werden die Gleichungen 6 und 7 ausgewertet. Dabei werden für jeden Rechenschritt k die Werte des vorhergehenden Rechenschritts k-1 verwendet.

Da das Modell auch die Abgaskrümmer-temperatur TAK als Zustandsgröße enthält, kann der Hardwareaufwand dadurch reduziert werden, daß man auf die Messung von TAK verzichtet. Dazu wird die Abgaskrümmer-temperatur TAK aus der gemessenen Abgastemperatur TA berechnet. Damit kann auf die Messung von TAK verzichtet und TA' allein aus TA bestimmt werden. Da bei der Rückrechnung zweimal differenziert werden muß, ist eine genaue Bestimmung der Modellparameter kkr, x, zkr und zf sowie ein möglichst glattes Meßsignal des Thermoelements notwendig. Dann kann aus den Gleichungen 3 bis 5 eine Bestimmungsgleichung 8 für TA' abgeleitet werden:

$$TA^k = (x * zkr / t * TA^{k-1} + [(1 + (zkr + zf) / t + (zkr * zf) / t^2)] * TA^k + [(zkr + zf) / t + 2 * (zkr * zf) / t^2] * TA^{k-1} + (zkr * zf) / t^2) * TA^{k-2} / (kkr - x * kkr + x + x * zkr / t) \quad (8)$$

Die Abgastemperatur TA^k ist also eine Funktion der letzten berechneten Abgastemperatur TA^{k-1} sowie der drei letzten gemessenen Abgastemperaturen TA^k, TA^{k-1} und TA^{k-2}.

Mit Hilfe der vier Parameter zkr, zf, x und kkr wird das Modell an die Motor-Fahrzeug-Kombination angepaßt. Die beiden Zeitkonstanten zkr und zf sowie der Parameter x werden aus Lastsprüngen am Prüfstand bestimmt, wobei x, wie in Figur 2 gezeigt, direkt aus der Anfangssprunghöhe bestimmt wird. Alle Parameter variieren drehzahl- und lastabhängig. Der Faktor kkr in Formel 8 wird aus den Stationärwerten von Krümmer-temperatur TAK und gemessener Abgastemperatur TA bestimmt. Im eingeschwungenen Zustand vereinfacht sich das Modell wie folgt:

$$TABG = TA = x * TA' + (1 - x) * TAK$$

Daraus ergibt sich die Bestimmungsgleichung für den Parameter kkr:

$$TA = (x / kkr + 1 - x) * TAK$$

Die kontinuierlich berechnete Abgastemperatur TA' wird im zweiten Korrekturglied 44 an die Motortemperatur TM angepaßt. Dadurch erhält man die korrigierter Abgastemperatur TA''.

Figur 5 zeigt mögliche Ausführungsbeispiele des Reglers 56. Das Ausgangssignal T des Vergleichers 54 (Figur 1) wird abhängig von einem lastabhängigen Signal ME, entweder dem Regler 71 oder dem Regler 72 zugeführt. Diese erzeugen die Anpaßgrößen AF1 oder AF2 für den entsprechenden Lastbereich. Bei großer Last, der Mittelwert des Kraftstoffmassengrundwertes MEM liegt über einer bestimmten Schwelle, bestimmt der Regler 71 abhängig von T die Anpaßgröße AF1. Bei kleiner Last, der Mittelwert des Kraftstoffmassengrundwertes liegt unterhalb der Schwelle, bestimmt der Regler 72 abhängig von T die Anpaßgröße AF2. Für den oberen und den unteren Lastbereich ist ein separater Regler vorhanden, der die für diesen Lastbereich am stärksten wirkende Anpaßgröße berechnet. Die Anpaßgrößen werden dann in allen Lastbereichen zur Berech-

nung der einzuspritzenden Kraftstoffmasse MEA verwendet.

Statt der PI-Regler 71 und 72 kann auch jeweils ein selbstanpassender Regler verwendet werden. Figur 5b zeigt einen solchen selbstanpassenden Regler. Dieser kann an die Stelle der Regler 71 oder 72 von Figur 5a treten. Der Regler 70 erzeugt eine der Anpaßgrößen die zum einen dem Verknüpfungspunkt 63 und zum anderen dem Kennfeld 61 zugeführt werden. Die Anpaßgröße wird in dem Kennfeld 61 an dem zugehörigen Betriebspunkt gewichtet abgespeichert. Die mittlere Drehzahl n_M und der mittlere Kraftstoffmassengrundwert MEM definieren diesen Betriebspunkt. Die Auswerteschaltung 60 arbeitet die Werte des Kennfeldes 61 nach einer geeigneten Strategie um und speichert die Werte ins Kennfeld 62 ab und korrigiert gleichzeitig das integrale Verhalten des PI-Reglers 70.

Die Auswerteschaltung 60 kann z.B. nach folgender Strategie arbeiten. Die Auswerteschaltung 60 wird nach einer bestimmten Anzahl von gefundenen Regelfenstern, oder einer bestimmten Anzahl von Einträgen in das Kennfeld 61 aktiviert. Es wird zuerst von allen im Kennfeld 61 gewichtet abgespeicherten Anpaßgrößen der Mittelwert gebildet.

Dieser Mittelwert bildet den neuen Integralwert des Reglers 70. Die Differenz zwischen Mittelwert und allen im Kennfeld 61 an einem bestimmten Betriebspunkt abgespeicherten Anpaßgrößen wird am gleichen Betriebspunkt im Kennfeld 62 gespeichert. Anschließend wird Kennfeld 61 gelöscht. Durch die Kraftstoffmasse ME und die Drehzahl n wird ein Betriebspunkt im Kennfeld 62 definiert. Das Kennfeld 62 liefert abhängig von Momentandrehzahl n und Last ME ein Ausgangssignal das zum Verknüpfungspunkt 63 geführt wird, und dort der jeweiligen Anpaßgröße überlagert wird.

Diese Auswertung der Abgastemperatur kann sowohl für ein als auch für mehrere Signale angewendet werden, so z.B. auch für ein oder mehrere Abgastemperatursignale pro Zylinder, oder auch für jeden Zylinder separat. Dabei können spezielle Korrekturverfahren, die den Verhältnissen der jeweiligen Einbaustelle angepaßt sind, zur Verwendung kommen.

Die Realisierung des beschriebenen Regelsystems mit diskreten Bauteilen oder mit einem Mikrocomputer stellt für den Fachmann kein Problem dar.

Der Aufgabenbereich der Regelung kann auch auf die sequentielle Beeinflussung bestimmter Zylinder ausgedehnt werden.

Patentansprüche

1. Regelsystem für eine Brennkraftmaschine mit Selbstzündung, mit Sensoren für Betriebskenngrößen, einem elektronischen Steuergerät (12,) sowie einem nachgeschalteten Stellglied (15) für die der Brennkraftmaschine (16) zuzuführende Kraftstoffmasse, wobei im Steuergerät (12) abhängig von wenigstens der Drehzahl und der Fahrpedalstellung ein Kraftstoffmassengrundwert (ME) berechnet wird, der anschließend korrigiert wird, wobei die Korrektur abhängig von einem von Betriebskenngrößen beeinflussten Abgastemperatursignal erfolgt, wobei das Abgastemperatursignal aus dem Vergleich eines korrigierten Abgastemperatursignals (TA'') mit einem Abgastemperatursollwert (TA) gewonnen wird, dadurch gekennzeichnet, daß der Abgastemperatursollwert (TA) einem Kennfeld (50) entnommen wird, das den Sollzusammenhang zwischen einzuspritzender Kraftstoffmasse (ME), resultierender Abgastemperatur (TA) und wenigstens einer weiteren Betriebskenngröße (n) enthält.

2. Regelsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein wenigstens PI-Verhalten aufweisender Regler (56) aus der durch den Vergleich entstehenden Regelabweichung, abhängig von der aktuellen Last, wenigstens eine Anpassungsgröße (AF1, AF2), mit der die einzuspritzende Kraftstoffmasse pro Hub beeinflusst wird, erzeugt.

3. Regelsystem nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine additive Anpaßgröße, mit der vorzugsweise innere Einflüsse ausgeglichen werden, im unteren Lastbereich ermittelt wird und im gesamten Lastbereich additiv wirkt.

4. Regelsystem nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß eine multiplikative Anpaßgröße, mit dem vorzugsweise äußere Einflüsse ausgeglichen werden, im oberen Lastbereich ermittelt wird und im gesamten Lastbereich multiplikativ wirkt.

5. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpaßgrößen vorzugsweise so gespeichert werden, daß sie nach dem Ausschalten des Fahrzeuges oder dem Ausfall der Spannungsversorgung ihre Information behalten, und nach der Wiederinbetriebnahme sofort wieder zur Verfügung stehen.

6. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem stationären Korrekturverfahren nach einem Regelbereich und einem Meßfenster, in dessen Verlauf die gemessene Abgastemperatur quasistationär ist, gesucht wird (Meßfenstersuche 32).

7. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß ein Meßfenster abhängig von wenigstens einer der Größen gewünschtem Zeitraum, Größe der Abgastemperatur, Verlauf der Abgastemperatur oder der Vorgeschichte der Abgastemperatur gebildet wird.

8. Regelsystem nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßfenster in verschiedene Klassen eingeteilt werden, und die Korrektur abhängig von diesen Klassen erfolgt.

9. Regelsystem nach einem der Ansprüche 6 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß von den für die Regelung benötigten Betriebskenngrößen arithmetische Mittelwerte, unter Verwendung mindestens eines Teils der innerhalb des Meßfenster erfaßten Betriebskenngrößen, gebildet werden.

10. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß in einem ersten Schritt des Korrekturverfahrens, mittels mindestens einem Korrekturfaktor, der empirisch ermittelt werden kann, eine Abgastemperatur berechnet wird, die in einem zweiten Schritt an wenigstens eine weitere aktuelle Betriebskenngröße angepaßt wird.

11. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei einem dynamischen Korrekturverfahren, die momentane vom Abgastemperatursensor gemessene Abgastemperatur mittels eines thermodynamischen Modells laufend ausgewertet wird, und die korrigierte Abgastemperatur durch Anpassen an weitere Betriebskenngrößen gewonnen wird.

12. Regelsystem nach wenigstens einem der Ansprüche 2 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Anpaßgrößen in einem Kennfeld abgespeichert werden und damit an jedem Betriebspunkt zur Verfügung stehen.

13. Regelsystem nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das integrale Verhalten des Reglers von den Anpaßgrößen abhängig ist.

Claims

25 1. Feed-back control system for an internal combustion engine with compression ignition, having sensors for operating parameters, an electronic control unit (12) and a downstream actuator (15) for the fuel mass to be fed to the internal combustion engine (16), wherein a fuel mass basic value (ME) is calculated in the control unit (12) as a function of at least the engine speed and the accelerator pedal position, this fuel mass basic value (ME) being subsequently corrected, wherein the correction takes place as a function of an exhaust gas temperature signal influenced by operating parameters, wherein the exhaust gas temperature signal is obtained from the comparison between a corrected exhaust gas temperature signal (TA") and a required exhaust gas temperature value (TA), characterised in that the required exhaust gas temperature value (TA) is taken from a characteristic diagram (50) which contains the required relationship between the fuel mass (ME) to be injected, the resulting exhaust gas temperature (TA) and at least one other operating parameter (n).

35 2. Feed-back control system according to Claim 1, characterised in that a feed-back control unit (56) having at least PI behaviour generates from the control deviation arising from the comparison, as a function of the current load, at least one adjustment parameter (AF1, AF2), by means of which the fuel mass to be injected per stroke is influenced.

40 3. Feed-back control system according to Claims 1 and 2, characterised in that an additive adjustment parameter, by means of which compensation is provided preferably for internal influences, is determined in the lower load range and acts additively over the whole load range.

4. Feed-back control system according to Claims 1 and 2, characterised in that a multiplicative adjustment parameter, by means of which compensation is provided preferably for external influences, is determined in the upper load range and acts multiplicatively over the whole load range.

45 5. Feed-back control system according to at least one of Claims 1 to 4, characterised in that the adjustment parameters are preferably stored in such a way that they retain their information after the vehicle is switched off or after the voltage supply fails, and are immediately available again when the vehicle is put into operation once more.

50 6. Feed-back control system according to at least one of Claims 1 to 5, characterised in that, in a steady-state correction method, a search is made for a control range and a measurement window in the course of which the measured exhaust gas temperature is quasi-steady-state (measurement window search 32).

7. Feed-back control system according to at least one of Claims 1 to 5, characterised in that a measurement window is formed as a function of at least one of the parameters: desired period, magnitude of the exhaust gas temperature, variation in the exhaust gas temperature or the previous history of the exhaust gas temperature.

55 8. Feed-back control system according to Claim 7, characterised in that the measurement windows are subdivided into various classes, and the correction takes place as a function of these classes.

9. Feed-back control system according to one of Claims 6 to 8, characterised in that arithmetic averages are formed from the operating parameters necessary for the feed-back control, using at least some of the

operating parameters recorded within the measurement window.

10. Feed-back control system according to at least one of Claims 6 to 9, characterised in that an exhaust gas temperature is calculated in a first step of the correction method by means of at least one correction factor, which can be empirically determined, which exhaust gas temperature is adjusted in a second step to at least one further current operating parameter.

11. Feed-back control system according to at least one of Claims 1 to 5, characterised in that, in a dynamic correction method, the exhaust gas temperature instantaneously measured by the exhaust gas temperature sensor is continuously analysed by means of a thermodynamic model, and the corrected exhaust gas temperature is obtained by adjustment to further operating parameters.

12. Feed-back control system according to at least one of Claims 2 to 11, characterised in that the adjustment parameters are stored in a characteristic diagram and are therefore available at any operating point.

13. Feed-back control system according to Claim 12, characterised in that the integral behaviour of the control unit depends on the adjustment parameters.

Revendications

1. Système de réglage pour un moteur à combustion interne à allumage spontané, avec des détecteurs pour des grandeurs caractéristiques de fonctionnement, avec un appareil électronique de commande (12) ainsi qu'un organe de réglage (15) branché à la suite pour la masse de carburant à amener au moteur à combustion interne (16), système de réglage dans lequel une valeur de base (ME) de la masse de carburant est calculée dans l'appareil de commande (12) en fonction d'au moins la vitesse de rotation et la position de la pédale d'accélérateur, puis cette valeur est corrigée, la correction s'effectuant en fonction d'un signal de température des gaz d'échappement influencé par des grandeurs caractéristiques du fonctionnement, tandis que le signal de température des gaz d'échappement est obtenu par la comparaison d'un signal corrigé (TA') de la température des gaz d'échappement avec une valeur de consigne (TA) de la température des gaz d'échappement. Système de réglage caractérisé en ce que la valeur de consigne (TA) de la température des gaz d'échappement est prélevée dans un champ caractéristique (50) qui contient la corrélation entre la masse de carburant (ME) à injecter, la température résultant (TA) des gaz d'échappement et au moins une autre grandeur caractéristique du fonctionnement (n).

2. Système de réglage selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'au moins un régulateur (56) avec un comportement (PI) fournit à partir de l'écart de réglage résultant de la comparaison, et en fonction de la charge actuelle, au moins une grandeur d'adaptation (AF1, AF2) par laquelle la masse de carburant à injecter par course est influencée.

3. Système de réglage selon la revendication 1 et la revendication 2, caractérisé en ce qu'une grandeur d'adaptation additive avec laquelle de préférence des influences internes sont compensées, est déterminée dans la zone de charge inférieure et agit additivement dans l'ensemble de la zone de charge.

4. Système de réglage selon la revendication 1 et la revendication 2, caractérisé en ce qu'une grandeur d'adaptation multiplicative avec laquelle de préférence des influences externes sont compensées, est déterminée dans la zone de charge supérieure et agit de façon multiplicative dans l'ensemble de la zone de charge.

5. Système de réglage selon au moins une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les grandeurs d'adaptation sont de préférence mémorisées de façon qu'elles conservent leur information après l'arrêt du véhicule ou la suppression de l'alimentation en tension et qu'elles soient à nouveau immédiatement disponibles après la remise en service.

6. Système de réglage selon au moins une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que dans un procédé de correction stationnaire, on recherche une zone de réglage à une fenêtre de mesure dans laquelle la température mesurée des gaz d'échappement, est quasi stationnaire (recherche 32 d'une fenêtre de mesure).

7. Système de réglage selon au moins une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'une fenêtre de mesure est formée en fonction d'au moins une des grandeurs, intervalle de temps désiré, grandeurs de la température des gaz d'échappement, évolution de la température des gaz d'échappement ou des antécédents de la température des gaz d'échappement.

8. Système de réglage selon la revendication 7, caractérisé en ce que la fenêtre de mesure est divisée en différentes classes et la correction s'effectue en fonction de cette classe.

9. Système de réglage selon une des revendications 6 à 8, caractérisé en ce qu'à partir des grandeurs caractéristiques du fonctionnement utilisées pour la régulation, on forme des valeurs moyennes arithmétiques en utilisant au moins une partie des grandeurs caractéristiques du fonctionnement détectées à l'intérieur de la fenêtre de mesure.

10. Système de réglage selon au moins une des revendications 6 à 9, caractérisé en ce que dans une pre-

mière étape du procédé de correction, au moyen d'au moins un facteur de correction qui peut être déterminé empiriquement, une température des gaz d'échappement est calculée, qui dans une seconde étape est adaptée à au moins une autre grandeur caractéristique actuelle du fonctionnement.

5 11. Système de réglage selon au moins une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que dans un procédé de correction dynamique, la température momentanée des gaz d'échappement mesurée par un détecteur de température des gaz d'échappement, est exploitée en continu au moyen d'un modèle thermodynamique, et la température corrigée des gaz d'échappement est obtenue par adaptation à d'autres grandeurs caractéristiques du fonctionnement.

10 12. Système de réglage selon au moins une des revendications 2 à 11, caractérisé en ce que les grandeurs d'adaptation sont mémorisées dans un champ caractéristique et sont ainsi disponibles en tout point de fonctionnement.

13. Système de réglage selon la revendication 12, caractérisé en ce que le comportement intégral du régulateur dépend des grandeurs d'adaptation.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

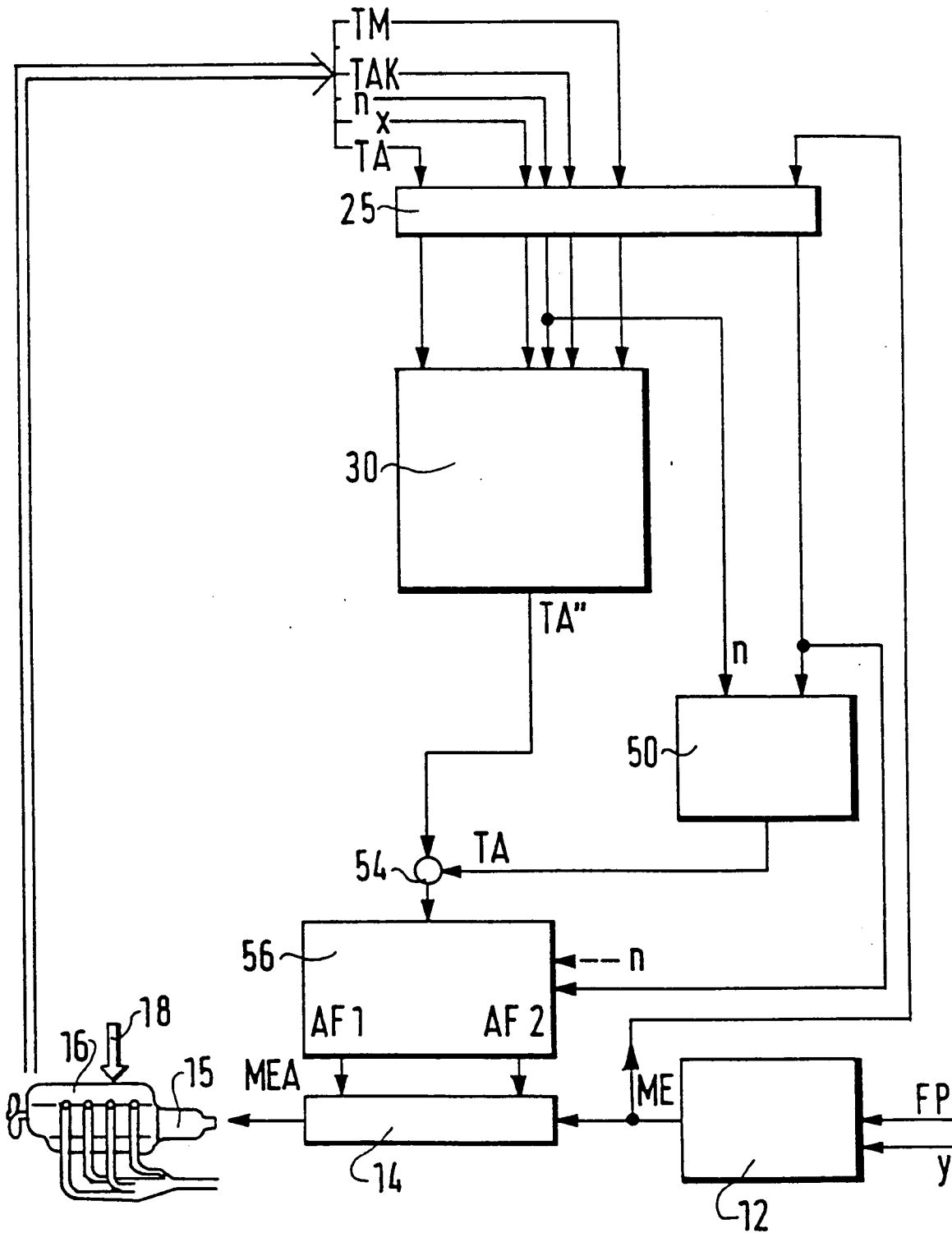


FIG. 2

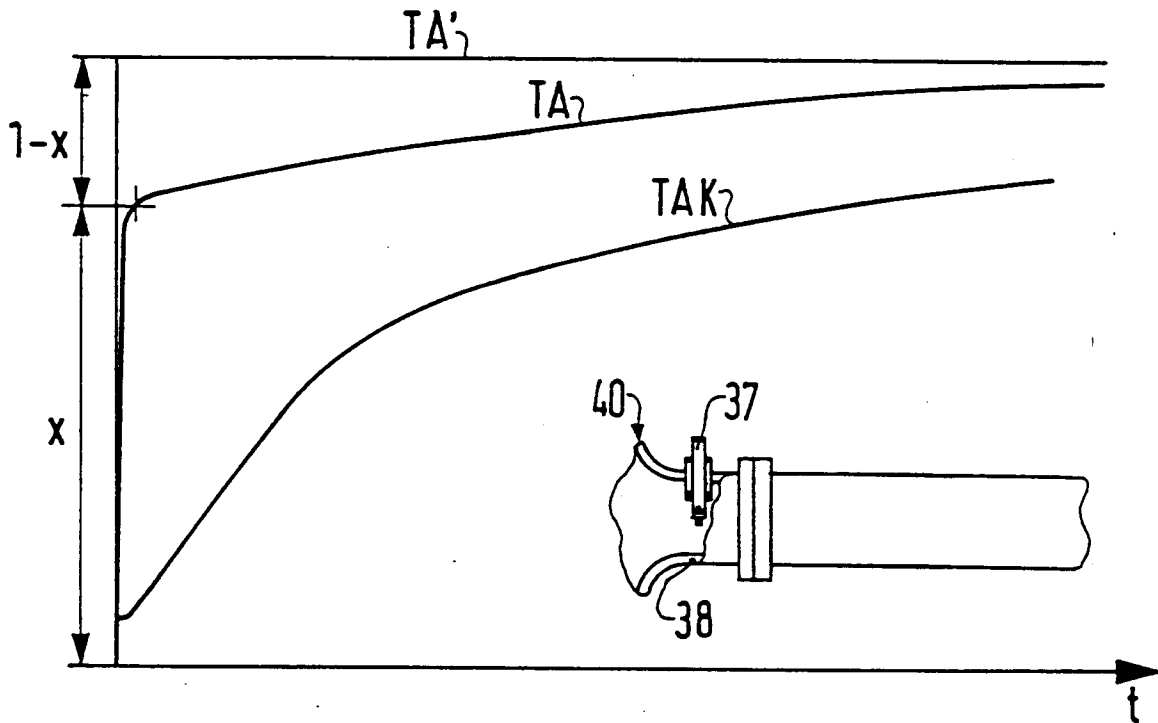


FIG. 4

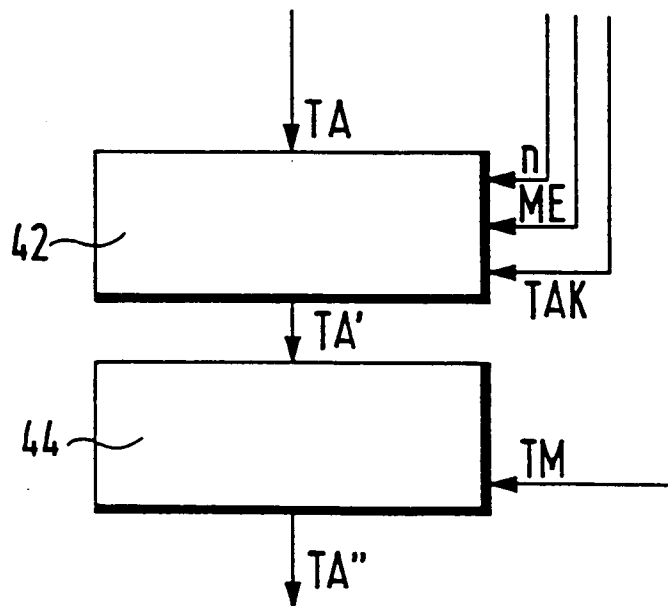


FIG. 3

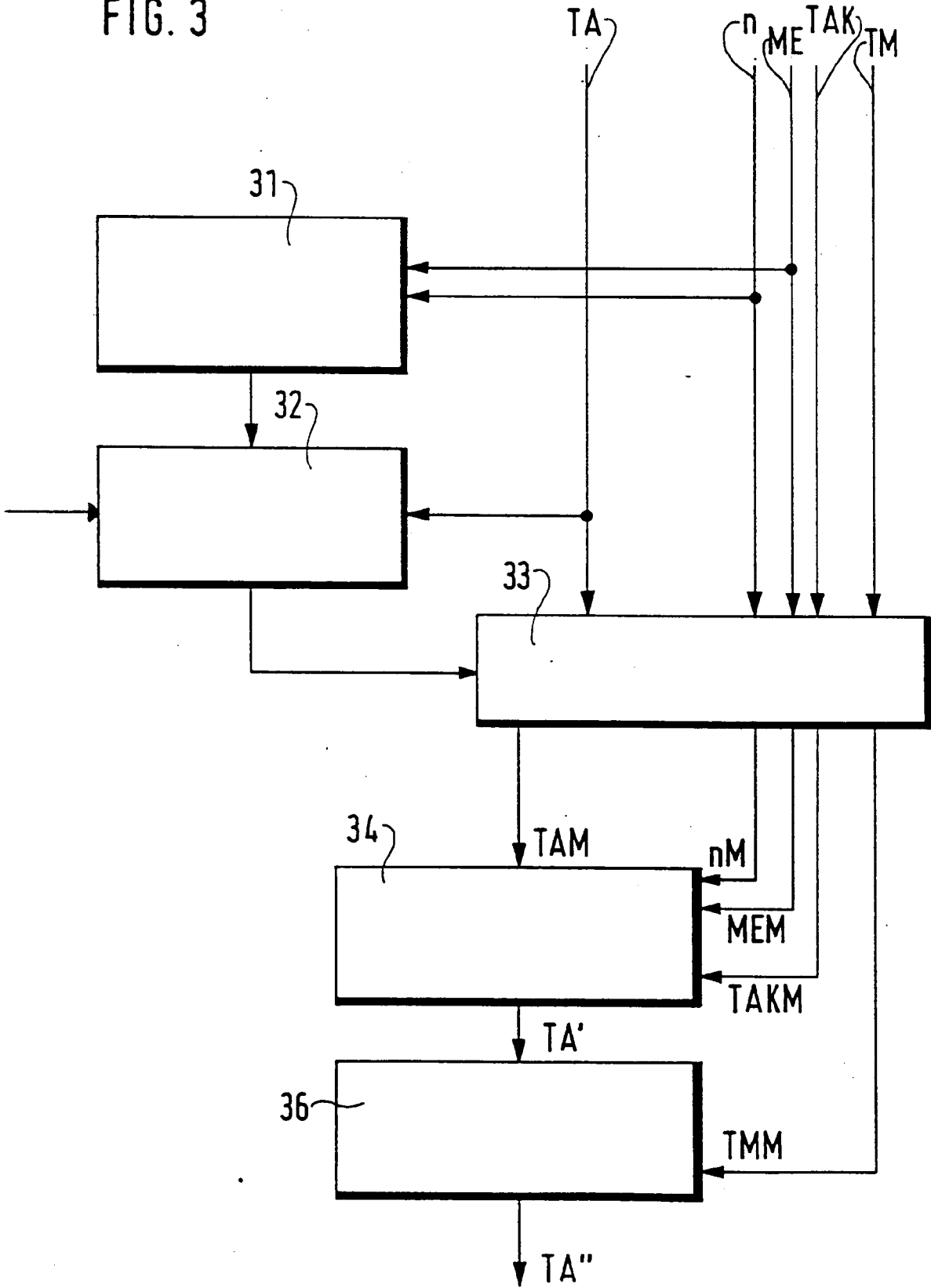


FIG. 5a

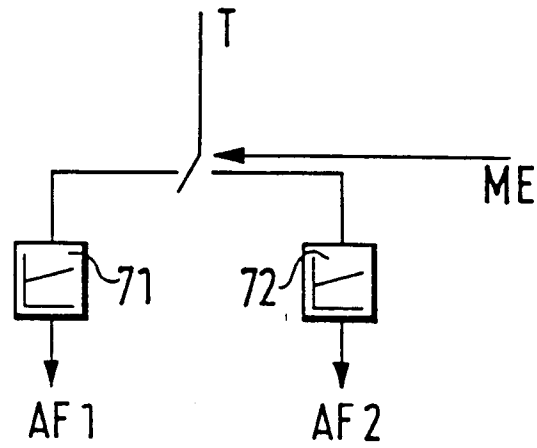


FIG. 5b

