

(19)



Europäisches Patentamt

European Patent Office

Office européen des brevets



(11)

EP 1 228 300 B1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:

05.01.2005 Patentblatt 2005/01

(51) Int Cl.7: **F02D 31/00**

(86) Internationale Anmeldenummer:

PCT/EP2000/010972

(21) Anmeldenummer: **00979536.0**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:

WO 2001/034959 (17.05.2001 Gazette 2001/20)

(22) Anmeldetag: **07.11.2000**

(54) **REGELSYSTEM ZUM SCHUTZ EINER BRENNKRAFTMASCHINE VOR ÜBERLAST**

CONTROL SYSTEM FOR PROTECTING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE FROM OVERLOADING

SYSTEME DE REGULATION DESTINE A PROTEGER UN MOTEUR A COMBUSTION INTERNE CONTRE LES SURCHARGES

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE ES FR GB IT

(30) Priorität: **09.11.1999 DE 19953767**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:

07.08.2002 Patentblatt 2002/32

(73) Patentinhaber: **MTU Friedrichshafen GmbH**

88040 Friedrichshafen (DE)

(72) Erfinder:

- **DÖLKER, Armin**
88090 Immenstaad (DE)
- **SPÄGELE, Thomas**
88069 Tettnang (DE)
- **WEHLER, Klaus**
88046 Friedrichshafen (DE)

(56) Entgegenhaltungen:

EP-A- 0 853 723

DE-A- 19 739 564

EP-A- 0 875 673

DE-A- 19 748 355

EP 1 228 300 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

[0001] Die Erfindung betrifft ein Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine vor Überlast, deren Leistung, in Abhängigkeit eines den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignals, über ein leistungsbestimmendes Signal eingestellt wird (siehe DE-A-19739564).

[0002] Ein derartiges Regelsystem ist aus der DE 195 15 481 A1 bekannt. Bei diesem System wird ein Leistungswunsch über einen Wählhebel vorgegeben. Hieraus wird ein Motordrehzahl-Sollwert für einen Drehzahlregelkreis und ein Steigungswinkel-Sollwert für eine Lastregelstufe berechnet. Der Motordrehzahlregler berechnet aus der Regelabweichung eine Einspritzmenge sowie deren Differenz zur maximal möglichen Einspritzmenge. Diese Differenz wird auf die Lastregelstufe geführt. Die Lastregelstufe steuert einen Verstellpropeller in Abhängigkeit des Steigungswinkel-Sollwerts, der Einspritzmengen-Differenz und des Motordrehzahl-Gradienten. Das sich am Abtrieb der Brennkraftmaschine einstellende Moment bleibt bei diesem System jedoch unberücksichtigt. Veränderte Randbedingungen, beispielsweise höhere Kraftstoffqualität, oder rasche Lasterhöhungen am Abtrieb, bewirken hohe Motor-Momente. Diese können über den vom Motorhersteller spezifizierten Werten liegen und eine Schädigung der Brennkraftmaschine verursachen.

[0003] Ausgehend vom zuvor beschriebenen Stand der Technik, liegt der Erfindung die Aufgabe zugrunde, diesen im Hinblick auf einen sicheren Schutz der Brennkraftmaschine weiterzuentwickeln.

[0004] Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Regelsystem gelöst, bei dem aus dem aktuellen und einem maximal zulässigen Motor-Moment ein Differenzmoment berechnet wird. Das Differenzmoment bestimmt hierbei maßgeblich ein zweites Signal. Das zweite Signal und ein aus dem Leistungswunsch ermitteltes erstes Signal werden auf ein Auswahlmittel geführt. Über das Auswahlmittel wird das erste oder zweite Signal als leistungsbestimmendes Signal gesetzt. Unter leistungsbestimmendem Signal ist im Sinne der Erfindung eine Einspritzmenge oder ein Regelweg einer Regelstange zu verstehen. In Ausgestaltung hierzu wird vorgeschlagen, daß das Auswahlmittel eine Minimalwertauswahl enthält. Über die Minimalwertauswahl wird das Signal als leistungsbestimmendes Signal gesetzt, dessen Wertigkeit am Geringsten ist.

In einer Ausgestaltung hierzu ist vorgesehen, daß das erste Signal mittels eines ersten Reglers oder alternativ mittels eines Funktionsblocks bestimmt wird. Das zweite Signal wiederum wird über einen zweiten Regler bestimmt. Weitere Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen aufgeführt.

[0005] Das Regelsystem gemäß der Erfindung ist in der Art ausgeführt, daß im Normalbetrieb das erste Signal das leistungsbestimmende Signal darstellt. Die Leistung der Brennkraftmaschine wird vom ersten Reg-

ler oder von einem Funktionsblock in Abhängigkeit des Leistungswunsches bestimmt, d.h. sie befindet sich im Drehzahl-Modus. Überschreitet nun das Moment am Abtrieb der Brennkraftmaschine das maximal zulässige Motor-Moment, so fällt der Wert des zweiten Signals unter den Wert des ersten Signals. Über das Auswahlmittel erfolgt dann ein Wechsel in der Dominanz zum zweiten Regler. Der zweite Regler bestimmt über das zweite Signal die Leistung der Brennkraftmaschine, d.h. sie befindet sich im Momentbegrenzungsregler-Modus, nachfolgend als MBR-Modus bezeichnet. Auf Grund der Regelabweichung wird der zweite Regler über die Verringerung des leistungsbestimmenden Signals das Moment am Abtrieb solange reduzieren, bis das maximal zulässige Motor-Moment wieder unterschritten wird. Danach erfolgt ein Wechsel zurück zum ersten Regler. Um sprunghafte Änderungen des leistungsbestimmenden Signals bei einem Wechsel in der Dominanz zu vermeiden, sind die beiden Regelkreise miteinander gekoppelt, wobei der integrierende Anteil des zweiten Reglers in Abhängigkeit des Differenzmoments entweder auf den Wert des ersten Signals gesetzt oder limitiert wird.

[0006] Die erfindungsgemäße Lösung und deren Ausgestaltung bieten den Vorteil, daß auf ein sich rasch erhöhendes Moment am Abtrieb, zum Beispiel beim Wiedereintauchen eines Waterjet-Antriebes, gezielt reagiert wird, indem das leistungsbestimmende Signal verringert wird. Hierdurch wird die Brennkraftmaschine wirksam vor Überlast geschützt.

[0007] Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß die Brennkraftmaschine leichter abzustimmen ist. Bekanntermaßen werden für jede Brennkraftmaschine bei einem Prüfstandslauf die individuellen Kennwerte der Brennkraftmaschine ermittelt, zum Beispiel die Grenzwertlinie (DBR-Kurve) der maximal zulässigen Kraftstoffeinspritzmenge. Diese applizierten Datenwerte sind von Brennkraftmaschine zu Brennkraftmaschine des gleichen Typs jedoch unterschiedlich und gelten nur für die vorgegebenen Randbedingungen. Demgegenüber eröffnet die Erfindung die Möglichkeit, daß identische Datenwerte verwendet werden können und zwar so, daß das maximale Motor-Moment unter allen möglichen Randbedingungen abgegeben wird. Wird das gemessene Motor-Moment größer als das maximal zulässige Motor-Moment, so führt der zweite Regler eine Korrektur im Sinne einer Reduktion des leistungsbestimmenden Signals durch.

[0008] Das in der Erfindung dargestellte Regelsystem ist bei Brennkraftmaschinen in Common-Rail- Bauweise, PLD-Bauweise (Pumpe-Leitung-Düse) oder konventioneller Bauweise einsetzbar.

[0009] In den Figuren ist ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen:

Figur 1 Ein Systemschaubild

Figur 2 Blockschalbild erster und zweiter Regler

Figur 3 Blockschalbild Funktionsblock und zweiter

	Regler
Figur 4	Blockschaltbild zweiter Regler
Figur 5	Tabelle
Figur 6	Blockschaltbild Berechnung I-Anteil
Figur 7	Blockschaltbild erster Regler
Figur 8	Zeitdiagramm
Figur 9	Programmablaufplan

[0010] In Figur 1 ist ein Blockschaltbild einer Brennkraftmaschine mit Speichereinspritzsystem (Common-Rail) dargestellt. Dieses zeigt eine Brennkraftmaschine 1 mit Turbolader und Ladeluftkühler 2, ein elektronisches Motorsteuergerät 11, eine erste Pumpe 4, eine zweite Pumpe 6, einen Hochdruckspeicher (Rail) 7, daran angeschlossene Injektoren 8 und ein Drosselventil 5. Die erste Pumpe 4 fördert aus einem Kraftstofftank 3 den Kraftstoff via dem Drosselventil 5 zur zweiten Pumpe 6. Diese wiederum fördert den Kraftstoff unter hohem Druck in den Hochdruckspeicher 7. Das Druckniveau des Hochdruckspeichers 7 wird über einen Rail-Drucksensor 10 erfaßt. Aus dem Hochdruckspeicher 7 zweigen Leitungen mit daran angeschlossenen Injektoren 8 für jeden Zylinder der Brennkraftmaschine 1 ab. Das elektronische Motorsteuergerät 11 steuert und regelt den Zustand der Brennkraftmaschine 1. Dieses weist die üblichen Bestandteile eines Mikrocomputersystems auf, beispielsweise Mikroprozessor, I/O-Bausteine, Puffer und Speicherbausteine (EEPROM, RAM). In den Speicherbausteinen sind die für den Betrieb der Brennkraftmaschine 1 relevanten Betriebsdaten in Kennfeldern/Kennlinien appliziert. Die in Figur 1 dargestellten Eingangsgrößen des elektronischen Motorsteuergeräts 11 sind: Druck des Zylinderraums $p_{ST(i)}$, der mittels Drucksensoren 9 gemessen wird, Druck p_{CR} des Hochdruckspeichers 7, Leistungswunsch FW , sowie weiteren Eingangsgrößen, die mit dem Sammel-Bezugszeichen E bezeichnet sind. Als Ausgangsgrößen A des elektronischen Motorsteuergeräts 11 sind die Ansteuersignale für die Injektoren 8, entsprechend dem Einspritzbeginn SB und der Einspritzmenge ve , und das Ansteuersignal ADV für das Drosselventil 5 dargestellt. Über das Drosselventil 5 wird der Zulauf zur zweiten Pumpe 6 eingestellt.

[0011] Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild des Regelsystems mit gekoppelter Regelkreisstruktur. Dargestellt sind: ein erster Regler 14, ein zweiter Regler 15, ein Auswahlmittel 16 und die Brennkraftmaschine 1 mit dem Einspritzsystem. Die Brennkraftmaschine 1 treibt via einer Kupplung 13 eine Motorlast 12 an, zum Beispiel einen Waterjet-Antrieb. Die Zahnwinkel Φ_1 und Φ_2 der Kupplung 13 werden von Drehzahlsensoren 22 detektiert. Aus dem Zahnwinkel Φ_1 wird über den Funktionsblock Erfassen/Filtern 18 die Motordrehzahl n_{MOT} berechnet. Dieses Signal wird an einem Subtraktionspunkt mit der Führungsgröße, dem Motordrehzahl-Sollwert $n_{MOT}(SW)$, verglichen. Der Sollwert $n_{MOT}(SW)$ stellt hierbei das den Leistungswunsch kennzeichnende Eingangssignal dar.

[0012] Über den Funktionsblock Erfassen/Filtern 17 wird aus den beiden Zahnwinkeln Φ_1 und Φ_2 das Motor-Moment M_K am Abtrieb der Brennkraftmaschine 1 ermittelt. Das Motor-Moment M_K wird mit einem maximal zulässigen Motor-Moment $M_K(Max)$ verglichen. Das maximal zulässige Motor-Moment $M_K(Max)$ wird aus den Eingangsgrößen E bestimmt, z. B. Motordrehzahl n_{MOT} , Laderdrehzahl, Ladeluftdruck p_{LL} , Kraftstoff-, Abgas- und Kühlwassertemperatur.

[0013] Alternativ zum gemessenen Motor-Moment M_K kann dieses auch mittels eines mathematischen Modells berechnet werden. Beispielsweise kann das mathematische Modell eine thermodynamische Abbildung der Brennkraftmaschine enthalten.

[0014] Die Eingangsgrößen des ersten Reglers 14 sind: die Drehzahldifferenz dn_{MOT} , die Motordrehzahl n_{MOT} und ein Signal $ve_2(F)$. Das Signal $ve_2(F)$ entsteht aus einem zweiten Signal ve_2 , indem das zweite Signal ve_2 über ein Verzögerungsglied 20 und Filter 21 modifiziert wird. In einer einfacheren Ausführungsform kann das zweite Signal ve_2 auch direkt auf den ersten Regler 14 geführt sein oder nur über das Verzögerungsglied 20 bzw. das Filter 21 geführt sein. Die Ausgangsgröße des ersten Reglers 14 ist das erste Signal ve_1 . Dieses ist auf das Auswahlmittel 16 und den zweiten Regler 15 geführt.

Die Eingangsgrößen des zweiten Reglers 15 sind: das Differenzmoment $M_K(Diff)$, das erste Signal ve_1 und ein modifizierter Reglermodus $RM(ver)$. Das Signal des modifizierten Reglermodus $RM(ver)$ wiederum entspricht einem um eine Abtastperiode verzögerten Reglermodus RM . Die Zeitverzögerung erfolgt mittels des Verzögerungsglieds 19. Das Ausgangssignal des zweiten Reglers 15 ist das zweite Signal ve_2 . Dieses ist auf das Auswahlmittel 16 und das Verzögerungsglied 20 geführt.

Das Auswahlmittel 16 enthält eine Minimalwertauswahl. Über die Minimalwertauswahl wird als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve_1 gesetzt, wenn das erste Signal ve_1 kleiner oder gleich dem zweiten Signal ve_2 ist. Für diesen Fall wird der Reglermodus RM auf einen ersten Wert gesetzt. Dies entspricht einem Betrieb der Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus. Als leistungsbestimmendes Signal ve wird das zweite Signal ve_2 gesetzt, wenn das zweite Signal ve_2 kleiner als das erste Signal ve_1 ist. In diesem Fall wird der Reglermodus RM auf einen zweiten Wert gesetzt. Dies entspricht einem Betrieb der Brennkraftmaschine im MBR-Modus. Die Ausgangssignale des Auswahlmittels 16 sind das leistungsbestimmende Signal ve und der Reglermodus RM . Das leistungsbestimmende Signal ve wird auf die Einspritzeinrichtung der Brennkraftmaschine 1 geführt. Unter leistungsbestimmendem Signal im Sinne der Erfindung ist die Einspritzmenge oder der Regelweg einer Regelstange zu verstehen.

Die Struktur des ersten Reglers 14 wird in Verbindung mit der Figur 7 erklärt. Die Struktur des zweiten Reglers 15 wird in Verbindung mit den Figuren 4 bis 6 erklärt.

Die Funktion des Regelsystems ist folgendermaßen:

[0015] Solange das Motor-Moment MK deutlich kleiner als das maximal zulässige Motor-Moment MK(Max) ist, greift der zweite Regler 15 nicht in den ersten Regler 14 ein. Dies wird dadurch gewährleistet, daß der integrierende Anteil (I-Anteil) des zweiten Reglers 15 auf den Wert des vom ersten Regler 14 berechneten ersten Signals ve1, gesetzt wird. Da das Differenzmoment MK (Diff) positiv ist, wird der integrierende Anteil des zweiten Reglers 15, z. B. bei Verwendung eines PI-Reglers, mit einem positiven Proportionalanteil (P-Anteil) addiert. Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal ve2 ist somit größer als das erste Signal ve 1. Folglich bleibt die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus. Erst wenn das Motor-Moment MK weiter ansteigt und sich dem maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max) annähert, wird der Integriervorgang des I-Anteils des zweiten Reglers 15 gestartet. Dies ermöglicht einen störungsfreien Übergang vom ersten Regler 14 auf den zweiten Regler 15, da der I-Anteil des zweiten Reglers 15 nun frei laufen kann und nicht mehr gesetzt wird. Wird das zweite Signal ve2 kleiner als das erste Signal ve 1, so wechselt die Brennkraftmaschine vom Drehzahl-Modus in den MBR-Modus.

[0016] Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal ve2 wird zur Begrenzung des I-Anteils des ersten Reglers 14 verwendet. Die Begrenzung des I-Anteils des ersten Reglers 14 erfolgt jedoch wegen des Verzögerungsglieds 20 und des Filters 21 zeitlich versetzt. Es liegt somit keine Rückkopplung des ersten Signals ve1 auf den I-Anteil des ersten Reglers 14 vor. Insofern sind der Ausgang des ersten Reglers 14 und der I-Anteil des ersten Reglers 14 dynamisch entkoppelt. Hierdurch wird eine unerwünschte Verstärkung der Reglerdynamik wirksam verhindert. Beispielsweise bei einer schnellen Entlastung der Brennkraftmaschine, verkleinert sich das Ausgangssignal des ersten Reglers 14, also das erste Signal ve 1. Insofern verringern sich auch der I-Anteil des zweiten Reglers 15 und das zweite Signal ve2. Ohne die verzögernde Wirkung des Filters 21 würde unter Umständen auch der I-Anteil des ersten Reglers 14 verkleinert werden, was zu einer weiteren Verkleinerung des ersten Signals ve 1 führen könnte.

[0017] Figur 3 zeigt eine alternative Ausführung des Blockschaltbildes der Figur 2. Im Unterschied zur Figur 2 wird bei diesem Blockschaltbild das erste Signal ve 1 über einen Funktionsblock 23 in Abhängigkeit eines Leistungswunsches, hier Fahrpedal FP, berechnet. Der Funktionsblock 23 beinhaltet die Umrechnung der Fahrpedalstellung in das erste Signal ve 1. Hierzu sind entsprechende Kennlinien einschließlich einer Begrenzung vorgesehen.

[0018] Die für die Umrechnung erforderlichen Eingangsgrößen sind mit dem Bezugszeichen E dargestellt, beispielsweise Motordrehzahl nMOT, Ladeluftdruck pLL usw.

Ein weiterer Unterschied besteht darin, daß das zweite

Signal ve2 bei dem Blockschaltbild gemäß der Figur 3 ausschließlich auf das Auswahlmittel 16 geführt ist. Gegenüber der Figur 2 entfällt der Soll-/Ist-Vergleich der Motordrehzahl, da der Leistungswunsch über ein Fahrpedal vorgegeben wird. Der weitere Aufbau entspricht dem der Figur 2, so daß das dort Gesagte gilt.

[0019] Figur 4 zeigt das Blockschaltbild des zweiten Reglers 15. Dieser weist einen integrierenden Anteil auf und ist exemplarisch als PI-Regler in zeitdiskreter Form dargestellt. In der Praxis kann der zweite Regler 15 auch als PID-Regler oder als PI(DT1)-Regler realisiert werden. Die Eingangsgrößen des zweiten Reglers 15 sind: der modifizierte Reglermodus RM(ver), das erste Signal ve 1 und das Differenzmoment MK(Diff). Die Ausgangsgröße des zweiten Reglers 15 ist das zweite Signal ve2. Der zweite Regler 15 weist als Bestandteile eine Multiplikation 25, einen Funktionsblock Berechnung I-Anteil 24 und eine Summation 26 auf. Über die Multiplikation 25 wird der P-Anteil ve2(P) berechnet. Über den Funktionsblock 24 wird der I-Anteil ve2(I) berechnet. Die Struktur und die Funktionsweise des Funktionsblocks Berechnung I-Anteil 24 wird in Verbindung mit Figur 5 und 6 erläutert. Der P-Anteil ve2(P) errechnet sich aus dem Differenzmoment MK(Diff) und einem Proportionalbeiwert kp. Der Proportionalbeiwert kp kann entweder konstant vorgegeben werden oder, in Abhängigkeit vom Motormoment MK und dem eine Abtastperiode zuvor berechneten Wert des zweiten Signals ve2, berechnet werden. Alternativ kann auch vorgesehen sein, daß der Proportionalbeiwert kp in Abhängigkeit des Motormoments MK und dem eine Abtastperiode zuvor berechneten I-Anteil ve2(I), berechnet wird. Durch die Berechnung des Proportionalbeiwerts kp kann das Übertragungsverhalten des zweiten Reglers 15 an unterschiedliche Betriebsbedingungen, beispielsweise unterschiedliche Kraftstoffdichte oder betriebspunktabhängige Änderungen des Motorwirkungsgrades, angepaßt werden. Das dynamische Verhalten des zweiten Reglers 15 kann optimiert werden, wenn bei der Berechnung des kp-Wertes das Differenzmoment MK(Diff) zusätzlich berücksichtigt wird.

[0020] Wie in Figur 4 dargestellt, ergibt sich das zweite Signal ve2 aus der Summe des P-Anteils und des I-Anteils, Summation 26. Für die Berechnung gilt somit:

$$ve2 = ve2(P) + ve2(I)$$

mit:

ve2	zweites Signal
ve2(P)	Proportional-Anteil (P-Anteil)
ve2(I)	Integral-Anteil (I-Anteil)

[0021] Figur 6 zeigt ein Blockschaltbild zur Berechnung des I-Anteils ve2(I) aus Figur 4. Zu dieser Figur gehört die Tabelle der Figur 5. Die Eingangsgrößen des Blockschaltbildes der Figur 6 sind: das erste Signal ve1,

der modifizierte Reglermodus RM(ver) und das Differenzmoment MK(Diff). Die Ausgangsgröße ist der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$. Der Funktionsblock Berechnung Integral-Anteil 24 beinhaltet einen ersten Softwareschalter 33 und einen zweiten Softwareschalter 34. Für die Schaltstellungen des ersten Softwareschalters 33 gelten folgende Beziehungen:

1. Wenn der verzögerte Reglermodus RM(ver) größer oder gleich dem Wert L2 ist, dann ist der Eingang C aktiv. Der Wert L2 ist hierbei konstant auf 1 gesetzt. Der verzögerte Reglermodus RM(ver) ist 1 im Drehzahl-Modus, d. h. im Normalbetrieb der Brennkraftmaschine.
2. Wenn der verzögerte Reglermodus RM(ver) kleiner als der Wert L2 ist, dann ist der Eingang D aktiv. Der verzögerte Reglermodus RM(ver) ist Null im MBR-Modus.

[0022] Für den zweiten Softwareschalter 34 gelten folgende Beziehungen:

1. Wenn der Ausgangswert des ersten Softwareschalters 33 größer oder gleich dem Wert L1 ist, so ist der Eingang A aktiv. Der Wert L1 ist positiv. Dieser kann entweder aus dem maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max) berechnet werden oder konstant sein, z. B. 150 Nm.
2. Wenn der Ausgangswert des ersten Softwareschalters 33 kleiner als der Wert L1 ist, so ist der Eingang B aktiv.

[0023] Die in Figur 6 dargestellten Schaltstellungen des ersten 33 und zweiten Softwareschalters 34 entsprechen der ersten Zeile der Tabelle in Figur 5. Für diesen Fall, d. h. der erste Regler 14 ist dominant und das Differenzmoment MK(Diff) ist größer als der Wert L1, sind die Schaltstellungen C/A aktiv. In diesen Schaltstellungen entspricht der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ dem ersten Signal $ve1$. Mit anderen Worten: der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ wird auf den Wert des ersten Signals $ve1$ gesetzt. Aufgrund des positiven Differenzmoments MK(Diff) ergibt sich ebenfalls ein positiver P-Anteil $ve2(P)$. Insgesamt ergibt sich somit ein zweites Signal $ve2$ dessen Wert größer ist als das erste Signal $ve1$. Über die Minimalwertauswahl des Auswahlmittels 16 wird somit das erste Signal $ve1$ als das leistungsbestimmende Signal ve gesetzt.

[0024] Unterschreitet nun das Differenzmoment MK(Diff) den Wert L1, d. h. das Motor-Moment der Brennkraftmaschine entwickelt sich in Richtung des maximal zulässigen Motor-Moments MK(Max), so ändert der zweite Softwareschalter 34 seine Schaltstellung, der Eingang B wird aktiv. Dieser Fall entspricht der zweiten Zeile der Tabelle in Figur 5. In dieser Schaltstellung wird der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ nicht mehr auf den Wert des ersten Signals $ve1$ gesetzt, sondern auf diesen mittels des Funktionsblocks Minimalwert 31

begrenzt. Mit anderen Worten: der I-Anteil des zweiten Signals $ve2$ beginnt frei zu laufen. Auf den zweiten Eingang des Funktionsblocks Minimalwert 31 ist das Ergebnis einer Summation 30 geführt. Der erste Summand entspricht hierbei dem eine Abtastperiode zuvor ermittelten Wert (Verzögerungsglied 32) des I-Anteils $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$. Der zweite Summand entsteht aus der Multiplikation 29 eines Faktors F mit der Summe des Differenzmoments MK(Diff) zum aktuellen und zum vorhergehenden Zeitpunkt, Bezugszeichen 27 und 28. Der Faktor F wird in Abhängigkeit des zuvor beschriebenen Proportionalbeiwerts k_p , einer Abtastzeit TA und einer Nachstellzeit TN berechnet. Die Nachstellzeit wiederum ist entweder konstant oder stellt eine Funktion der Motordrehzahl $nMOT$ dar. Es gelten somit folgende Beziehungen:

$$F = f(k_p, TA, TN)$$

und

$$TN = f(nMOT); TN = \text{konstant}$$

[0025] Aus dem zuvor Beschriebenen ergibt sich, daß der Übergang vom Drehzahl-Modus zum MBR-Modus stets bei freilaufendem integrierenden Anteil des zweiten Reglers 15 erfolgt. Hierdurch wird ein sanfter Übergang vom ersten 14 auf den zweiten Regler 15, ohne sprunghafte Änderung des leistungsbestimmenden Signals ve , gewährleistet.

[0026] Übersteigt das aktuelle Motor-Moment MK das maximal zulässige Motor-Moment MK(Max), so wird das zweite Signal $ve2$ aufgrund des negativen Differenzmoments MK(Diff) kleiner als das erste Signal $ve1$. Als Folgeaktion setzt das Auswahlmittel 16 das zweite Signal $ve2$ als das leistungsbestimmende Signal ve und setzt den Reglermodus RM auf den zweiten Wert, hier Null. Die Änderung des modifizierten Reglermodus RM(ver) bewirkt, daß der erste Softwareschalter 33 seine Stellung ändert, der Eingang D ist jetzt aktiv. Diese Schaltstellung entspricht der dritten Zeile der Tabelle in Figur 5. Eine Rückkehr zum Drehzahl-Modus erfolgt dann, wenn das zweite Signal $ve2$ größer oder gleich dem ersten Signal $ve1$ wird.

[0027] In Figur 7 ist der erste Regler 14 dargestellt. Dieser weist einen integrierenden Anteil auf und ist exemplarisch als PID-Regler in zeitdiskreter Form dargestellt. In der Praxis kann der erste Regler auch als PI- oder PI(DT1)-Regler ausgeführt sein.

Die Eingangsgrößen des ersten Reglers 14 sind: die Drehzahldifferenz $dnMOT$, die Motordrehzahl $nMOT$ und das modifizierte zweite Signal $ve2(F)$.

Der dargestellte erste Regler beinhaltet drei Funktionsblöcke zur Berechnung des P-, I- und D-Anteils, entsprechend den Bezugszeichen 37 bis 39. Über den Funktionsblock 37 wird aus einer Eingangsgröße EP

und der Drehzahldifferenz dnMOT der P-Anteil $ve1(P)$ ermittelt. Über den Funktionsblock 38 wird aus der Drehzahldifferenz dnMOT, einem ersten Eingangssignal $ve(M)$ und einem zweiten Eingangssignal EI, der I-Anteil $ve1(I)$ berechnet. Hierbei ist der I-Anteil $ve1(I)$ auf das erste Eingangssignal $ve(M)$ begrenzt. Über den Funktionsblock 39 wird aus der Drehzahldifferenz dnMOT und einer Eingangsgröße ED der D-Anteil $ve1(D)$ berechnet. Das erste Eingangssignal $ve(M)$ entspricht entweder dem Signal $ve2(F)$ oder einem Signal $ve1(KF)$, je nachdem, welches Signal die geringere Wertigkeit aufweist. Hierzu ist ein erster Funktionsblock Minimalwert 36 vorgesehen. Das Signal $ve1(KF)$ wiederum wird aus der Motordrehzahl nMOT und weiteren Eingangsgrößen über Kennfelder 35 bestimmt. Die weiteren Eingangsgrößen sind als Sammetbezugszeichen E dargestellt. Die Eingangsgrößen E können beispielsweise der Ladeluftdruck pLL usw. sein. Alle drei Anteile werden über eine Summation 40 zu einem gemeinsamen Signal $ve1(S)$ summiert. Über den zweiten Funktionsblock Minimalwert 41 wird sodann aus diesem Signal $ve1(S)$ und aus dem Signal $ve1(KF)$ dasjenige ausgewählt, welches die geringste Wertigkeit aufweist. Dieses Signal entspricht dem ersten Signal $ve1$.

[0028] Das vom zweiten Regler 15 berechnete zweite Signal $ve2$ beeinflusst die Berechnung des integrierenden Anteils $ve1(I)$ des ersten Reglers 14. Aufgrund des Filters 21 ist jedoch das Signal $ve2(F)$ gegenüber dem zweiten Signal $ve2$ zeitlich verzögert. Es liegt daher keine direkte Rückkopplung des Ausgangs des ersten Reglers 14 auf den integrierenden Anteil $ve1(I)$ des ersten Reglers 14 vor. Der Ausgang $ve1$ des ersten Reglers 14 und der integrierende Anteil $ve1(I)$ des ersten Reglers 14 sind dynamisch entkoppelt. Hierdurch wird eine unerwünschte Verstärkung der Reglerdynamik wirksam verhindert. Beispielsweise bei einer schnellen Entlastung der Brennkraftmaschine, verkleinert sich das Ausgangssignal des ersten Reglers 14, also das erste Signal $ve1$. Insofern verringern sich auch der I-Anteil des zweiten Reglers 15 und das zweite Signal $ve2$. Ohne die verzögernde Wirkung des Filters 21 würde unter Umständen auch der I-Anteil des ersten Reglers 14 verkleinert werden, was zu einer weiteren Verkleinerung des ersten Signals $ve1$ führen könnte.

[0029] Die Figur 8 besteht aus den Teilfiguren 8A bis 8E. Dargestellt sind jeweils über der Zeit: der modifizierte Reglermodus RM(ver) (Figur 8A), das Motor-Moment MK (Figur 8C), das erste $ve1$ und zweite Signal $ve2$ (Figur 8D) und das leistungsbestimmende Signal ve (Figur 8E). In Figur 8B sind die Schaltstellungen des ersten 33 und zweiten Softwareschalters 34 zu den jeweiligen Zeitpunkten dargestellt. In Figur 8C sind parallel zu der Abszisse zwei Begrenzungslinien MK(Max) und GW dargestellt. Die Differenz dieser beiden Begrenzungslinien entspricht dem Wert L1. Das Differenzmoment MK(Diff) ergibt sich aus dem jeweiligen Unterschied des Kurvenzugs mit den Punkten A bis F zum maximal zulässigen Motor-Moment MK(Max). In Figur 8D ist als

durchgezogene Linie der Verlauf des zweiten Signals $ve2$ dargestellt. Das erste Signal $ve1$ ist als gestrichelte Linie dargestellt.

[0030] Der Ablauf des Verfahrens ist folgendermaßen: im Zeitpunkt $t1$ wird davon ausgegangen, daß die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben wird. In diesem Modus wird das vom ersten Regler 14 berechnete erste Signal $ve1$ vom Auswahlmittel 16 als leistungsbestimmendes Signal ve gesetzt. Das in Figur 8E dargestellte Niveau und der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve entspricht somit dem Wert des ersten Signals $ve1$. Der Reglermodus RM wird vom Auswahlmittel 16 auf einen ersten Wert, hier Eins, gesetzt. Die beiden Softwareschalter 33 und 34 sind in der Stellung C/A. In dieser Schaltstellung entspricht der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ dem Wert des ersten Signals $ve1$. Mit anderen Worten: der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals wird auf den Wert des ersten Signals $ve1$ gesetzt. Im Zeitpunkt $t1$ liegt ein positives Differenzmoment MK(Diff) vor. Hieraus resultiert ebenfalls ein positiver P-Anteil $ve2(P)$ des zweiten Reglers 15. Das zweite Signal $ve2$ errechnet sich zu:

$$ve2 = ve1 + ve2(P)$$

mit:

$ve2$	zweites Signal
$ve1$	erstes Signal
$ve2(P)$	P-Anteil zweites Signal

[0031] Wie in Figur 8D dargestellt, liegt der Wert des zweiten Signals $ve2$, Punkt J, oberhalb des Werts des ersten Signals $ve1$, Punkt G. Für den weiteren Verlauf wird davon ausgegangen, daß das erste Signal $ve1$ konstant bleibt.

[0032] Zum Zeitpunkt $t1$ wird nun davon ausgegangen, daß das Motor-Moment MK am Abtrieb der Brennkraftmaschine sich erhöht, d. h. der Kurvenverlauf in Figur 8C ändert sich im Punkt A in Richtung des Punktes C. Aufgrund des sich verkleinernden Differenzmoments MK(Diff) wird sich der P-Anteil $ve2(P)$ des zweiten Signals $ve2$ ebenfalls verringern. Der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ ist nach wie vor auf den Wert des ersten Signals $ve1$ gesetzt. Der berechnete Wert des zweiten Signals $ve2$ liegt deshalb oberhalb des ersten Signals $ve1$, d. h. bei einem größeren Wert. Im Punkt B der Figur 8C ist das Differenzmoment MK(Diff) gleich dem Wert L1. Mit Überschreiten dieser Linie ändert der Softwareschalter 34 seine Schaltstellung. In Figur 8B ist dies mit der Veränderung der Schaltstellungen von C/A und C/B dargestellt. Ab diesem Zeitpunkt wird der I-Anteil $ve2(I)$ des zweiten Signals $ve2$ nicht mehr auf den Wert des ersten Signals $ve1$ gesetzt, sondern lediglich auf den Wert des ersten Signals $ve1$ limitiert. Der integrierende Anteil des zweiten Reglers 15 beginnt somit ab diesem Zeitpunkt frei zu laufen.

[0033] Zum Zeitpunkt t_2 ergibt sich ein Differenzmoment $MK(Diff)$ von Null. Hieraus resultiert, daß der P-Anteil $ve_2(P)$ des zweiten Signals ve_2 ebenfalls Null ist. Zu diesem Zeitpunkt entspricht der Wert des zweiten Signals ve_2 , dem Wert des ersten Signals ve_1 , Punkt K in Figur 8D. Überschreitet nun das Differenzmoment $MK(Diff)$ das maximal zulässige Motor-Moment $MK(Max)$, so verursacht dies einen Vorzeichenwechsel des Differenzmoments $MK(Diff)$. Hieraus folgt, daß das zweite Signal ve_2 nunmehr einen kleineren Wert aufweist als das erste Signal ve_1 . Als Reaktion hierauf ändert das Auswahlmittel 16 den Reglermodus RM von 1 nach 0 und setzt als leistungsbestimmendes Signal ve das zweite Signal ve_2 . Zusätzlich ändern die beiden Softwareschalter 33 und 34 ihre Schaltstellung nach D/B. Im Zeitraum t_2 bis t_4 ergibt sich aufgrund des angenommenen Verlaufs des Differenzmoments $MK(Diff)$ ein entsprechender Verlauf des zweiten Signals ve_2 , entsprechend dem Kurvenzug K bis N. Da die Brennkraftmaschine nunmehr im MBR-Modus betrieben wird, entspricht der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve dem Verlauf des zweiten Signals ve_2 .

[0034] Zum Zeitpunkt t_4 wird nun davon ausgegangen, daß der Wert des zweiten Signals ve_2 dem Wert des ersten Signals ve_1 entspricht. Das Auswahlmittel 16 wird aufgrund der Minimalwertauswahl den Reglermodus RM wieder auf den ersten Wert, hier Eins, setzen und als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve_1 setzen. Ab dem Zeitpunkt t_4 entspricht somit der Verlauf des leistungsbestimmenden Signals ve dem Verlauf des ersten Signals ve_1 , d. h. ve bleibt konstant, wie in Figur 8E dargestellt. Bedingt durch die Änderung des Reglermodus RM ändern sich die Schaltstellungen der beiden Softwareschalter 33 und 34 nach C/B. Im Punkt E entspricht das Differenzmoment $MK(Diff)$ wieder dem Wert L1. Hierdurch verändert sich die Schaltstellung des zweiten Softwareschalters 34, d. h. die beiden Softwareschalter 33 und 34 nehmen nunmehr die Schaltstellung C/A ein. In dieser Schaltstellung wird der I-Anteil $ve_2(I)$ des zweiten Signals ve_2 auf den Wert des ersten Signals ve_1 gesetzt. Entsprechend dem weiteren Verlauf des Differenzmoments $MK(Diff)$ ergibt sich für das zweite Signal ve_2 ein Verlauf gemäß dem Kurvenzug N bis O. Zum Zeitpunkt t_5 ist der betrachtete Zeitraum beendet.

[0035] In Figur 9 ist ein Programmablaufplan des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Im Schritt S1 wird der Reglermodus RM mit 1 initialisiert, da beim Start der Brennkraftmaschine noch kein Motor-Moment vorliegt. Im Ausgangszustand wird die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben. Im Schritt S2 wird der erste Regler als dominant gesetzt, d. h. das erste Signal ve_1 wird als leistungsbestimmendes Signal ve gesetzt. Im Schritt S3 und S4 wird das erste Signal ve_1 berechnet und das aktuelle Motor-Moment MK eingelesen. Danach wird bei Schritt S5 aus dem aktuellen Motor-Moment MK und einem maximal zulässigen Motor-Moment $MK(Max)$, ein Differenzmoment $MK(Diff)$ be-

rechnet. Im Schritt S6 wird geprüft, ob der Reglermodus RM gleich 1 ist, d. h. ob sich die Brennkraftmaschine nach wie vor im Drehzahl-Modus befindet. Ist dies nicht der Fall, d. h. die Brennkraftmaschine befindet sich im MBR-Modus, werden die Schritte S 16 bis S22 durchlaufen. Ergibt die Prüfung, daß die Brennkraftmaschine im Drehzahl-Modus betrieben wird, so erfolgt bei Schritt S7 die Abfrage, ob das Differenzmoment $MK(Diff)$ größer dem Wert L1 ist.

Bei positivem Prüfergebnis wird der I-Anteil $ve_2(I)$ des zweiten Signals ve_2 auf den Wert des ersten Signals ve_1 gesetzt, Schritt S8. Bei negativem Prüfergebnis im Schritt S7 wird die Berechnung des I-Anteils $ve_2(I)$ des zweiten Signals ve_2 aktiviert, Schritt S9. Bei Schritt S 10 wird der I-Anteil $ve_2(I)$ des zweiten Signals ve_2 auf den Wert des ersten Signals ve_1 limitiert. Bei Schritt S 11 wird der P-Anteil $ve_2(P)$ des zweiten Signals ve_2 in Abhängigkeit des Differenzmoments $MK(Diff)$ und eines Proportionalbeiwerts k_p berechnet. Bei Schritt S12 wird das zweite Signal ve_2 über die Addition des P- und I-Anteils ermittelt. Danach wird bei Schritt S 13 geprüft, ob das zweite Signal ve_2 kleiner als das erste Signal ve_1 ist. Ist dies nicht der Fall, so verzweigt das Programm zu Punkt A. Wird bei Schritt S 13 festgestellt, daß der Wert des zweiten Signals ve_2 kleiner als der Wert des ersten Signals ve_1 ist, so wird über das Auswahlmittel 16 der Reglermodus RM auf einen zweiten Wert, hier Null, gesetzt. Durch das Auswahlmittel 16 wird als leistungsbestimmendes Signal ve nunmehr das zweite Signal ve_2 gesetzt, d. h. der zweite Regler 15 ist dominant. Danach verzweigt der Programmablauf zum Punkt A mit dem erneuten Berechnen des ersten Signals ve_1 .

[0036] Wird bei Schritt S6 festgestellt, daß sich die Brennkraftmaschine im MBR-Modus befindet, so wird bei Schritt S 16 die Berechnung des I-Anteils $ve_2(I)$ des zweiten Signals ve_2 aktiviert. Der I-Anteil wird hierbei auf den Wert des ersten Signals ve_1 limitiert, Schritt S 17. Danach wird der P-Anteil wie zuvor beschrieben berechnet, Schritt S 18. Aus dem P- und I-Anteil wird im Schritt S 19 das zweite Signal ve_2 ermittelt. Im Schritt S20 wird geprüft, ob der Wert des zweiten Signals ve_2 kleiner ist als der Wert des ersten Signals ve_1 . Ist dies der Fall, so verzweigt der Programmablaufplan zum Punkt A. Bei negativem Prüfergebnis, d. h. das zweite Signal ve_2 ist nicht kleiner als das erste Signal ve_1 wird der Reglermodus RM auf einen ersten Wert, hier 1, gesetzt. Danach wird bei Schritt S22 als leistungsbestimmendes Signal ve das erste Signal ve_1 gesetzt, d. h. der erste Regler 14 ist dominant.

Bezugszeichenliste

[0037]

- | | |
|---|--------------------|
| 1 | Brennkraftmaschine |
| 2 | Turbolader |
| 3 | Kraftstofftank |
| 4 | erste Pumpe |

5 Drosselventil
 6 zweite Pumpe
 7 Hochdruckspeicher (Rail)
 8 Injektor
 9 Drucksensor
 10 Rail-Drucksensor
 11 Elektronisches Motorsteuergerät
 12 Motorlast
 13 Kupplung
 14 erster Regler (Drehzahl)
 15 zweiter Regler (Moment)
 16 Auswahlmittel
 17 Funktionsblock Erfassen/Filtern
 18 Funktionsblock Erfassen/Filtern
 19 Verzögerungsglied
 20 Verzögerungsglied
 21 Filter
 22 Drehzahlsensoren
 23 Funktionsblock
 24 Funktionsblock Berechnung I-Anteil
 25 Multiplikation
 26 Summation
 27 Verzögerungsglied
 28 Summation
 29 Multiplikation
 30 Summation
 31 Funktionsblock Minimalwert
 32 Verzögerungsglied
 33 erster Softwareschalter
 34 zweiter Softwareschalter
 35 Kennfelder
 36 erster Funktionsblock Minimalwert
 37 Funktionsblock Berechnung P-Anteil
 38 Funktionsblock Berechnung I-Anteil
 39 Funktionsblock Berechnung D-Anteil
 40 Summation
 41 zweiter Funktionsblock Minimalwert

Patentansprüche

1. Regelsystem zum Schutz einer Brennkraftmaschine (1) vor Überlast, deren Leistung, in Abhängigkeit eines den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignals (FW), über ein leistungsbestimmendes Signal (ve) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet, daß** aus dem aktuellen Motor-Moment (MK) und einem maximal zulässigen Motor-Moment (MK(Max)) ein Differenzmoment (MK(Diff)) berechnet wird, wobei das Differenzmoment (MK(Diff)) maßgeblich ein zweites Signal (ve2) bestimmt ($ve2=f(MK(Diff))$), aus dem den Leistungswunsch kennzeichnenden Eingangssignal (FW) ein erstes Signal (ve 1) bestimmt wird und über ein Auswahlmittel (16) das erste (ve1) oder zweite Signal (ve2) als leistungsbestimmendes Signal (ve) gesetzt wird.

2. Regelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Auswahlmittel (16) eine Minimalwertauswahl enthält, als leistungsbestimmendes Signal (ve) das erste Signal (ve1) gesetzt wird ($ve=ve1$), wenn das erste Signal (ve1) kleiner oder gleich dem zweiten Signal ist ($ve1 \leq ve2$) und als leistungsbestimmendes Signal (ve) das zweite Signal (ve2) gesetzt wird ($ve=ve2$), wenn das zweite Signal (ve2) kleiner als das erste Signal (ve1) ist ($ve2 < ve1$).

3. Regelsystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet, daß** über das Auswahlmittel (16) ein Reglermodus (RM) auf einen ersten Wert gesetzt wird ($RM=1$), wenn das erste Signal (ve 1) dominant ist ($ve=ve1$) und auf einen zweiten Wert gesetzt wird ($RM=0$), wenn das zweite Signal (ve2) dominant ist ($ve=ve2$).

4. Regelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Signal (ve1) aus einer Motordrehzahl (nMOT), einer Drehzahldifferenz (dnMOT) und dem zweiten Signal (ve2) mittels eines ersten Reglers (14) bestimmt wird.

5. Regelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Signal (ve 1) aus einem Fahrpedalwert (FP) und weiteren Eingangsgrößen, insbesondere einem Ladeluftdruck (pLL), mittels eines Funktionsblock (23) bestimmt wird.

6. Regelsystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, daß** das zweite Signal (ve2) zusätzlich aus dem Reglermodus (RM) und dem ersten Signal (ve 1) mittels eines zweiten Reglers (15) bestimmt wird.

7. Regelsystem nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Signal (ve1) auf den zweiten Regler (15) geführt ist.

8. Regelsystem nach Anspruch 6, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ausgang des zweiten Reglers (15) auf den ersten Regler (14) und das Auswahlmittel (16) geführt ist.

9. Regelsystem nach Anspruch 8, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Signalpfad vom zweiten Regler (15) zum ersten Regler (14) ein Verzögerungsglied (20) und/oder ein Filter (21) angeordnet ist.

10. Regelsystem nach Anspruch 4 und 9, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein modifiziertes zweites Signal (ve2(F)), welches mittels Verzögerungsglieds (20) und/oder Filters (21) aus dem zweiten Signal (ve2) abgeleitet wird, eine Eingangsgröße des ersten Reglers (14) darstellt.

11. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Ausgang des Auswahlmittels (16) auf den zweiten Regler (15) geführt ist.
12. Regelsystem nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet, daß** im Signalpfad vom Auswahlmittel (16) zum zweiten Regler (15) ein Verzögerungsglied (19) angeordnet ist.
13. Regelsystem nach Anspruch 6 und 12, **dadurch gekennzeichnet, daß** ein modifizierter Reglermodus (RM(ver)), welcher mittels des Verzögerungsglieds (19) bestimmt wird, eine Eingangsgröße des zweiten Reglers (15) darstellt.
14. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zweite Regler (15) zumindest als I-Regler ausgeführt wird, wobei dieser einen I-Anteil berechnet ($ve2(I)$) und das zweite Signal ($ve2$) aus dem I-Anteil ($ve2(I)$) berechnet wird ($ve2=f(ve2(I))$).
15. Regelsystem nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der I-Anteil ($ve2(I)$) auf den Wert des ersten Signals ($ve1$) gesetzt wird ($ve2(I)=ve1$), wenn das Differenzmoment ($MK(Diff)$) größer oder gleich einem Wert ($L1$) ist ($MK(Diff)=L1$) und der Reglermodus (RM) alternativ der modifizierte Reglermodus (RM(ver)) dem ersten Wert entspricht ($RM=1$, $RM(ver)=1$).
16. Regelsystem nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der I-Anteil ($ve2(I)$) auf den Wert des ersten Signals ($ve1$) limitiert wird, wenn das Differenzmoment ($MK(Diff)$) kleiner dem Wert ($L1$) ist ($MK(Diff)<L1$) oder der Reglermodus (RM) alternativ der verzögerte Reglermodus (RM(ver)) dem zweiten Wert entspricht ($RM=0$, $RM(ver)=0$).
17. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** in die Berechnung des I-Anteils ($ve2(I)$) eine Nachstellzeit (TN) miteingeht und die Nachstellzeit (TN) entweder konstant ist ($TN=konst.$) oder eine Funktion der Motordrehzahl (nMOT) der Brennkraftmaschine (1) darstellt ($TN=f(nMOT)$).
18. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wert ($L1$) in Abhängigkeit des maximal zulässigen Motor-Moments ($MK(Max)$) berechnet wird ($L1=f(MK(Max))$).
19. Regelsystem nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Wert ($L1$) in Abhängigkeit der Motordrehzahl (nMOT) berechnet wird ($L1=f(nMOT)$).
20. Regelsystem nach Anspruch 14, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zweite Regler (15) zusätzlich als P-Regler ausgeführt ist, dieser einen P-Anteil ($ve2(P)$) berechnet und das zweite Signal ($ve2$) zusätzlich aus dem P-Anteil ($ve2(P)$) berechnet wird ($ve2=f(ve2(P))$).
21. Regelsystem nach Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet, daß** der P-Anteil ($ve2(P)$) in Abhängigkeit des Differenzmoments ($MK(Diff)$) und eines Proportionalbeiwerts (kp) berechnet wird ($ve2(P)=f(MK(Diff), kp)$).
22. Regelsystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Proportionalbeiwert (kp) konstant ist ($kp=konst.$) oder in Abhängigkeit zumindest des Motor-Moments (MK) oder in Abhängigkeit zumindest des Differenzmoments ($MK(Diff)$) berechnet wird.
23. Regelsystem nach Anspruch 21, **dadurch gekennzeichnet, daß** der Proportionalbeiwert (kp) zumindest in Abhängigkeit des zweiten Signals ($ve2$) oder in Abhängigkeit des I-Anteils ($ve2(I)$) berechnet wird.
24. Regelsystem nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, daß** der erste Regler (14) zumindest als I-Regler ausgeführt wird, wobei dieser einen I-Anteil ($ve1(I)$) in Abhängigkeit eines ersten Eingangssignals ($ve(M)$), eines zweiten Eingangssignals (EI) und der Drehzahldifferenz (dnMOT) berechnet.
25. Regelsystem nach Anspruch 4 und 24, **dadurch gekennzeichnet, daß** der zweite (14) Regler zusätzlich einen ersten Funktionsblock Minimalwert (36), einen zweiten Funktionsblock Minimalwert (41) und Kennfelder (35) aufweist.
26. Regelsystem nach Anspruch 24 und 25, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Eingangssignal ($ve(M)$) mittels des ersten Funktionsblocks Minimalwert (36) aus dem zweiten Signal ($ve2$) alternativ aus dem modifizierten zweiten Signal ($ve2(F)$) und einem mittels der Kennfelder (35) berechneten Kennfeld-Signal ($ve1(KF)$) ermittelt wird.
27. Regelsystem nach Anspruch 26, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Kennfeld-Signal ($ve1(KF)$) in Abhängigkeit der Motordrehzahl (nMOT) und weiterer Eingangsgrößen (E), insbesondere Ladeluftdruck (pLL), berechnet wird.
28. Regelsystem nach Anspruch 27, **dadurch gekennzeichnet, daß** das erste Signal ($ve1$) mittels des zweiten Funktionsblocks Minimalwert (41) aus dem Kennfeld-Signal ($ve1(KF)$) und zumindest aus dem I-Anteil ($ve1(I)$) ermittelt wird.

29. Regelsystem nach einem der vorausgegangenen Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, daß** das Motor-Moment (MK) aus gemessenen Eingangsgrößen mittels eines mathematischen Modells berechnet wird.

Claims

1. Control system for protecting an internal combustion engine (1) against overloading, the power of which internal combustion engine (1) is set by means of a power-determining signal (ve) as a function of an input signal (FW) which characterizes the power request, **characterized in that** a differential torque (MK(Diff)) is calculated from the current engine torque (MK) and a maximum permissible engine torque (MK(Max)), the differential torque (MK(Diff)) decisively determining a second signal (ve2) ($ve2=f(MK(Diff))$), a first signal (ve1) being determined from the input signal (FW) which characterizes the power request and the first signal (ve1) or second signal (ve2) being set as a power-determining signal (ve) using a selector means (16).
2. Control system according to Claim 1, **characterized in that** the selector means (16) contains a minimum value selection, the first signal (ve1) is set as a power-determining signal (ve) ($ve=ve1$) if the first signal (ve1) is less than or equal to the second signal ($ve1=ve2$), and the second signal (ve2) is set as a power-determining signal (ve) ($ve=ve2$) if the second signal (ve2) is smaller than the first signal (ve1) ($ve2<ve1$).
3. Control system according to Claim 2, **characterized in that** a controller mode (RM) is set to a first value ($RM=1$) by means of the selector means (16) if the first signal (ve1) is dominant ($ve=ve1$), and is set to a second value ($RM=0$) if the second signal (ve2) is dominant ($ve=ve2$).
4. Control system according to Claim 1, **characterized in that** the first signal (ve1) is determined from an engine speed (nMOT), a rotational speed difference (dnMOT) and the second signal (ve2) by means of a first controller (14).
5. Control system according to Claim 1, **characterized in that** the first signal (ve1) is determined from an accelerator pedal value (FP), and further input variables, in particular a charge air pressure (pLL), by means of a functional block (23).
6. Control system according to Claim 1, **characterized in that** the second signal (ve2) is additionally determined from the controller mode (RM) and the

first signal (ve1) by means of a second controller (15).

7. Control system according to Claim 4 or 5, **characterized in that** the first signal (ve1) is fed to the second controller (15).
8. Control system according to Claim 6, **characterized in that** the output of the second controller (15) is fed to the first controller (14) and to the selector means (16).
9. Control system according to Claim 8, **characterized in that** a delay element (20) and/or a filter (21) are arranged in the signal path from the second controller (15) to the first controller (14).
10. Control system according to Claims 4 and 9, **characterized in that** a modified second signal (ve2(F)) which is derived from the second signal (ve2) by means of the delay element (20) and/or filter (21) constitutes an input variable of the first controller (14).
11. Control system according to one of the preceding claims, **characterized in that** the output of the selector means (16) is fed to the second controller (15).
12. Control system according to Claim 11, **characterized in that** a delay element (19) is arranged in the signal path from the selector means (16) to the second controller (15).
13. Control system according to Claims 6 and 12, **characterized in that** a modified controller mode (RM(ver)), which is determined by means of the delay element (19), constitutes an input variable of the second controller (15).
14. Control system according to one of the preceding claims, **characterized in that** the second controller (15) is embodied at least as an I controller, said controller calculating an I component (ve2(I)), and the second signal (ve2) being calculated from the I component (ve2(I)) ($ve2=f(ve2(I))$).
15. Control system according to Claim 14, **characterized in that** the I component (ve2(I)) is set to the value of the first signal (ve1) ($ve2(I)=ve1$) if the differential torque (MK(Diff)) is greater than or equal to a value (L1) ($MK(Diff)=L1$) and the controller mode (RM) or the modified controller mode (RM(ver)) corresponds to the first value ($RM=1$, $RM(ver)=1$).
16. Control system according to Claim 14, **characterized in that** the I component (ve2(I)) is limited to

the value of the first signal (ve1) if the differential torque (MK(Diff)) is smaller than the value (L1) (MK(Diff)<L1) or the controller mode (RM) or the delayed controller mode (RM(ver)) corresponds to the second value (RM=0, RM(ver)=0).

17. Control system according to Claim 15 or 16, **characterized in that** a readjustment time (TN) is included in the calculation of the I component (ve2(I)), and the readjustment time (TN) is either constant (TN=const.) or constitutes a function of the engine speed (nMOT) of the internal combustion engine (1) (TN=f(nMOT)).
18. Control system according to Claim 15 or 16, **characterized in that** the value (L1) is calculated as a function of the maximum permissible engine torque (MK(Max)) (L1=f(MK(Max))).
19. Control system according to Claim 15 or 16, **characterized in that** the value (L1) is calculated as a function of the engine speed (nMOT) (L1=f(nMOT)).
20. Control system according to Claim 14, **characterized in that** the second controller (15) is additionally embodied as a P controller, said P controller calculates a P component (ve2(P)), and the second signal (ve2) is additionally calculated from the P component (ve2(P)) (ve2=f(ve2(P))).
21. Control system according to Claim 20, **characterized in that** the P component (ve2(P)) is calculated as a function of the differential torque (MK(Diff)) and a proportional coefficient (kp) (ve2(P)=f(MK(Diff), kp)).
22. Control system according to Claim 21, **characterized in that** the proportional coefficient (kp) is constant (kp=const.) or is calculated as a function at least of the engine torque (MK) or as a function at least of the differential torque (MK(Diff)).
23. Control system according to Claim 21, **characterized in that** the proportional coefficient (kp) is calculated at least as a function of the second signal (ve2) or as a function of the I component (ve2(I)).
24. Control system according to Claim 4, **characterized in that** the first controller (14) is embodied at least as an I controller, the latter calculating an I component (ve1(I)) as a function of a first input signal (ve(M)), a second input signal (EI) and the rotational speed difference (dnMOT).
25. Control system according to Claims 4 and 24, **characterized in that** the second controller (14) additionally has a first function block minimum value (36), a second function block minimum value (41)

and characteristic diagrams (35).

26. Control system according to Claims 24 and 25, **characterized in that** the first input signal (ve(M)) is determined by means of the first function block minimum value (36) from the second signal (ve2) or from the modified second signal (ve2(F)) and a characteristic diagram signal (ve1(KF)) calculated by means of the characteristic diagrams (35).
27. Control system according to Claim 26, **characterized in that** the characteristic diagram signal (ve1(KF)) is calculated as a function of the engine speed (nMOT) and further input variables (E), in particular charge air pressure (pLL).
28. Control system according to Claim 27, **characterized in that** the first signal (ve1) is determined by means of the second function block minimum value (41) from the characteristic diagram signal (ve1(KF)) and at least from the I component (ve1(I)).
29. Control system according to one of the preceding claims, **characterized in that** the engine torque (MK) is calculated from measured input variables by means of a mathematical model.

Revendications

1. Système de réglage pour protéger un moteur à combustion interne (1) contre la surcharge, dont la puissance est réglée en fonction d'un signal d'entrée (FW) caractérisant la puissance souhaitée, par l'intermédiaire d'un signal (ve) déterminant la puissance, **caractérisé en ce qu'un** couple différentiel (MK(Diff)) est calculé à partir du couple actuel du moteur (MK) et d'un couple maximal admissible pour le moteur (MK(Max)), le couple différentiel (MK(Diff)) définissant (ve2=f(MK(Diff)) de façon déterminante un second signal (ve2), un premier signal (ve1) étant déterminé à partir du signal d'entrée (FW) caractérisant la puissance souhaitée et le premier (ve1) ou le second signal (ve2) étant placé en tant que signal (ve) déterminant la puissance, par l'intermédiaire d'un moyen de sélection (16).
2. Système de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le moyen de sélection (16) contient une sélection de valeurs minimales, **en ce que** le premier signal (ve1) est placé (ve=ve1) en tant que signal (ve) déterminant la puissance, si le premier signal (ve1) est inférieur ou égal au second signal (ve1=ve2) et **en ce que** le second signal (ve2) est placé (ve=ve2) en tant que signal (ve) déterminant la puissance si le second signal (ve2) est inférieur (ve2<ve1) au premier signal (ve1).

3. Système de réglage selon la revendication 2, **caractérisé en ce qu'un** mode de réglage (RM) est placé sur une première valeur ($RM = 1$), par l'intermédiaire du moyen de sélection (16), si le premier signal (ve_1) est dominant ($ve = ve_1$) et est placé sur une seconde valeur ($RM = 0$) si le second signal (ve_2) est dominant ($ve = ve_2$). 5
4. Système de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier signal (ve_1) est déterminé à l'aide d'un premier régulateur (14), à partir d'une vitesse de rotation du moteur (nMOT), d'une différence de vitesse de rotation (dnMOT) et du second signal (ve_2). 10
5. Système de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le premier signal (ve_1) est déterminé à l'aide d'un bloc fonctionnel (23), à partir d'une valeur de l'accélérateur (FP) et d'autres dimensions d'entrée, notamment d'une pression de charge (pLL). 15
6. Système de réglage selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** le second signal (ve_2) est déterminé en supplément à partir du mode de réglage (RM) et du premier signal (ve_1), à l'aide d'un second régulateur (15). 20
7. Système de réglage selon la revendication 4 ou 5, **caractérisé en ce que** le premier signal (ve_1) est amené sur le second régulateur (15). 25
8. Système de réglage selon la revendication 6, **caractérisé en ce que** la sortie du second régulateur (15) est amenée sur le premier régulateur (14) et sur le moyen de sélection (16). 30
9. Système de réglage selon la revendication 8, **caractérisé en ce qu'un** organe de temporisation (20) et/ou un filtre (21) est disposé dans la voie du signal entre le second régulateur (15) et le premier régulateur (14). 35
10. Système de réglage selon la revendication 4 et 9, **caractérisé en ce qu'un** second signal modifié ($ve_2(F)$), qui est dérivé à partir du second signal (ve_2) à l'aide d'un organe de temporisation (20) et/ou d'un filtre (21), représente une dimension d'entrée du premier régulateur (14). 40
11. Système de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la sortie du moyen de sélection (16) est amenée sur le second régulateur (15). 45
12. Système de réglage selon la revendication 11, **caractérisé en ce qu'un** organe de temporisation (19) est disposé dans la voie du signal entre le moyen de sélection (16) et le second régulateur (15). 50
13. Système de réglage selon la revendication 6 et 12, **caractérisé en ce qu'un** mode de réglage modifié ($RM(ver)$) qui est déterminé à l'aide de l'organe de temporisation (19) représente une dimension d'entrée du second régulateur (15). 55
14. Système de réglage selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le second régulateur (15) est au moins conçu sous la forme d'un régulateur I, ce dernier calculant une fraction I ($ve_2(I)$) et **en ce que** le second signal (ve_2) est calculé ($ve_2 = f(ve_2(I))$) à partir de la fraction I ($ve_2(I)$). 15
15. Système de réglage selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la fraction I ($ve_2(I)$) est placée ($ve_2(I) = ve_1$) sur la valeur du premier signal (ve_1) si le couple différentiel ($MK(Diff)$) est supérieur ou égal à une valeur (L_1) ($MK(Diff) = L_1$) et si le mode de réglage (RM) ou en alternative, le mode de réglage modifié ($RM(ver)$) correspond à la première valeur ($RM = 1$, $RM(ver) = 1$). 20
16. Système de réglage selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** la fraction I ($ve_2(I)$) est limitée à la valeur du premier signal (ve_1), si le couple différentiel ($MK(Diff)$) est inférieur à la valeur (L_1) ($MK(Diff) < L_1$) ou si le mode de réglage (RM) ou en alternative, le mode de réglage temporisé ($RM(ver)$) correspond à la seconde valeur ($RM = 0$, $RM(ver) = 0$). 25
17. Système de réglage selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce qu'un** temps d'ajustage (TN) est inclus dans le calcul de la fraction I ($ve_2(I)$) et le temps d'ajustage (TN) est soit constant ($TN = const.$) ou représente une fonction de la vitesse de rotation du moteur (nMOT) à combustion interne (1) ($TN = f(nMOT)$). 30
18. Système de réglage selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** la valeur (L_1) est calculée ($L_1 = f(MK(Max))$) en fonction du couple maximal admissible pour le moteur ($MK(Max)$). 35
19. Système de réglage selon la revendication 15 ou 16, **caractérisé en ce que** la valeur (L_1) est calculée ($L_1 = f(nMOT)$) en fonction de la vitesse de rotation du moteur (nMOT). 40
20. Système de réglage selon la revendication 14, **caractérisé en ce que** le second régulateur (15) est conçu en supplément sous la forme d'un régulateur P, ce dernier calculant une fraction P ($ve_2(P)$) et **en ce que** le second signal (ve_2) est calculé ($ve_2 = f(ve_2(P))$) en supplément à partir de la fraction 45

P (ve2(P)).

21. Système de réglage selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** la fraction P (ve2(P)) est calculée (ve2(P)=f(MK(Diff),kp)) en fonction du couple différentiel (MK(Diff)) et d'un coefficient proportionnel (kp). 5
22. Système de réglage selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** le coefficient proportionnel (kp) est constant (kp=const.) ou qu'il est calculé au moins en fonction du couple du moteur (MK) ou au moins en fonction du couple différentiel (MK(Diff)). 10
23. Système de réglage selon la revendication 21, **caractérisé en ce que** le coefficient proportionnel (kp) est calculé au moins en fonction du second signal (ve2) ou en fonction de la fraction I (ve2(I)). 15
24. Système de réglage selon la revendication 4, **caractérisé en ce que** le premier régulateur (14) est au moins conçu sous la forme d'un régulateur I, ce dernier calculant une fraction I (ve1(I)) en fonction d'un premier signal d'entrée (ve(M)), d'un second signal d'entrée (E1) et de la différence de vitesse de rotation (dnMOT). 20 25
25. Système de réglage selon les revendications 4 et 24, **caractérisé en ce que** le second régulateur (14) est doté en supplément d'un premier bloc fonctionnel valeur minimale (36), d'un second bloc fonctionnel valeur minimale (41) et de champs caractéristiques (35). 30
26. Système de réglage selon les revendications 24 et 25, **caractérisé en ce que** le premier signal d'entrée (ve(M)) est déterminé à l'aide du premier bloc fonctionnel valeur minimale (36), à partir du second signal (ve2) ou en alternative, à partir du second signal modifié (ve2(F)) et d'un signal de champ caractéristique (ve1(KF)) calculé à l'aide des champs caractéristiques (35). 35 40
27. Système de réglage selon la revendication 26, **caractérisé en ce que** le signal de champ caractéristique (ve1(KF)) est calculé en fonction de la vitesse de rotation du moteur (nMOT) et d'autres dimensions d'entrée (E), notamment de la pression de charge (pLL). 45 50
28. Système de réglage selon la revendication 27, **caractérisé en ce que** le premier signal (ve1) est déterminé à l'aide du second bloc fonctionnel valeur minimale (41), à partir du signal de champ caractéristique (ve1(KF)) et au moins à partir de la fraction I (ve1(I)). 55
29. Système de réglage selon l'une quelconque des re-

vendications précédentes, **caractérisé en ce que** le couple du moteur (MK) est calculé à l'aide d'un modèle mathématique, à partir de dimensions d'entrée mesurées.

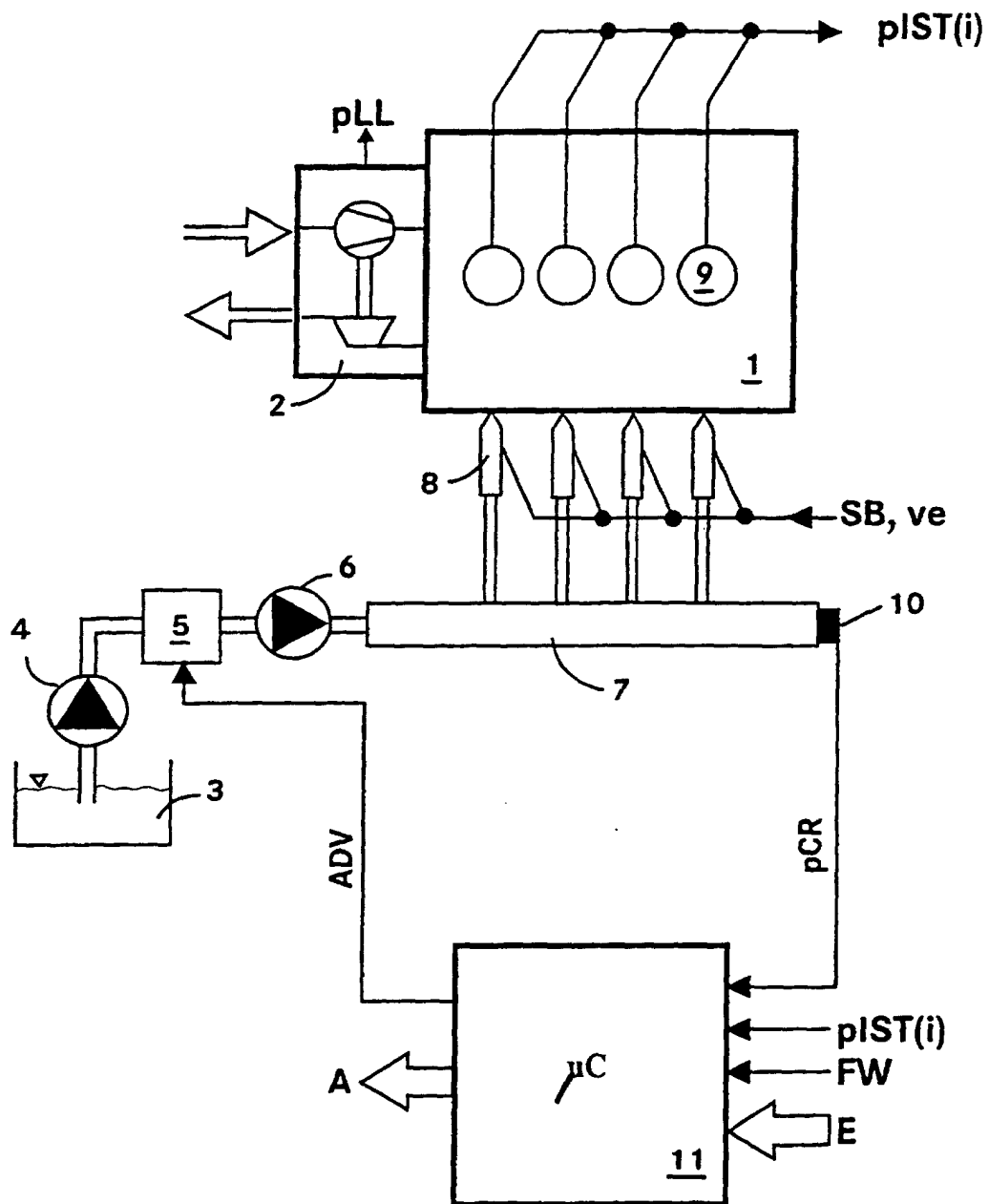


Fig. 1

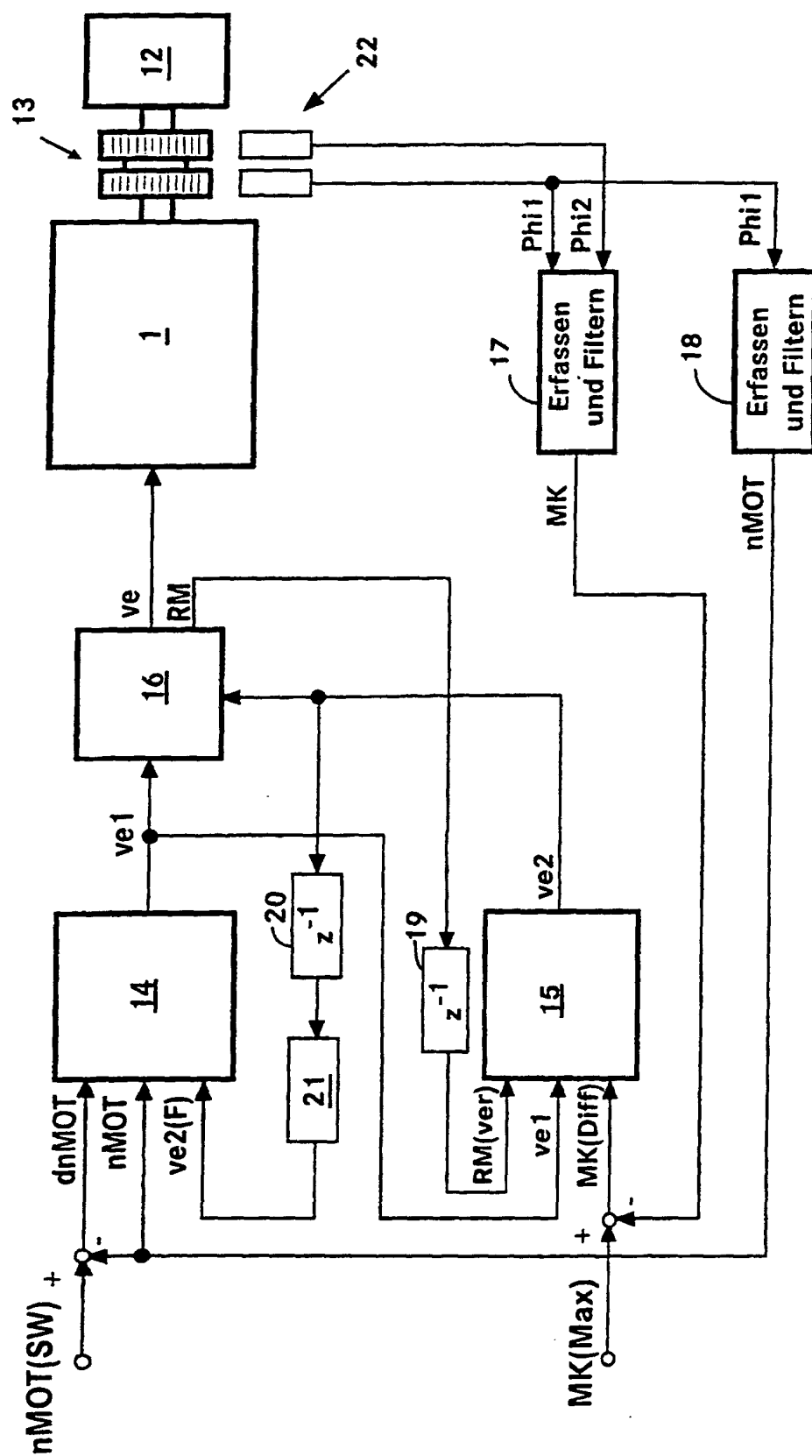


Fig. 2

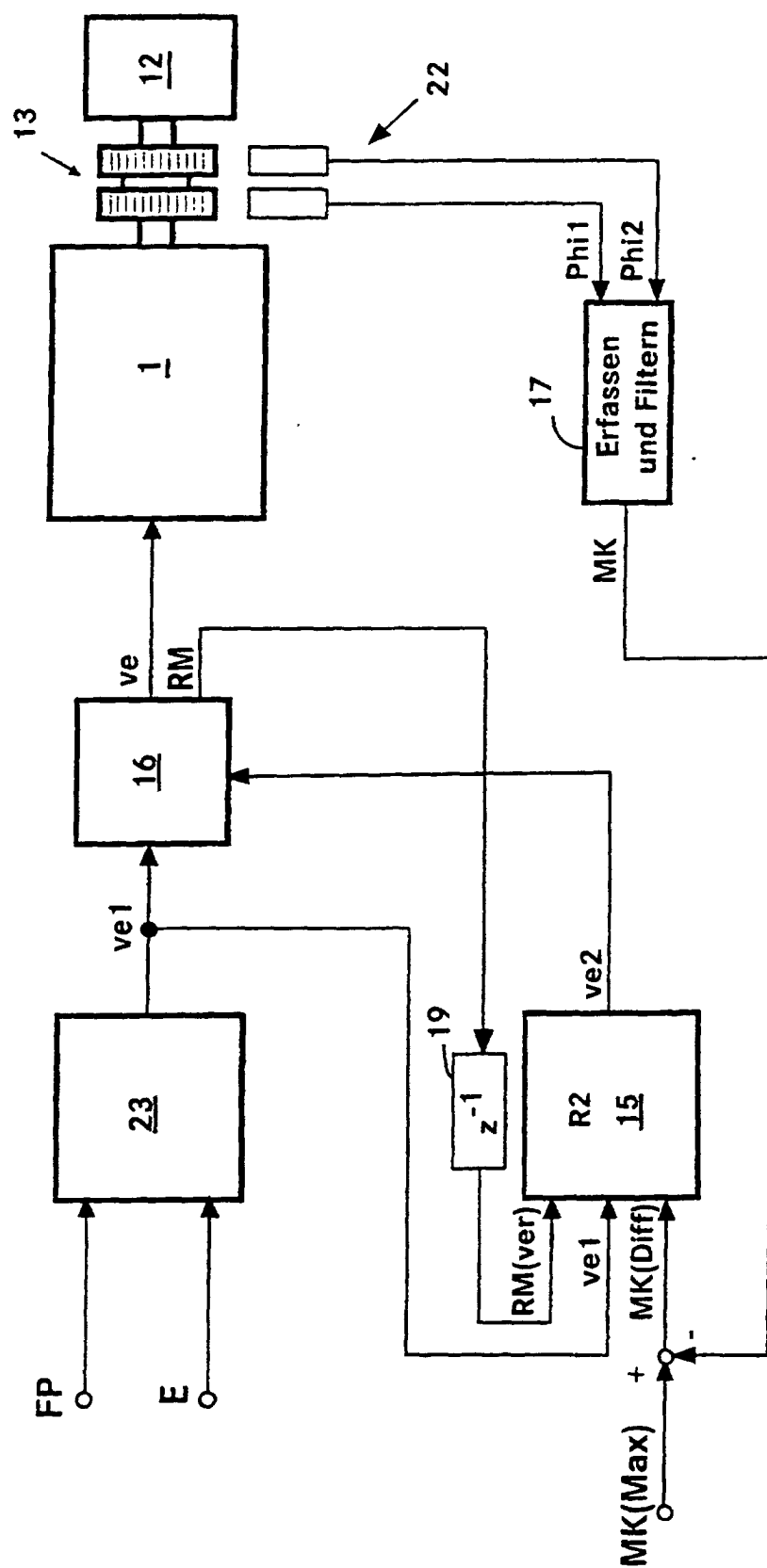
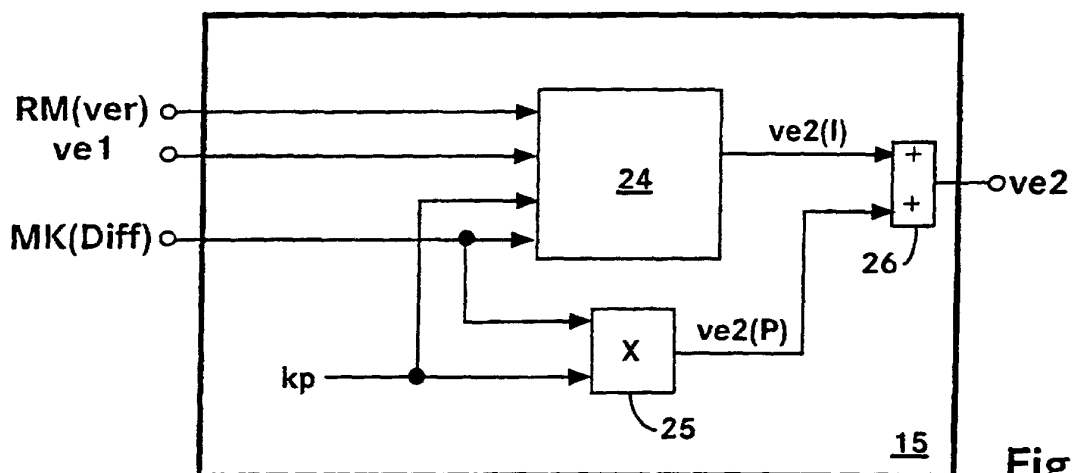
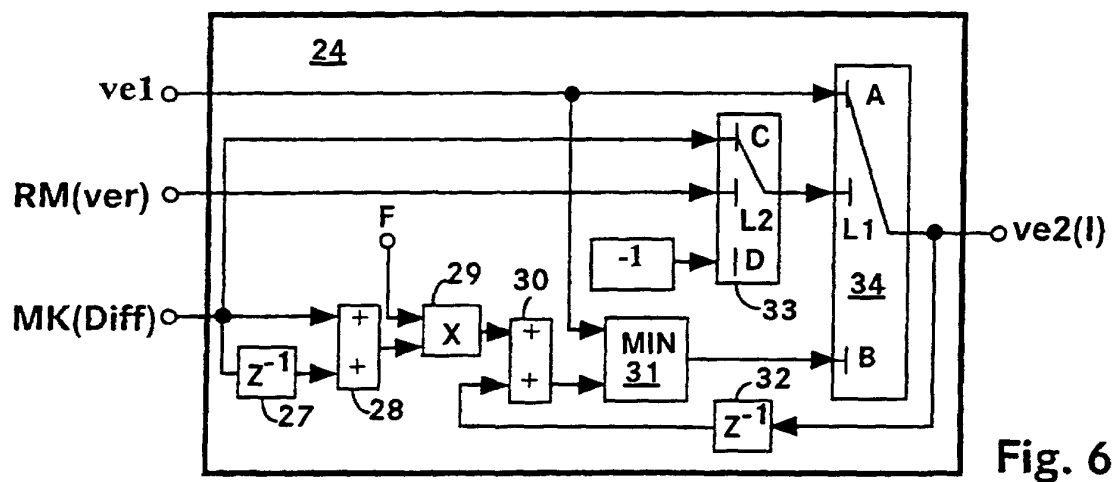


Fig. 3



	RM(ver)	MK(Diff)	aktiv
Regler 1 dominant	1	> L1	C / A
	1	< L1	C / B
Regler 2 dominant	0	< L1	D / B
	0	> L1	D / B



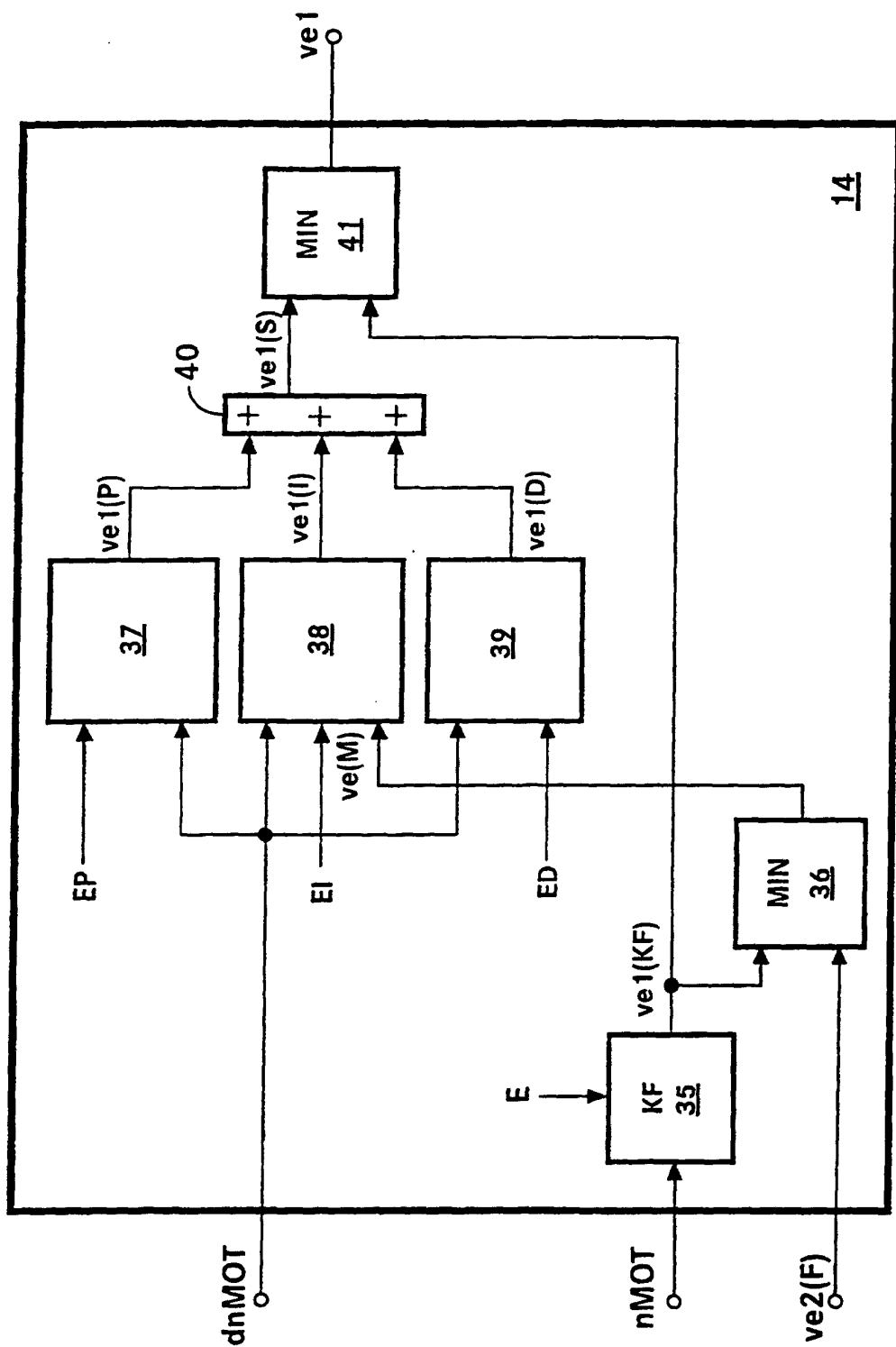


Fig. 7

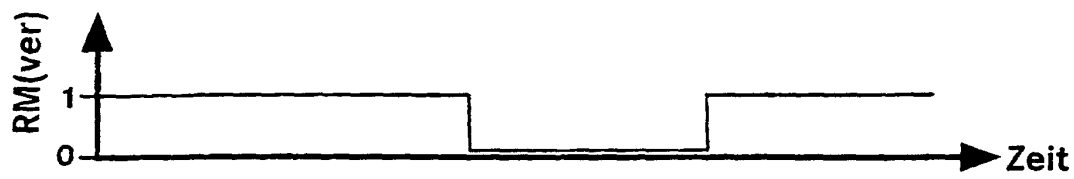


Fig. 8A

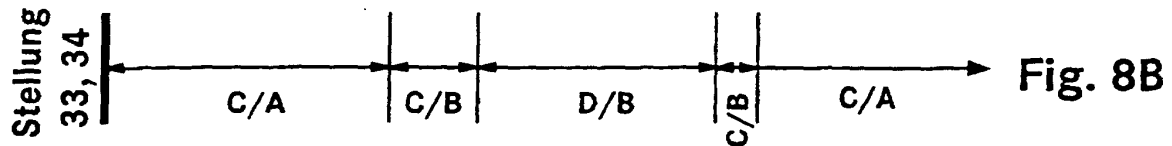


Fig. 8B

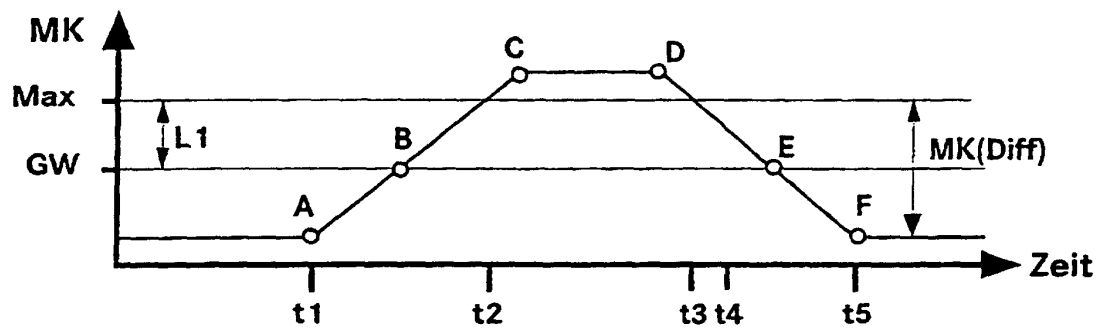


Fig. 8C

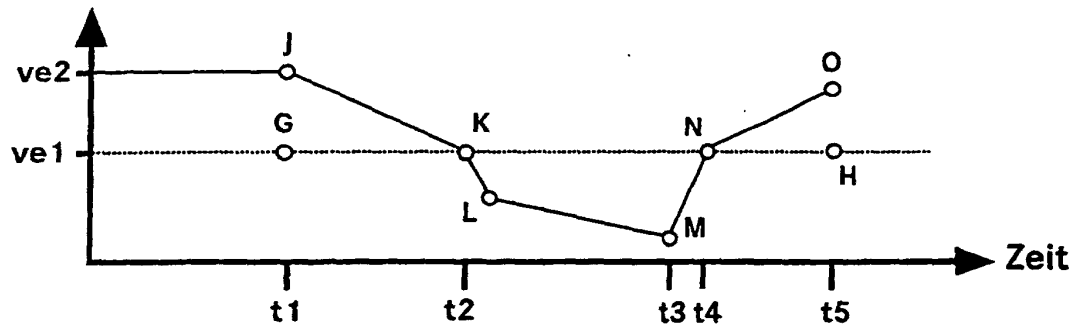


Fig. 8D

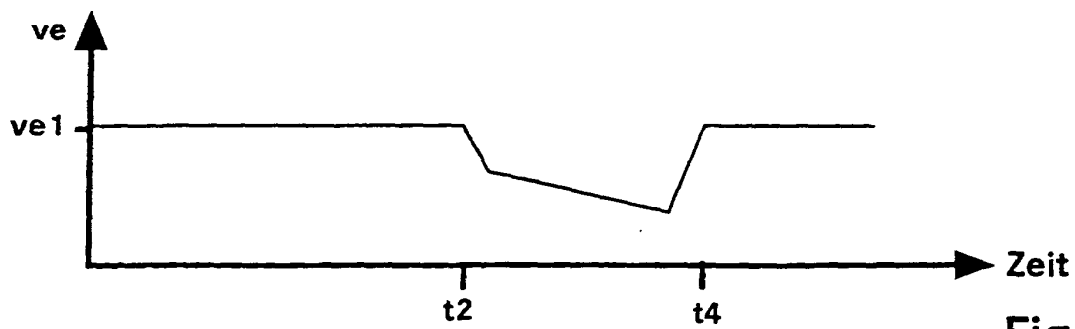


Fig. 8E

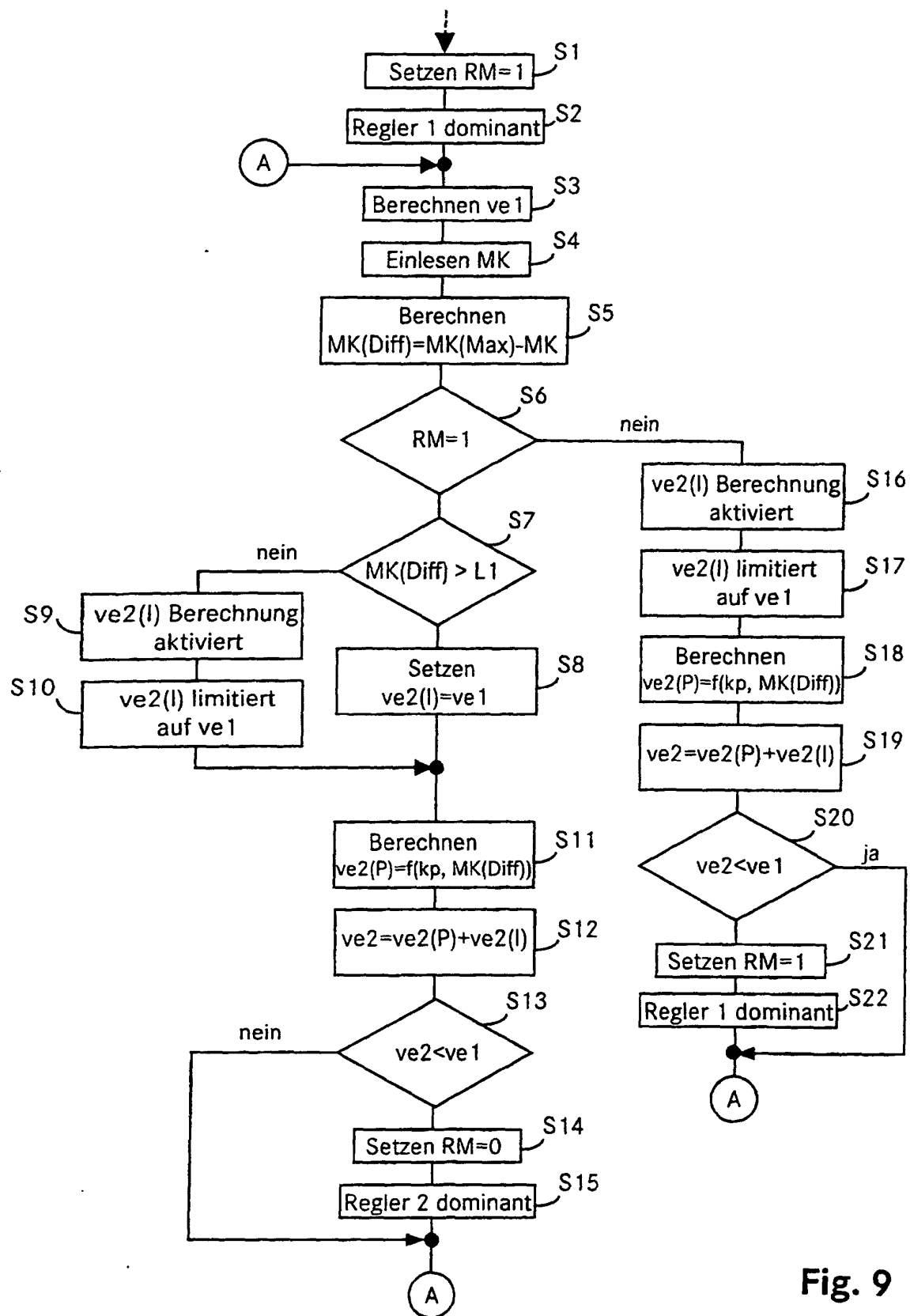


Fig. 9