PCT WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM
Internationales Büro
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

(51) Internationale Patentklassifikation 5 : F02D 41/14 — A1

(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: WO 91/09220

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 27. Juni 1991 (27.06.91)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE90/00882

(22) Internationales Anmeldedatum: 16. November 1990 (16.11.90)

(30) Prioritätsdaten:
P 39 41 000.5 12. Dezember 1989 (12.12.89) DE
P 40 15 293.6 12. Mai 1990 (12.05.90) DE

(71) Anmelder *(für alle Bestimmungsstaaten ausser US):* ROBERT BOSCH GMBH [DE/DE]; Postfach 10 60 50, D-7000 Stuttgart 10 (DE).

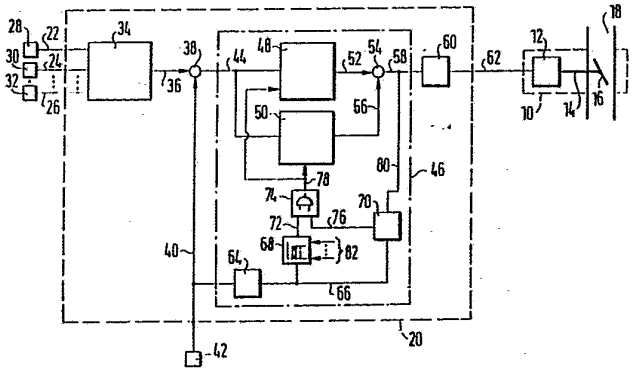
(72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder *(nur für US) :* GRABS, Manfred [DE/DE]; Mönsheimer Str. 36, D-7135 Iptingen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten: AT (europäisches Patent), BE (europäisches Patent), CH (europäisches Patent), DE (europäisches Patent), DK (europäisches Patent), ES (europäisches Patent), FR (europäisches Patent), GB (europäisches Patent), GR (europäisches Patent), IT (europäisches Patent), JP, KR, LU (europäisches Patent), NL (europäisches Patent), SE (europäisches Patent), US.

Veröffentlicht
Mit internationalem Recherchenbericht.

(54) Title: SYSTEM FOR REGULATING AN OPERATIVE PARAMETER OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: SYSTEM ZUR REGELUNG EINES BETRIEBSPARAMETERS EINER BRENNKRAFTMASCHINE EINES KRAFTFAHRZEUGS



(57) Abstract

The proposal is for a system for regulating an operative parameter of an internal combustion engine of a motor vehicle in which the rate of change of the operative parameter to be regulated is controllable at a predetermined value when at least the rate of change of the parameter to be regulated reaches or exceeds a predetermined threshold. Here, the control of the rate of change to a predetermined value is achieved especially after the manner of a time regulator by reversing the integration direction of the integral component and/or by changing the sign of the amplification factor of the proportional component of the regulator.

(57) Zusammenfassung

Es wird ein System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs vorgeschlagen, wobei die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters auf einen vorgegebenen Wert steuerbar ist, wenn wenigstens die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Parameters einen vorgegebenen Schwellwert erreicht bzw. überschritten hat. Die Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit auf einen vorgegebenen Wert erfolgt dabei insbesondere in Art eines Zeitpunktreglers durch Umkehrung der Integrationsrichtung des integralen Anteils und/oder durch Vorzeichenänderung des Verstärkungsfaktors des proportionalen Anteils des Reglers.

LEDIGLICH ZUR INFORMATION

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	ES	Spanien	MG	Madagaskar
AU	Australien	FI	Finnland	ML	Mali
BB	Barbados	FR	Frankreich	MN	Mongolei
BE	Belgien	GA	Gabon	MR	Mauritanien
BF	Burkina Faso	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BG	Bulgarien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BJ	Benin	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BR	Brasilien	HU	Ungarn	PL	Polen
CA	Kanada	IT	Italien	RO	Rumänien
CF	Zentrale Afrikanische Republik	JP	Japan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SN	Senegal
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SU	Soviet Union
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
DE	Deutschland	LU	Luxemburg	TG	Togo
DK	Dänemark	MC	Monaco	US	Vereinigte Staaten von Amerika

System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs

Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1 bzw. 2.

Ein derartiges System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine ist für die Leerlaufdrehzahlregelung von Brennkraftmaschinen aus der DE-A-30 39 435 bekannt. Dort wird vorgeschlagen, zur Regelung der Leerlaufdrehzahl ein auf diesen Betriebsparameter einwirkendes, elektrisch betätigbares Stellglied durch einen PID-Regler derart anzusteuern, daß die Leerlaufdrehzahl als der zu regelnde Betriebsparameter einen vorgegebenen Sollwert annimmt. Zur drehzahlabhängigen und temperaturabhängigen Begrenzung des Ansteuersignals des Stellgliedes ist ferner ein Begrenzungsregler vorgesehen, der im Sinne einer maximalen bzw. minimalen Begrenzung des Ansteuersignals auf den PID-Regler einwirkt.

...

Schwer regelbare Systeme, die beispielsweise bei Verwendung von Stellgliedern auftreten, die über den Stellbereich stark veränderliche Reibungskräfte und der Steuerbewegung entgegengesetzte Momente aufweisen, wobei zusätzlich Exemplarstreuungen und Temperaturdrifts eine Rolle spielen können, können durch einen PID-Regler hinsichtlich Regelgenauigkeit, Dynamik und/oder Stabilität nicht befriedigend geregelt werden.

Es ist daher Aufgabe der Erfindung, Maßnahmen anzugeben, die eine zufriedenstellende Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine auch bei schwer regelbaren Systemen gewährleisten. Dies wird dadurch erreicht, daß bei Vorliegen vorbestimmter Bedingungen die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters durch Eingriff in den Integrationsvorgang und/oder in den Proportionalverstärkungsvorgang auf einen vorgegebenen Wert steuerbar ist.

Aus der DE-A-36 31 283 ist ein Stellorgan zur gesteuerten Zumessung von Verbrennungsluft zu einer Brennkraftmaschine bekannt, das mit einer Rückstellfeder ausgestattet ist, gegen die eine Gegenfeder zur Einstellung einer vorgegebenen Ruheposition einwirkt. Dieses Stellorgan setzt einer Verstellbewegung in den verschiedenen Bereichen seines Verstellweges unterschiedliche Kräfte bzw. Momente entgegen.

Die DE-C-27 51 125 beschreibt ein Regelsystem zur Lageregelung einer Drosselklappe einer Brennkraftmaschine in Abhängigkeit der Fahrpedalstellung, ein sogenanntes elektronisches Gaspedal. Zur Verbesserung der Abgaszusammensetzung wird das Ausgangssignal des Lagereglers in seiner Höhe begrenzt. Dies führt zu einer Begrenzung der Änderungsgeschwindigkeit der Drosselklappe und einer Verbesserung der Abgaszusammensetzung im Übergangsbereich bei einer schnellen Änderung der Fahrpedalposition.

...

Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäßen Maßnahmen gewährleisten eine zufriedenstellende Regelung schwer regelbarer Systeme. Die Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters auf einen vorgegebenen Wert unter vorbestimmten Bedingungen durch Eingreifen in den von der Regeleinheit ausgeführten Integrations- und/oder Proportionalverstärkungsvorgang ermöglicht es, den Integral- und/oder den Proportionalanteil des Reglers mit Blick auf eine ausreichende Dynamik des Regelsystems zu wählen. So erlauben die obengenannten Maßnahmen beispielsweise einen sehr großen Integrationsanteil. Die normalerweise auftretende Instabilität der Regelsysteme mit starkem Integralanteil wird durch Eingreifen in den Integrations- und/oder Proportionalverstärkungsvorgang im Sinne einer Reduzierung der Änderungsgeschwindigkeit des Istwert bei Erreichen einer vorgegebenen Schwelle durch die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters unterdrückt.

Eine besonders vorteilhafte Realisierung des Eingriff in den Integrationsvorgang ist die Überlagerung des Integralanteils des Reglers mit einem durch Umkehrung der Integrationsrichtung bei Erreichen oder Überschreiten bzw. Unterschreiten des Schwellwertes gebildeten Zweipunktregler. Dadurch wird eine Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters der Brennkraftmaschine erreicht.

Der Eingriff in den Proportionalverstärkungsvorgang des Reglers erfolgt analog zum Eingriff in den Integrationsvorgang in vorteilhafter Weise durch Vorzeichenumkehr des Verstärkungsfaktors des P-Anteils des Reglers, was einer Überlagerung des P-Anteils mit einem Zweipunktregler gleichkommt.

...

Weitere Vorteile der Erfindung ergeben sich in Verbindung mit den Unteransprüchen auf der nachfolgenden Beschreibung eines Ausführungsbeispieles.

Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Dabei zeigt Figur 1 ein Übersichtsblockschaltbild eines Regelsystems zur Regelung der Stellung eines Leistungsstellgliedes einer Brennkraftmaschine, mit dessen Hilfe die Funktion der erfindungsgemäßen Vorgehensweise verdeutlicht wird. Figur 2 zeigt anhand eines Flußdiagrammes die Realisierung dieser Vorgehensweise in digitaler Ausführung. Figur 3 schließlich zeigt einen beispielhaften zeitlichen Verlauf des Ausgangssignals des Integralanteils.

Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Figur 1 beschreibt ein Stellorgan 10 zur Einstellung eines Betriebsparameters einer nicht dargestellten Brennkraftmaschine. Dieses Stellorgan 10 umfaßt einen Stellmotor 12, der über eine starre Verbindung 14 mit einem Stellglied 16 zur Beeinflussung des Betriebsparameters der Brennkraftmaschine verbunden ist. Dieses Stellglied 16 ist im Ausführungsbeispiel der Figur 1 als Drosselklappe im Ansaugsystem 18 einer Brennkraftmaschine dargestellt. Der erfindungsgemäße Gedanke ist jedoch nicht auf diese Art von Stellglied beschränkt, dieses kann beispielsweise auch die Regelstange einer Dieselbrennkraftmaschine sein.

Ferner ist in Figur 1 ein Motorsteuerungssystem 20 dargestellt, das verschiedene Funktionen wie z.B. Kraftstoffzumessung, Zündzeitpunktsbestimmung, Abgasregelung, Leerlaufdrehzahlregelung und/oder elektronisches Gaspedal durchführen kann. Im Ausführungsbeispiel

...

nach Figur 1 ist lediglich der zur Positionsregelung des Stellorgans 10 und zur Durchführung der erfindungsgemäßen Vorgehensweise benötigte Teil beschrieben. Die Eingangsleitungen 22, 24 bis 26 verbinden das Motorsteuerungssystem 20 mit Meßanordnungen 28, 30 bis 32, die der Sollwertbildungseinheit 34 allgemein bekannte Betriebsparameter der Brennkraftmaschine und des Kraftfahrzeugs zur Bildung des Regelsollwertes, wie beispielsweise Motortemperatur, Drehzahl, Gang- und/oder Kupplungsstellung, Batteriespannung, Fahrpedalstellung, usw. zuführen. Die Ausgangsleitung 36 der Sollwertbildungseinheit 34 wird in einer Vergleichsstelle 38 mit einer weiteren Eingangsleitung 40 des Motorsteuerungssystems 20 verknüpft. Die Eingangsleitung 40 ist mit einer Istwertmeßeinrichtung 42, die gemäß dem Ausführungsbeispiel die aktuelle Position des Stellorgans 10 mißt, verbunden.

Die Ausgangsleitung 44 der Vergleichsstelle 38 bildet eine Eingangsleitung einer strichpunktiert umrandeten Regeleinheit 46, die im wesentlichen aus einem mit der Eingangsleitung 44 verbundenen proportionalen Regleranteil 48 und einem ebenfalls mit der Eingangsleitung 44 verbundenen integralen Regleranteil 50 besteht. Eine Leitung 52 verbindet den proportionalen Regleranteil 48 mit einer Additionsstelle 54, die ferner über eine Leitung 56 mit dem integralen Regleranteil 50 verbunden ist. Das Additionsergebnis der Additionsstelle 54 wird auf einer Leitung 58, die die Additionsstelle 54 mit einer Treiberstufe 60 verknüpft und auf einer Verbindungsleitung 62, die die Treiberstufe 60 und damit das Motorsteuerungssystem 20 mit dem Stellorgan 10 bzw. dem Stellmotor 12 verbindet, zur Steuerung der Position des Stellgliedes 16 bzw. Stellorgans 10 weitergeleitet.

Die Reglereinheit 46 besteht darüber hinaus aus einem differenzierenden Element 64, das mit der Eingangsleitung 40 des Motorsteuerungssystems 20 verbunden und andererseits über eine Leitung 66 mit einer Schwellwertstufe 68 und einer Einheit 70 verknüpft ist. Ferner

...

ist die Einheit 70 über eine Leitung 80 mit der Leitung 58 verbunden. Die Schwellwertstufe 68 verfügt über weitere Eingänge 82, die weiter unten näher ausgeführte Meßwerte zur Beeinflussung des Schwellwertes von entsprechenden, in Figur 1 nicht dargestellten Meßeinrichtungen zuführen. Die Ausgangsleitung 72 der Schwellwertstufe 68 bildet einen Eingang eines logischen Und-Elements 74, dessen zweiter Eingang die Verbindungsleitung 76 bildet, die das logische Und-Element 74 mit der Einheit 70 verbindet. Die Ausgangsleitung 78 des logischen Und-Elements 74 ist auf den integralen Regleranteil 50 zur Bestimmung des Integrationsvorgangs, und/oder auf den proportionalen Regleranteil 48 zur Bestimmung des Proportionalverstärkungsvorgangs geführt.

In Abhängigkeit der über die Leitungen 22, 24 bis 26 zugeführten Betriebsparameter bildet die Sollwertbildungseinheit 34 einen Sollwert für die Position des Stellorgans 10. Dient die Anordnung nach Figur 1 zur Regelung der Leerlaufdrehzahl über die Position des Stellorgans 10, so bestimmt die Sollwertbildungseinheit 34 den Sollwert als Funktion der Betriebsparameter Drehzahl, Motortemperatur, Batteriespannung, Gangstellung und/oder Kupplungsstellung, etc.; bei einem elektronischen Gaspedal, das die Leistung der Brennkraftmaschine über die Stellung des Stellorgans 10 steuert, bestimmt die Sollwertbildungseinheit 34 den Lagesollwert insbesondere aus der Stellung des Fahrpedals. Der Sollwert wird über die Leitung 36 an die Vergleichsstelle 38 abgegeben, wo aus dem berechneten Sollwert und dem von der Istwert-Meßeinrichtung 42 gemessenen und über die Leitung 40 der Vergleichsstelle 38 zugeführten Stellungsistwert des Stellorgans 10 ein der Abweichung zwischen den beiden Werten repräsentierendes Signal über die Leitung 44 an die Reglereinheit 46 abgegeben wird. In Abhängigkeit dieses Abweichungssignals bildet der proportionale und der integrale Regleranteil 48, 50 entsprechende Ausgangssignale die in der Additionsstelle 54 zum Reglerausgangssignal zusammengeführt werden, das über die Treiberstufe 60 und die

...

Ausgangsleitung 62 des Motorsteuerungssystem 20 die Stellung des Stellorgans im Sinne einer Verringerung der Abweichung betätigt.

Die erfindungsgemäß vorgeschlagene Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters, im Falle des Ausführungsbeispiels nach Figur 1 der Stellung des Stellorgans 10, wird dadurch bewerkstelligt, daß das differenzierende Element 64 die Änderungsgeschwindigkeit des auf der Eingangsleitung 40 anliegenden Stellungs- bzw. Istwertsignals bestimmt. Dieser Wert wird einerseits über die Leitung 66 an die Schwellwertstufe 68 und andererseits an die Einheit 70 abgegeben. Die Schwellwertstufe 68 gibt in Abhängigkeit der auf ihren Eingangsleitungen 82 anliegenden Parameter, beispielsweise Motortemperatur, Stellorgantemperatur und/oder Regelabweichung, einen Schwellwert vor. Die Einheit 70 ist ferner mit dem Reglerausgangssignal auf der Leitung 58 oder 62 verbunden und bestimmt die Vorzeichen der Änderung von Reglerausgangssignal und Änderungsgeschwindigkeitssignal des Istwerts. Sind beide Vorzeichen gleich, so gibt sie auf Leitung 76 ein entsprechendes Signal an das Und-Element 74 ab. Überschreitet bzw. erreicht nun das differenzierte Istwertsignal den von der Schwellwertstufe 68 vorgegebene Schwellwert, so wird ein entsprechendes Signal über die Leitung 72 an das Und-Element 74 abgegeben. Die Ausgangsleitung des Und-Elements 74 führt dann ein Signal, welches in den Integrationsvorgang des integralen Regleranteil 50, insbesondere zur Änderung der Integrationsrichtung des integralen Regleranteils 50, bzw. in den Proportionalverstärkungsvorgang des proportionalen Regleranteils 48, insbesondere zur Änderung des Vorzeichens des proportionalen Verstärkungsfaktors, eingreift, wenn sowohl das differenzierte Istwertsignal den Schwellwert der Schwellwertstufe 68 erreicht bzw. überschritten hat, als auch die Vorzeichen von differenzierten Istwertsignal und Reglerausgangssignal gleich sind.

...

Eine beispielsweise durch eine Sollwertänderung, im Falle der Leerlaufdrehzahlregelung z. B. durch Zuschalten einer zusätzlichen Last, auftretende große Abweichung zwischen Soll- und Istwert führt bei starkem Integralanteil des Reglers zu einer entsprechend schnellen Änderung im Reglerausgangssignal, die zu einer ebensolchen im Istwertsignal führt. Überschreitet die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertsignals den vorgegebenen Schwellwert, so daß Regelschwingungen und Instabilitäten auftreten können, so wird, ausgelöst von der Überschreitung des von der Schwellwertstufe 68 vorgegebenen Schwellwerts, die Integrationsrichtung des integralen Regleranteils 50 umgekehrt, beispielsweise durch Vorzeichenumkehr seines Eingangssignals. Dadurch ergibt sich ein der Änderung entgegenwirkendes Ausgangssignal des integralen Regleranteils 50, was zu einer Reduzierung der Änderungsgeschwindigkeit im Istwertsignal führt. Wird der von der Schwellwertstufe 68 vorgegebene Schwellwert unterschritten, ändert sich die Integrationsrichtung des integralen Regleranteils 50 erneut in seine ursprüngliche Richtung, wodurch sich eine Erhöhung der Änderungsgeschwindigkeit unter der Voraussetzung einer nach wie vor vorhandenen Abweichung zwischen Soll- und Istwert ergibt. Auf diese Weise wird durch Umkehrung der Integrationsrichtung des integralen Regleranteils 50 ein diesen integralen Anteil überlagerter Zweipunktregler realisiert, der die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes auf einen vorbestimmten Wert steuert. Dieser vorbestimmte Wert wird von der Schwellwertstufe 68 bestimmt. Durch diese Maßnahme wird die zur Regelung notwendige Dynamik als auch die notwendige Stabilität für die eingangs beschriebenen schwer regelbaren Systeme ereicht.

Die Wirkungsweise des Eingriffs in den Proportionalverstärkungsvorgang ergibt sich in analoger Weise aus der obigen Beschreibung des Eingriffes in den Integrationsvorgang.

...

Die zusätzliche, nicht zwingend notwendige, Bedingung, das die Änderung bzw. das Vorzeichen von Istwertsignal und Reglerausgangssignal gleich sein müssen, dient zur vorteilhaften Verbesserung des Verhaltens im Übergangsbereich. Zeigt Reglerausgangssignal und Istwertsignal fallende Tendenz, so wird bei durch eine Erhöhung des Sollwert vorgegebene Änderung im Abweichungssignal zwischen Soll- und Istwert, die zu einer Erhöhung des Reglerausgangssignals führt, ein Ansprechen der Einrichtung in diesem Übergangsfall verhindert.

Der erfindungsgemäße Gedanke ist nicht nur auf eine Lageregelung eines Stellgliedes beschränkt, sondern kann bei allen Regelsystemen der Brennkraftmaschine, insbesondere einer Drehzahlregelung, angewendet werden, die die eingangs beschriebenen Nachteile eines schwer regelbaren Systems besitzen. Die Zuordnung der einzelnen Bauteile zu den verschiedenen Baugruppen Motorsteuerungssystem und Reglereinheit dient dabei lediglich zur Übersichtlichkeit. Ferner kann es sich bei dem Regler auch um einen PID-Regler oder einen Regler mit proportionalen, integralen und/oder differentiellen Anteilen handeln.

Neben der oben beschriebenen Umkehr der Integrationsrichtung kann die Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit durch Eingriffe in den Integrationsvorgang wie z.B. Anhalten der Integration bei überschrittener Schwelle, Änderung der Integrationssteigung oder Umkehr der Integrationsrichtung bzw. Änderung der Steigung nach einer vorgegebener Verzögerungszeit vorgenommen werden. Die Umkehr der Integrationsrichtung hat sich in einem konkreten Fall am geeignetsten erwiesen.

Eine digitale Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gedankens wird in Figur 2 vorgestellt. Nach Start des Programmteils wird im Schritt 100 durch Vergleich von Soll- und Istwert die Abweichung zwischen Soll- und Istwert festgestellt. Ferner wird in Schritt 100 die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertsignals beispielsweise durch

...

Differenzierung berechnet. In Schritt 102 wird in Abhängigkeit der Abweichung zwischen Soll- und Istwert das Ausgangssignal des proportionalen Regleranteils berechnet.

Die Berechnung des Ausgangssignals des proportionalen Regleranteils 48 erfolgt vorzugsweise als Funktion der Regelabweichung. Dabei wird der Verstärkungsfaktor des proportionalen Regleranteils derart bestimmt, daß die Ausregelung der Abweichung mit großer Dynamik unter Vermeidung von Überschwingen im gesamten Wertebereich der Abweichung stattfindet. Zu diesem Zweck wird ein Wert für die systembedingte, maximale Regelabweichung vorgegeben und die Differenz zwischen diesem maximalen und dem tatsächlichen Wert der Regelabweichung gebildet. Diese Differenz ist proportional zum Verstärkungsfaktor des proportionalen Anteils des Reglers.

Unterschreitet der auf diese Weise gebildete Verstärkungsfaktor einen vorgegebenen Wert, so wird der Verstärkungsfaktor auf diesen vorgegebenen Wert festgelegt, anderenfalls stellt er eine Funktion der Regelabweichung dar. Das Ausgangssignal des proportionalen Anteils wird dann aus Regelabweichung und Verstärkungsfaktor ermittelt.

Die Abhängigkeit des Proportionalanteils von der Regelabweichung in vorgegebenen Betriebsbereichen läßt sich durch die folgenden Gleichungen veranschaulichen:

$$P = P_0 * (MAX - DELTA) * K \quad \text{wenn } P > P_0$$

$$P = P_0 \quad \text{wenn } P < P_0$$

(P Proportionalverstärkungsfaktor, P_0 vorgegebener Festwert des Proportionalverstärkungsfaktors, MAX systembedingter Maximalwert der Regelabweichung, DELTA Regelabweichung mit Wertebereich 0 - MAX, K Konstante).

...

Dadurch ergibt sich eine charakteristische Abhängigkeit des P-Verstärkungsfaktors von der Regelabweichung, die in einem P-DELTA-Diagramm im wesentlichen durch eine Gerade negativer Steigung für $P > P_0$ und durch eine waagrechte Gerade $P = P_0$ für $P < P_0$ dargestellt werden kann.

Das daraus resultierende Ausgangssignal des Proportionalanteils des Reglers, welches aus einer Multiplikation des gemäß obiger Gleichung berechnetem Proportionalfaktors mit dem Wert der Regelabweichung gebildet wird, zeigt dabei das im folgenden skizzierte Verhalten in Abhängigkeit der Regelabweichung. Ausgehend vom Wert 0, der bei einer Regelabweichung 0 eingenommen wird, ergibt sich eine Abhängigkeit des Ausgangssignals von der Regelabweichung, die im wesentlichen mit der Regelabweichung steigend und, je nach Wahl von K und P_0, nach Überschreiten eines Maximalwertes fallend sich einem Festwert für die maximale Regelabweichung nähert, der von der Wahl des Wert P_0 abhängig ist.

Dadurch wird mit Blick auf die Dynamik und Stabilität des Regelkreises eine verbesserte Regelung erreicht, da bei geringer Regelabweichung die Verstärkung kleiner als bei größerer Abweichung ist. Darüber hinaus läßt sich der Verstärkungsfaktor durch Wahl der Parameter an den jeweiligen Regelkreis anpassen.

Schritt 104 bestimmt anhand einer dem Fachmann bekannten digitalen integralen Reglergleichung den im aktuellen Programmdurchlauf in Abhängigkeit der Abweichung zwischen Soll- und Istwert dem integralen Ausgangswert des Reglers aufzuaddierenden Steigerungswert I_n. Ist die Abweichung zwischen Soll- und Istwert negativ, so ist der in 104 berechnete Wert ebenfalls negativ. Im Abfrageschritt 106 wird überprüft, ob die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes den vorgegebenen Wert erreicht, bzw. überschritten hat. Ist dies nicht der Fall, so wird in Schritt 108 das in Schritt 102 bestimmte proportionale

...

Ausgangssignal ausgelesen, das integrale Ausgangssignal des Reglers als Summe des Integratorausgangswerts des vorhergehenden Programmdurchlaufs und dem in diesem Programmdurchlauf bestimmten Steigerungswert festgelegt und ebenfalls ausgelesen, in Schritt 114 wird dann entsprechend des im Schritt 108 ermittelte Integratorausgangswert als Summenwert für den nächsten Programmdurchlauf festgelegt und der Programmteil erneut ausgeführt.

Wird in Schritt 106 festgestellt, daß die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes den vorgegebenen Schwellwert überschritten bzw. erreicht hat, so wird im Abfrageschritt 110 die Vorzeichen bzw. Änderungsrichtung von Istwertsignal und Reglerausgangssignal auf Gleichheit überprüft. Sind beide Vorzeichen nicht gleich, so wird mit Schritt 108 fortgefahren, in Schritt 114 wird dann entsprechend der im Schritt 108 ermittelte Integratorausgangswert als Summenwert für den nächsten Programmdurchlauf festgelegt und der Programmteil beendet.

Wird jedoch festgestellt, daß die Vorzeichen von Reglerausgangssignal und Istwertsignal gleich sind, so wird im Schritt 112 das im Schritt 102 bestimmte proportionale Ausgangssignal beispielweise unter Umkehrung des Vorzeichens des Verstärkungsfaktors berechnet und ausgelesen, während das Ausgangssignal des integralen Regleranteils aus der Subtraktion des Summenwerts der vorhergehenden Programmdurchläufe und des in diesem Programmdurchlauf in Schritt 104 berechneten Steigerungswertes ermittelt wird. Die Subtraktion des Steigerungswertes von dem Summenwert führt zu einer Änderung der Integrationsrichtung des digitalen Reglers. In Schritt 114 wird dann entsprechend der im Schritt 112 ermittelte Integratorausgangswert als Summenwert für den nächsten Programmdurchlauf festgelegt.

...

In Figur 3 ist beispielhaft der zeitliche Verlauf des integralen Ausgangssignals über der Zeit beschrieben. Zur Zeit T0 beginnt der Regelungsvorgang zu laufen. Besteht zwischen Soll- und Istwert keine Abweichung, startet das integrale Ausgangssignal von einem konstanten Wert ausgehend. Bei Auftreten einer Soll-Ist-Abweichung nimmt das Integratorausgangssignal in Abhängigkeit der Abweichung einer vorgegebenen Funktion folgend zu, die in Figur 3 der Einfachheit halber linear dargestellt ist. Zum Zeitpunkt T_1 wird ein Überschreiten der Änderungsgeschwindigkeitschwelle des Istwertes festgestellt und entsprechend Figur 2 die Integrationsrichtung durch Subtraktion der Steigerungswerte umgekehrt, so daß der Integratorausgangswert einer vorgegebenen Funktion folgend abnimmt. Ein Unterschreiten der vorgegebenen Schwelle der Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes führt zu einer erneuten Umkehr der Integrationsrichtung, so daß der Integratorausgang erneut zunimmt. Dabei kann in vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Gedankens der Schwellwert als Hysterese ausgebildet sein. Dieser zickzackförmige Verlauf in der Art eines Zweipunktreglers (in weiterer Ausgestaltung mit Hysterese) steuert die Änderungsgeschwindigkeit des Istwertes auf einen vorgegebenen Wert.

Zum Zeitpunkt T_2 sei die Regelungsbedingungen derart, daß der vorgegebene Schwellwert der Änderungsgeschwindigkeit nicht mehr erreicht wird. Dies ist zum Beispiel dann der Fall, wenn die Regelabweichung zwischen Soll- und Istwert einen kleinen oder den Wert Null angenommen hat, oder wenn sich beispielweise durch Abschalten einer Zusatzlast die Polarität der Regelabweichung umgekehrt hat. In Figur 3 wird ersteres dargestellt. Das Intergratorausgangssignal nimmt entsprechend der normalen Regelfunktion einer vorgegebenen, im Idealfall exponentiellen Funktion folgend zu und nähert sich dem stationären Wert bei Regelabweichung Null. Bei digitalen Systemen ist der Signalverlauf stufenförmig.

...

Eine weitere Ausführungsform des erfindungsgemäßen Gedankens ergibt sich aus einer Überlagerung des integralen Anteils und/oder des proportionalen Anteils des Reglers mit einem Zweipunktregler. Dieser Regler, der mit oder ohne Hysterese ausgestattet sein kann, wird bei Erreichen bzw. Überschreiten der Schwelle aktiviert, wobei der Integrationsvorgang dann gestoppt wird. Bei Unterschreiten eines unteren Schwellwert der Änderungsgeschwindigkeit wird die Funktion des Integralanteils wiederaufgenommen und der Zweipunktregler abgeschaltet.

Ferner wird in vorteilhafter Weise die erfindungsgemäße Vorgehensweise nicht nur bei positiven Regelabweichungen und ansteigender Regelfunktion, sondern auch bei negativer Regelabweichung und fallender Regelfunktion angewendet.

Bei Umkehr der Integrationsrichtung ist es in vorteilhafter Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Gedankens möglich für jede Richtung unterschiedliche Integrationszeitkonstanten zu verwenden. Erfolgt die Umkehrung der Integrationsrichtung im Sinne einer Verminderung der Änderungsgeschwindigkeit des Istwerts, so kann es von Vorteil sein, die Integration in dieser Richtung zur schnelleren Reaktion des Systems mit einer größeren Integrationskonstante als in der anderen Richtung vorzunehmen.

Eine analoge Einflußnahme auf einen gegebenenfalls vorhandenen D-Anteil kann ebenfalls vorgesehen sein.

Ansprüche

1. System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einem elektrisch betätigbaren Stellglied, welches auf den zu regelnden Betriebsparameter mittelbar oder unmittelbar einwirkt und welches durch eine Regeleinheit mit wenigstens integralem und/oder proportionalem Anteil derart eingestellt wird, daß der zu regelnde Betriebsparameter einen vorgegebenen Wert annimmt,

dadurch gekennzeichnet, daß

bei Vorliegen vorbestimmter Bedingungen die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters auf einen vorgegebenen Wert durch Eingriff in den von der Regeleinheit ausgeführten Integrations- und/oder Proportionalverstärkungsvorgang steuerbar ist.

2. System zur Regelung eines Betriebsparameters einer Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einem elektrisch betätigbaren Stellglied, welches auf den zu regelnden Betriebsparameter durch Beeinflussung der Luftzufuhr zur Brennkraftmaschine einwirkt und welches durch eine Regeleinheit mit wenigstens integralen Anteil derart eingestellt wird, daß der zu regelnde Betriebsparameter einen vorgegebenen Wert annimmt,

dadurch gekennzeichnet, daß

...

bei Vorliegen vorbestimmter Bedingungen die Änderunggeschwindigkeit des zu regelnden Betriebsparameters auf einen vorgegebenen Wert durch Eingriff in den von der Regeleinheit ausgeführten Integrationsvorgang steuerbar ist.

3. Regelsystem nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Parameters bei Erreichen oder Überschreiten eines vorgebenenen Schwellwerts durch Eingriff des von der Regeleinheit ausgeführten Integrationsvorgangs und/oder Proportionalverstärkungsvorgang auf den vorgegebenen Schwellwert steuerbar ist.

4. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff in den Integrationsvorgang und/oder Proportionalverstärkungsvorgang bei Erreichen bzw. Überschreiten des Schwellwertes im Sinne einer Verminderung, bei Unterschreiten des Schwellwertes im Sinne einer Erhöhung der Änderungsgeschwindigkeit des Istwerts erfolgt.

5. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Parameters dann erfolgt, wenn zusätzlich die Änderung des zu regelnden Parameters und die Änderung des Stellgliedansteuersignals in ihrer Richtung übereinstimmen.

6. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgebenene Schwellwert in Abhängigkeit von Motortemperatur, Stellgliedtemperatur und/oder Regelabweichung veränderbar ausgestaltet ist.

7. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß bei Vorliegen der vorbestimmten Bedingungen die Steuerung der Änderungsgeschwindigkeit des zu regelnden Parameters durch Beeinflussung des integralen und/oder proportionalen Anteils im Sinne eines Zweipunktreglers erfolgt.

...

8. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß dem integralen und/oder proportionalen Anteil des Reglers ein Zweipunktregler mit oder ohne Hysterese überlagert ist, der bei Vorliegen bestimmter Bedingungen unter Anhalten des Integrationsvorgangs aktivierbar ist.

9. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß bei Erreichen des vorgegebenen Schwellwerts die Integrationsrichtung des integralen Anteils der Regeleinheit umgekehrt wird und bei Unterschreiten des Schwellwerts erneut umgekehrt wird.

10. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüchen, dadurch gekennzeichnet, daß der vorgegebene Schwellwert mit einer Hysterese ausgebildet ist.

11. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff durch Anhalten des Integrationsvorgangs, durch Änderung der Integrationssteigung oder durch verzögerte Umkehr der Integrationsrichtung und/oder Änderung der Steigung erfolgt.

12. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Eingriff in den Proportionalverstärkungsvorgang des Reglers durch Umkehrung des Vorzeichens des Verstärkungsfaktors vorgenommen wird.

13. Regelsystem nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der P-Verstärkungsfaktor auf vorgegebene Weise von der Regelabweichung abhängig gewählt wird.

FIG. 1

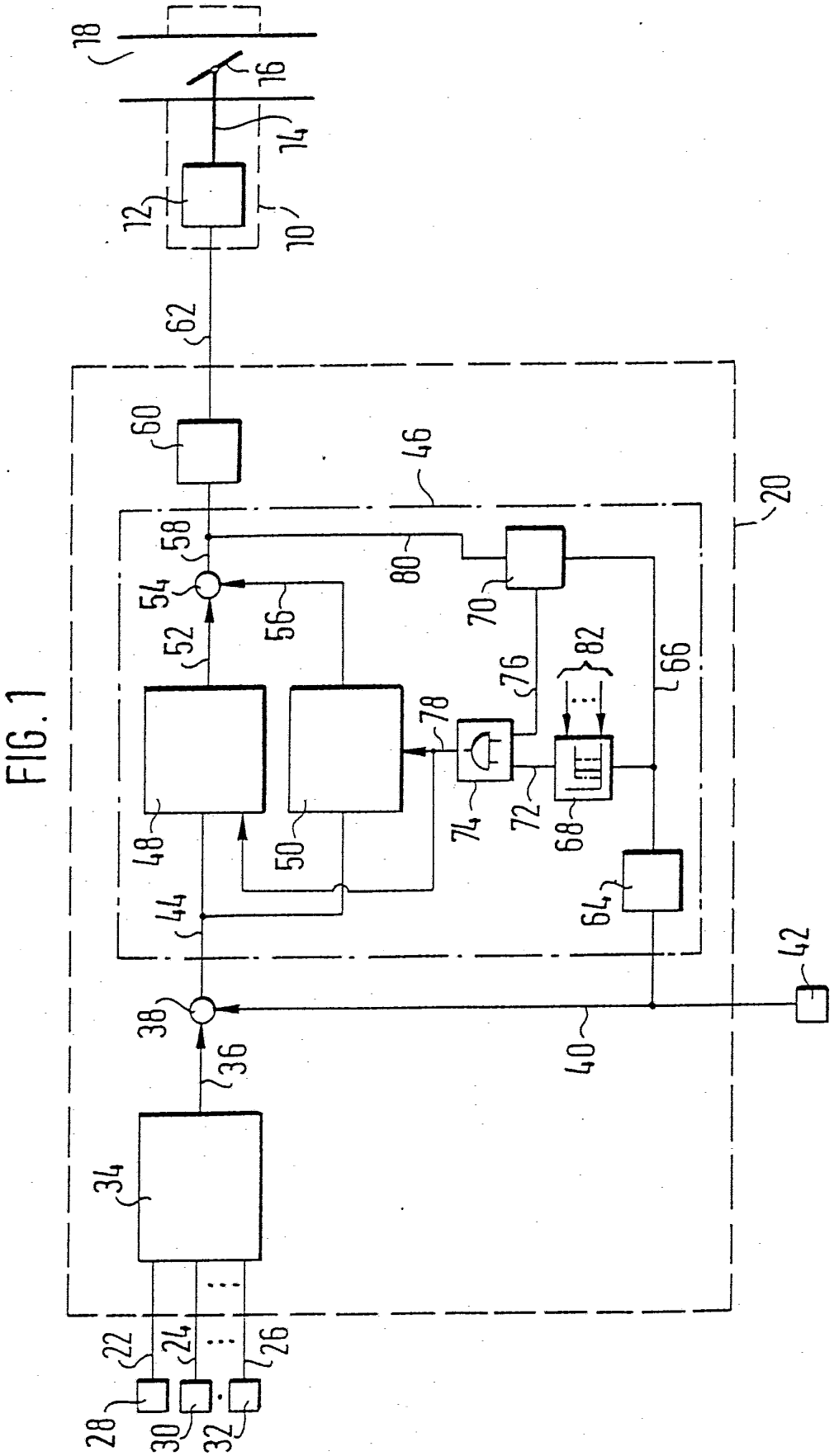

18
16
14
12
10
62
60
46
20
58
80
54
56
70
52
76
82
66
78
74
72
68
48
50
64
44
42
38
40
36
34
22
24
26
28
30
32

FIG. 2

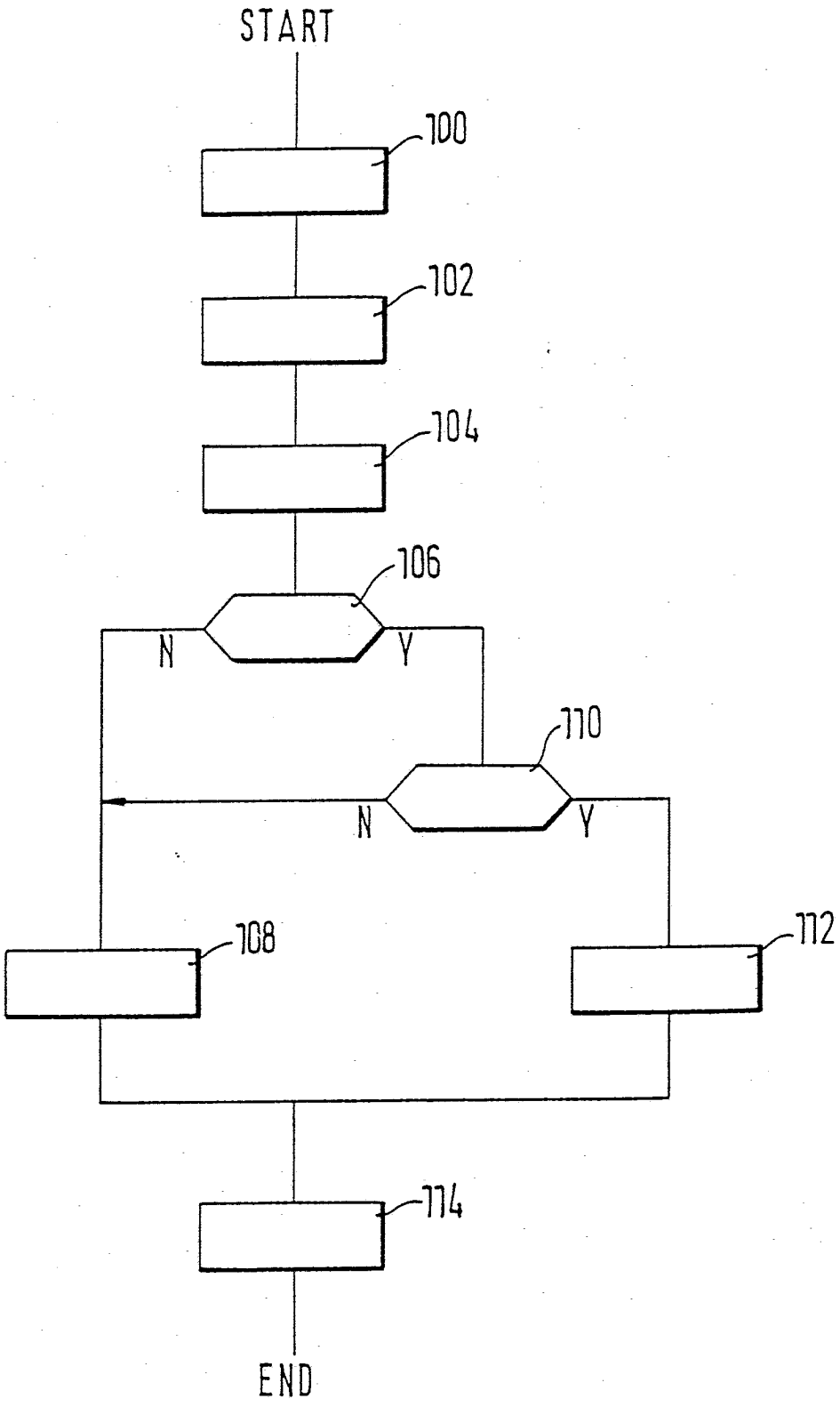
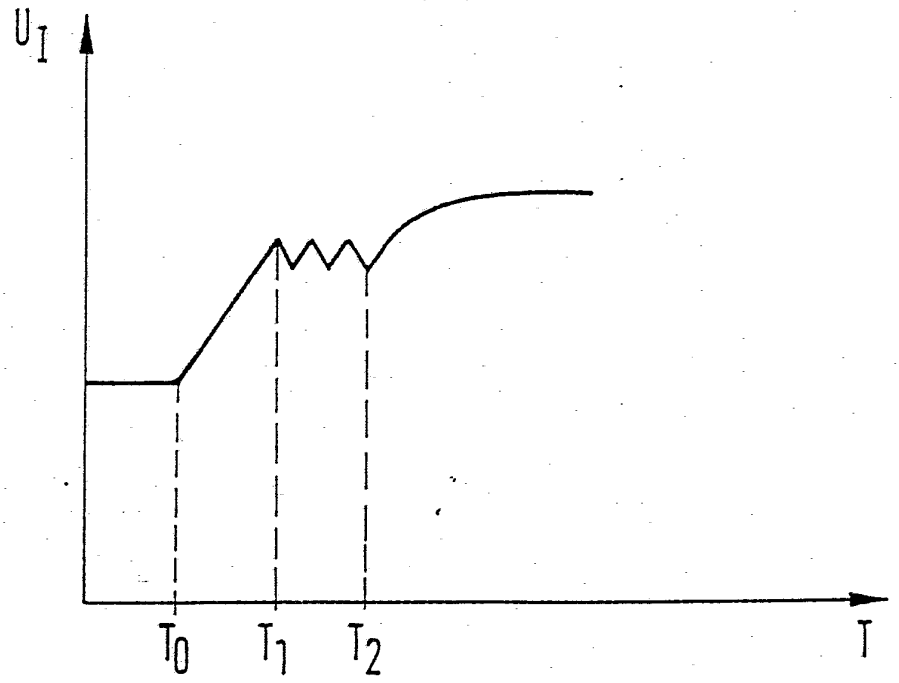


FIG. 3



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No PCT/DE 90/00882

I. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER (if several classification symbols apply, indicate all) [6]

According to International Patent Classification (IPC) or to both National Classification and IPC

Int.Cl.[5]: F 02 D 41/14

II. FIELDS SEARCHED

Minimum Documentation Searched [7]

Classification System	Classification Symbols
Int.Cl.[5]:	F 02 D, F 02 P

Documentation Searched other than Minimum Documentation to the Extent that such Documents are Included in the Fields Searched [8]

III. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT [9]

Category [10]	Citation of Document, [11] with indication, where appropriate, of the relevant passages [12]	Relevant to Claim No. [13]
X	EP, A, 0275169 (LUCAS INDUSTRIES) 20 July 1988 see abstract; column 22, lines 7-11; column 22, lines 55-60	1,2
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 6, No: 146 (M-147) 8 August 1982, & JP, A, 57065824 (NISSAN MOTOR CO. LTD.) 21 April 1982	1,2,11
A	DE, A, 3107666 (BOSCH) 25 February 1982, see the whole document	3,13
A	Patent Abstracts of Japan, vol. 13, No: 415 (M-870), 13 September 1989, & JP, A, 01151750 (NIPPON DENSO CO. LTD) 14 June 1989	13

* Special categories of cited documents: [10]

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier document but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

"&" document member of the same patent family

IV. CERTIFICATION

Date of the Actual Completion of the International Search	Date of Mailing of this International Search Report
13 February 1991 (13.02.91)	1 March 1991 (01.03.91)
International Searching Authority	**Signature of Authorized Officer**
European Patent Office	

ANNEX TO THE INTERNATIONAL SEARCH REPORT ON INTERNATIONAL PATENT APPLICATION NO. DE 9000882 SA 41605

This annex lists the patent family members relating to the patent documents cited in the above-mentioned international search report. The members are as contained in the European Patent Office EDP file on 26/02/91
The European Patent Office is in no way liable for these particulars which are merely given for the purpose of information.

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A- 0275169	20-07-88	GB-A- 2200769	10-08-88
		JP-A- 63239340	05-10-88
DE-A- 3107666	25-02-82	FR-A,B 2477633	11-09-81

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/DE 90/00882

I. KLASSIFIKATION DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (bei mehreren Klassifikationssymbolen sind alle anzugeben)[6]

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

Int.Cl.[5] F 02 D 41/14

II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff[7]

Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole
Int.Cl.[5]	F 02 D, F 02 P

Recherchierte nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen[8]

III. EINSCHLÄGIGE VERÖFFENTLICHUNGEN[9]

Art*	Kennzeichnung der Veröffentlichung[11], soweit erforderlich unter Angabe der maßgeblichen Teile[12]	Betr. Anspruch Nr.[13]
X	EP, A, 0275169 (LUCAS INDUSTRIES) 20. Juli 1988 siehe Zusammenfassung; Spalte 22, Zeilen 7-11; Spalte 22, Zeilen 55-60 --	1,2
A	Patent Abstracts of Japan, Band 6, Nr. 146 (M-147) 5. August 1982, & JP, A, 57065824 (NISSAN MOTOR CO. LTD) 21. April 1982 --	1,2,11
A	DE, A, 3107666 (BOSCH) 25. Februar 1982 siehe das ganze Dokument --	3-13
A	Patent Abstracts of Japan, Band 13, Nr. 415 (M-870), 13. September 1989, & JP, A, 01151750 (NIPPON DENSO CO. LTD) 14. Juni 1989 ----------	13

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen[10]:

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

IV. BESCHEINIGUNG

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
13. Februar 1991	01 MAR 1991
Internationale Recherchenbehörde	**Unterschrift des bevollmächtigten Bediensteten**
Europäisches Patentamt	Mme N. KUIPER

ANHANG ZUM INTERNATIONALEN RECHERCHENBERICHT ÜBER DIE INTERNATIONALE PATENTANMELDUNG NR.

DE 9000882
SA 41605

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten internationalen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am 26/02/91
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A- 0275169	20-07-88	GB-A- 2200769	10-08-88
		JP-A- 63239340	05-10-88
DE-A- 3107666	25-02-82	FR-A,B 2477633	11-09-81

EPO FORM P0473

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82