

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Regeln einer Drosselklappe einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Derartige Regeleinrichtungen, mit denen die Drehzahl der Brennkraftmaschine unabhängig von der Last, die ein angetriebener Verbraucher momentan bildet, auf einem konstanten Wert gehalten wird, finden z.B. an Brennkraftmaschinen Verwendung, die Generatoren zum Erzeugen elektrischen Stromes antreiben oder die Verdichter oder dergleichen antreiben.

[0003] Derartige bekannte Einrichtungen haben eine Regelcharakteristik, die lastabhängig modifiziert werden kann. Genauer gesagt läßt sich die Steigung P der Regelkennlinie, über welche Last und Drehzahl zusammenhängen, der sogenannte P-Grad, lastabhängig verändern. Auf diese Weise erhält man eine gewisse Nachgiebigkeit des gesamten Systems, die es z.B. bei Aggregaten zur Stromerzeugung gestattet, mehrere Aggregate im Inselbetrieb im Verbund zu koppeln.

[0004] In der Praxis stellt sich aber heraus, daß derartige lastabhängig arbeitende Regeleinrichtungen nicht so störungsfrei zusammenarbeiten, wie dies nach der Theorie der Fall sein sollte.

[0005] Durch die vorliegende Erfindung soll daher eine Regeleinrichtung gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1 so weitergebildet werden, daß eine verbesserte lastabhängige Änderung des P-Grades erhalten wird.

[0006] Diese Aufgabe ist erfindungsgemäß gelöst durch eine Regeleinrichtung mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen.

[0007] Es wurde erkannt, daß ein wesentlicher Faktor für das nicht zufriedenstellende Arbeiten der bekannten Regeleinrichtung darin liegt, daß der Drosselklappenstellungsgeber ein Signal bereitstellt, welches sich nicht linear mit der Leistung der Brennkraftmaschine ändert. Erfindungsgemäß wird daher vorgeschlagen, das Ausgangssignal des Drosselklappen-Stellungsgebers durch einen Kennlinienkreis in eindeutiger Weise so umzusetzen, daß das umgesetzte Signal der bei der gegebenen Drosselklappenstellung erhaltenen Leistung der Brennkraftmaschine entspricht. Auf diese Weise können Laständerungen besser geregelt werden.

[0008] Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0009] Bei einer Regeleinrichtung gemäß Anspruch 2 wird das Sollstellungssignal als Ausgangssignal eines Drehzahlreglers bereitgestellt, und dessen Solldrehzahlssignal wird lastabhängig modifiziert. Auf diese Weise ist gewährleistet, daß die Brennkraftmaschine mit der gewünschten konstanten Drehzahl läuft.

[0010] Gemäß Anspruch 3 findet bei der Bestimmung des Solldrehzahlssignales die über längere Zeit gemittelte Ist-Drosselklappenstellung Verwendung.

Diese kann als Maß für die Last angesehen werden, was den Vorteil bringt, daß man keinen mit dem Ausgang der Brennkraftmaschine zusammenarbeitenden mechanischen Leistungsmesser benötigt und man zudem motorinterne Lastzustände besser und schneller erfassen kann.

[0011] Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 4 wird eine Berücksichtigung nur der sehr langfristig gemittelten Ist-Drosselklappenstellung bei der Ermittlung der neuen Soll-Drosselklappenstellung erzielt.

[0012] Anspruch 5 ist im Hinblick auf eine besonders genaue P-Grad-Kompensation von Vorteil.

[0013] Gemäß Anspruch 6 kann man die P-Grad-Kompensation von Hand oder automatisiert wahlweise unterbinden, um die Brennkraftmaschine an verschiedene Betriebsweisen wie z.B. Netzparallelbetrieb, Ein-Brennkraftmaschinen- und Mehr-Brennkraftmaschinen-Inselbetrieb anpassen zu können.

[0014] Gemäß Anspruch 7 erfolgt eine Begrenzung des Solldrehzahlssignales auf einen Grenz-Drehzahlwert, der eine nicht einstellbare, fest vorgegebene Grenze für einen sicheren Betrieb der Installation feststellt.

[0015] Gemäß Anspruch 8 wird das Drehzahlfehlersignal in Abhängigkeit von der Ist-Drosselklappenstellung zusätzlich modifiziert, was eine Adaptation an die lastabhängigen Eigenschaften der Brennkraftmaschine bewirkt und damit die Regeleigenschaften in allen Lastfällen optimiert.

[0016] Gemäß Anspruch 9 erfolgt diese Modifizierung des Drehzahlfehlersignales, so daß innerhalb eines Toleranzbereiches der Drehzahl Normallastparameter verwendet werden, außerhalb des Toleranzbereiches Lastwechselparameter verwendet werden. Hierdurch kann extremen Lastwechseln bzw. Lastabwürfen richtig begegnet werden.

[0017] Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 10 ermöglicht ein einfaches Ablegen und Bereitstellen unterschiedlicher P-Werte und/oder I-Werte und/oder D-Werte für den PID-Verstärker. Man kann so auch durch einfaches Umprogrammieren des PID-Wert-Speichers die Regelelektronik an die charakteristischen Betriebseigenschaften unterschiedlicher Brennkraft-Maschinen anpassen und auch noch im Feld an die unterschiedlichen Eigenschaften der zum Betrieb der Brennkraftmaschine verwendeten Energieträger (Erdgas unterschiedlicher Qualität, Flüssiggas, Benzin, Dieselmotortreibstoffe etc.) vornehmen.

[0018] Die Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 11 gestattet es, ohne Einlesen neuer Werte in den PID-Wert-Speicher verschiedenen Betriebssituationen der Brennkraftmaschine Rechnung tragen zu können.

[0019] Bei einer Regeleinrichtung gemäß Anspruch 12 kann das Umschalten auf einen neuen Satz von P-Werten und/oder I-Werten und/oder D-Werten im laufenden Betrieb automatisch erfolgen.

[0020] Mit der Weiterbildung der Erfindung gemäß Anspruch 13 wird eine Verbesserung des Drosselklappenreglers bei Stellungssprüngen erreicht.

[0021] Dies erfolgt gemäß Anspruch 14 automatisch je nach den gerade angeforderten Betriebsbedingungen.

[0022] Bei einer Regeleinrichtung gemäß Anspruch 15 kann man z.B. im Netzparallelbetrieb die Regelung der Drosselklappenstellung in Abhängigkeit von der Leistung vornehmen, die ein durch die Brennkraftmaschine angetriebener Generator im Moment ausgangsseitig erbringen soll.

[0023] Dabei kann gemäß Anspruch 16 über die Arbeitsparameter eines PID-Verstärkers wieder den speziellen charakteristischen Eigenschaften einer Installation (Brennkraftmaschine + angetriebene Last) Rechnung getragen werden.

[0024] Gemäß Anspruch 17 kann bei der Bestimmung des Soll-Drehzahlsignales auch den momentanen Betriebsbedingungen der Installation (Brennkraftmaschine plus angetriebene Last) Rechnung getragen werden.

[0025] Bei einer Regeleinrichtung gemäß Anspruch 18 findet die Modifikation des Soll-Drehzahlsignales wieder nur dann statt, wenn die Brennkraftmaschine innerhalb eines vorgegebenen normalen Betriebsbereiches arbeitet.

[0026] Gemäß Anspruch 19 kann man die Vorgabe der Solldrehzahl ausgehend vom Leistungsfehler der durch die Brennkraftmaschine angetriebenen Last vornehmen.

[0027] Nachstehend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert. In dieser zeigen:

Figur 1: ein Blockschaltbild einer Generatoreinheit zum Erzeugen von elektrischem Wechselstrom sowie der Gemischerzeugung für ihre Brennkraftmaschine;

Figur 2: ein Blockschaltbild einer Regeleinheit für die in Figur 1 gezeigte Generatoreinheit;

Figur 3: die graphische Darstellung unterschiedlicher Kennlinien, die in einem Kennlinienkreis der Regeleinheit nach Figur 2 abgespeichert sind;

Figur 4: eine graphische dreidimensionale Darstellung eines P-Wert-Kennlinienfeldes eines PID-Speichers der Regeleinheit nach Figur 2;

Figur 5: eine graphische dreidimensionale Darstellung der I-Werte und D-Werte, die in einem PID-Wert-Speicher der Regeleinheit nach Figur 2 abgelegt sind; und

Figur 6: eine graphische Darstellung der Regelkennlinie der Brennkraftmaschine einer Generatoreinheit.

[0028] In Figur 1 ist mit 10 eine Brennkraftmaschine

bezeichnet, die einen Wechselspannungsgenerator 12 antreibt. Dieser ist über einen mehrpoligen Schalter 14 mit einem bei 16 angedeuteten Versorgungsnetz verbunden.

[0029] Ein Gemischerzeuger 18, welcher die Brennkraftmaschine 10 mit brennbarem Gemisch versorgt, umfaßt eine Lufterlaßleitung 20, eine Brennstoff-Zuführleitung 22 mit einem Gasdruckregler 24 und eine Mischdüse 26, in welcher Luft und Brennstoff gemischt werden. Das Gemisch wird auf einer Gemischleitung 28 bereitgestellt.

[0030] An die Gemischleitung 28 ist ein Turbolader 30 angeschlossen, der von der Brennkraftmaschine 10 angetrieben wird. Der Ausgang des Turboladers 30 ist mit dem Eingang einer insgesamt mit 32 bezeichneten Drosselkammer verbunden, welche ein Gehäuse 34 und eine in diesem bewegliche Drosselklappe 36 aufweist. Die Drosselklappenwelle ist drehfest mit einem Stellmotor 38 verbunden und arbeitet ferner mit einem Winkelgeber 40 zusammen.

[0031] Der Auslaß des Drosselklappengehäuses 34 ist über einen Wärmetauscher 42 mit dem Gemisch-einlaß der Brennkraftmaschine 10 verbunden. Der Durchsatz an Kühlmittel durch den Wärmetauscher 42 ist über einstellbare Drossel 44 steuerbar, deren Durchsatz durch einen Stellmotor 46 einstellbar ist.

[0032] Um die Brennkraftmaschine 10 unabhängig von der vom Wechselspannungsgenerator 12 zu erbringenden elektrischen Leistung mit der gewünschten Drehzahl anzutreiben, ist eine insgesamt mit 48 bezeichnete Regeleinheit vorgesehen. Diese erhält Eingangssignale von einem elektrischen Leistungsmesser 50, der an den Ausgang des Wechselspannungsgenerators 12 angeschlossen ist, von einem Drehzahlfühler 52, der mit der Welle der Brennkraftmaschine 10 verbunden ist, und schließlich vom Winkelgeber 40, der mit der Drosselklappe 36 gekoppelt ist.

[0033] Ausgangsseitig ist die Regeleinheit 48 mit dem auf die Drosselklappe arbeitenden Stellmotor 38 verbunden.

[0034] Wie aus Figur 2 ersichtlich, hat die Regeleinheit 48 einen insgesamt mit 54 bezeichneten Drosselklappenregler einen insgesamt mit 56 bezeichneten Sollstellungsgeber und einen insgesamt mit 58 bezeichneten Solldrehzahlgeber.

[0035] Der Solldrehzahlgeber 58 umfaßt einen Leistungs-Fehlerkreis 60, der mit dem einen Eingang an den Ausgang des elektrischen Leistungsmessers 50 angeschlossen ist und mit seinem anderen Eingang ein Soll-Leistungssignal erhält, welches durch einen einstellbaren Widerstand 62 angedeutet ist. Dieser ist als analoges Bauelement dargestellt, um die Übersichtlichkeit der Zeichnung zu verbessern. Es versteht sich, daß der Widerstand 62 ebenso wie weitere als analoge Bauelemente gezeigte Untereinheiten der Regeleinheit 48 auch als digitale Elemente ausgebildet sein können, im Falle des Widerstandes 62 durch einen Schreib-/Lesespeicher, der durch eine Eingabeeinheit oder einen der

Regeleinheit 48 übergeordneten Prozessor überschrieben werden kann.

[0036] Der Ausgang des Leistungs-Fehlerkreises 60 ist mit dem Eingang eines PID-Verstärkers 64 verbunden. Ein PID-Verstärker arbeitet grob gesprochen so, daß er auf das um den Faktor P verstärkte Eingangssignal einen gemäß dem I-Wert zeitlich integrierten Anteil des Eingangssignals und einen gemäß dem Faktor D gewichteten Beitrag des differenzierten Eingangssignales aufsetzt. Der P-Wert, der I-Wert und der D-Wert können über Klemmen 66 auf den PID-Verstärker gegeben werden. Die hierzu verwendeten Elemente und Leitungen sind in Figur 2 dann nicht näher beschaltet dargestellt, wenn es sich um Festwerte handelt.

[0037] Der Ausgang des PID-Verstärkers 64 ist mit einem Integrator 68 verbunden. Dieser beaufschlagt einen Umsetzkreis 70, der sein einer Last zugeordnetes Eingangssignal in ein einer Drehzahl zugeordnetes Ausgangssignal umsetzt.

[0038] Der Ausgang des Umsetzkreises 70 ist mit dem Eingang eines Fensterbegrenzers 72 verbunden. Dieser arbeitet folgendermaßen: Ist das Eingangssignal kleiner als der untere Fensterwert, so wird am Ausgang der Fensterwert bereitgestellt. Liegt das Eingangssignal zwischen unterem Fensterwert und oberem Fensterwert wird das Eingangssignal am Ausgang bereitgestellt. Liegt das Eingangssignal über dem oberen Fensterwert, so wird am Ausgang der obere Fensterwert bereitgestellt. Die Fensterwerte des Fensterbegrenzers 72 entsprechen der unteren bzw. der oberen einstellbaren Nulleistungs-Drehzahl. Diese Werte können vom Bedienungspersonal nach den jeweiligen Erfordernissen an einem Bedienfeld eines übergeordneten Prozessors (nicht gezeigt) eingegeben werden.

[0039] An den Ausgang des Winkelgebers 40, der mit der Drosselklappe 36 gekoppelt ist, ist ein Kennlinienkreis 74 angeschlossen. Dieser arbeitet grob gesprochen so, daß er das Ausgangssignal des Winkelgebers in ein Signal umsetzt, welches der bei der gegebenen Drosselklappenstellung erhaltenen Antriebsleistung der Brennkraftmaschine 10 entspricht.

[0040] Wie bekannt, hängen die Stellung der Drosselklappe einer Brennkraftmaschine und die von der Brennkraftmaschine bereitgestellte Leistung nicht linear voneinander ab. Vielmehr hat man gemäß Figur 3 eine Abhängigkeit der Antriebsleistung L von der Drosselklappenstellung D, die einer von einer idealen, geradlinigen Kennlinie 76 abweichenden gekrümmten Kennlinie 78 entspricht. Diese Kennlinie ist selbst für eine gegebene Brennkraftmaschine von weiteren Parametern abhängig. Wird die Brennkraftmaschine über einen Turbolader mit Gemisch versorgt, wie im vorliegenden Falle, so ergibt sich eine abgewandelte Kennlinie 80. Je nach Qualität des verwendeten Brennstoffes ist die Kennlinie dann noch weiter modifiziert, wie bei 82 gezeigt, wobei die Kennlinien 82 und 80 für den Fall niederenergetischen Brennstoffes bzw. hochenergeti-

schen Brennstoffes stehen.

[0041] Der Kennlinienkreis 74 enthält mehrere Sätze von Kennlinien 78, 80, 82, usw. die für unterschiedliche Brennstoffqualitäten bestimmt sind und in unterschiedlichen Bereichen eines dem Kennlinienkreis 74 zugeordneten Kennlinienspeichers 84 abgelegt sind. Welche der dort abgelegten Kennlinien im Einzelfalle verwendet wird, bestimmt ein auf einer Leitung 86 auf den Kennlinienspeicher 84 gegebenes Signal, welches wieder von einem übergeordneten Prozessor bereitgestellt wird.

[0042] Das Ausgangssignal des Kennlinienkreises 74 wird auf den Eingang eines Zeitgliedes dritten Grades 88 gegeben. Dieses läßt bei niederen Frequenzen das Eingangssignal durchlaufen und sperrt ab einer vorgegebenen Frequenzschwelle das Signal vollständig. Die Zeitkonstante des Zeitgliedes 88 ist groß verglichen mit der Regelperiode.

[0043] Das Ausgangssignal des Zeitgliedes 88 wird über einen Verstärker 90 verstärkt und auf einen Kennlinienkreis 92 gegeben, der das am Ausgang des Zeitgliedes 88 erhaltene langzeitgemittelte oder integrierte Ist-Stellungssignal, das die mittlere Ist-Last der Brennkraftmaschine wiedergibt, gemäß der jeweils geltenden Last/Drehzahl-Charakteristik in ein entsprechendes Drehzahlssignal umsetzt. Dieses wird dann auf den einen Eingang eines Subtrahierkreises 94 gegeben, dessen zweiter Eingang das Ausgangssignal des Fensterbegrenzers 72 erhält. Man erhält so ein lastabhängig modifiziertes Solldrehzahlssignal. Dieses bewirkt die im Effekt lastabhängige Verstellung des P-Grades. Die Schaltkreise 88, 90 92 bilden somit zusammen einen P-Grad-Steuerkreis 96.

[0044] Das Ausgangssignal des Subtrahierkreises 94 wird auf einen Fensterbegrenzer 98 gegeben. Dieser begrenzt das Solldrehzahlssignal auf solche Werte, die für die Sicherheit der Anlage unbedingt einzuhalten sind und nicht durch das Bedienungspersonal geändert werden können (Grenzdrehzahl). Das Ausgangssignal des Fensterbegrenzers 98 stellt das Ausgangssignal des Solldrehzahlgebers 58 dar.

[0045] Der Verstärker 90 erhält über zwei Leitungen 100, 102 zwei Signale, die der Drosselklappenstellung bei VollLast bzw. Null-Last entsprechen und so die Verstärkungskennlinie des Verstärkers 90 vorgeben. Über einen Schalter 104 kann eine Aktivierungsklemme des Verstärkers 90 wahlweise mit Signal beaufschlagt werden, um den Verstärker 90 ein- oder auszuschalten. Auf diese Weise kann man die Berücksichtigung der Ist-Drosselklappenstellung und damit die lastabhängige Einstellung des P-Grades einschalten oder ausschalten.

[0046] Der Sollstellungsgeber 56 enthält eingangsseitig einen Fehlerkreis 106, der mit einem Eingang das vom Soll-Drehzahlgeber 58 bereitgestellte Soll-Drehzahlssignal übernimmt und mit einem anderen Eingang das Ausgangssignal des Drehzahlfühlers 52 übernimmt, welches der Ist-Drehzahl zugeordnet ist. Zwi-

schen dem als Impulsgeber ausgebildeten Drehzahlfühler 52 und dem zugeordneten Eingang des Fehlerkreises 106 ist ein Umsetzkreis 108 vorgesehen, der den zeitlichen Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Ausgangsimpulsen des Drehzahlfühlers 52 in ein zur Drehzahl proportionales Signal umsetzt.

[0047] Der Ausgang des Drehzahl-Fehlerkreises 106 ist mit einem PID-Verstärker 110 verbunden. Des- sen Ausgangssignal ist zugleich das Ausgangssignal des Sollstellungsgebers 56.

[0048] Der P-Wert, der I-Wert und der D-Wert des PID-Verstärkers 110, der so arbeitet, wie oben schon in Verbindung mit dem PID-Verstärker 64 beschrieben, werden von einem PID-Wert-Speicher 112 bereitge- stellt. In diesem sind verschiedene Sätze von P-Werten, I-Werten und D-Werten (nachstehende Kurzbezeich- nung für die Wertetripel: PID-Werte) abgelegt, die durch entsprechende Signalbeaufschlagung einer Auswahllei- tung 114 eingestellt werden können. Diese Auswahl kann zum einen von einem der Regeleinheit übergeord- neten Prozessor her erfolgen, erfolgt zum anderen aber auch ständig in Abhängigkeit vom Ausgangssignal eines Diskriminatorkreises 116, der mit dem Ausgangs- signal des Fehlerkreises 106 beaufschlagt ist und an seinem zweiten Eingang ein Schaltschwellensignal erhält, wie durch einen einstellbaren Widerstand 118 angedeutet. Der Diskriminatorkreis 116 fordert so im PID-Wert-Speicher 112 einen PID-Wert an, der einem starken Lastübergang entspricht, wenn ein entspre- chend großer Drehzahlfehler entdeckt wird.

[0049] Im übrigen erfolgt die Adressierung des PID- Wert-Speichers 112 wie folgt:

[0050] Der Abruf eines PID-Wertes erfolgt (für den jeweils eingestellten Satz von PID-Werten) in Abhängig- keit vom Ausgangssignal des Kennlinienkreises 74. Für jede Drosselklappenstellung wird somit ein geeigneter PID-Wert verwendet. Dann, wenn die Brennkraft- maschine unterhalb einer vorgegebenen Drosselklap- penstellung läuft, wird der P-Wert auf einen konstanten Leerlauf-P-Wert eingestellt. Hierzu ist an einen weite- ren Eingang des PID-Wert-Speichers ein weiterer Dis- kriminator 120 angeschlossen, der mit dem Ausgangssignal des Kennlinienkreises 74 verbunden ist und ein Ausgangssignal dann bereitstellt, wenn das Ausgangssignal des Kennlinienkreis 74 einer unterhalb eines festgelegten Umschaltpunktes (Knickpunkt) lie- genden Drosselklappenstellung entspricht.

[0051] Anhand von Figur 4 sei die Einstellung des P-Wertes (Proportionalwert) für den PID-Verstärker 110 näher erläutert. In Figur 4 ist der P-Wert in Abhängigkeit vom Drehzahlfehler und von der korrigierten Drossel- klappenstellung aufgetragen (Wertefläche 122).

[0052] Beträgt die Drehzahlabweichung mehr als ein einstellbarer Toleranzbereich von z.B. ± 15 U/min, wird ein konstanter P-Wert bereitgestellt, welcher für Betrieb der Brennkraftmaschine bei Lastwechsel geeig- net ist (Grundfläche 124).

[0053] Liegt die Drehzahlabweichung innerhalb des

vorgegebenen Drehzahlfensters von -15 bis $+15$ U/min, und liegt ferner das korrigierte Drosselklappen-Stel- lungssignal (entspricht der Last) oberhalb einer bestimmten Mindestöffnung (Knickpunkt), so liegt der P-Wert auf einer rampenförmig ansteigenden Fläche 126. Die in Figur links und rechts gelegenen Endflächen 128, 130 der P-Wertfläche sind steil geneigte Verbindungsflächen zwischen der Grundfläche 124 und der Rampenfläche 126. Eine in Figur 4 hintere Endfläche 132 der P-Wertfläche ist ebenfalls steil geneigt.

[0054] Die I-Werte und die D-Werte werden ausge- hend von ähnlichen Werteflächen 134 bestimmt, so daß zur Erläuterung die in Figur 5 gezeigte einzige Werteflä- che dienen kann. Diese Wertefläche hat eine Grundflä- che 136, die wiederum dem Betrieb bei größeren Drehzahlabweichungen dient, und in dieser Grundflä- che ist eine trapezförmige zu hohen Lasten hin anstei- gende Rinne vorgesehen. Letztere hat eine rampenförmig von einem Leerlauf-Wert ansteigende Bodenfläche 138, die wieder über stärker geneigte Sei- tenfläche 140, 142 mit der Grundfläche 136 verbunden ist.

[0055] Der obigen Beschreibung ist zu entnehmen, daß der PID-Verstärker 110 sich bei großen Drehzahl- abweichungen verhält wie ein normaler Verstärker mit konstanten Verstärkungseigenschaften.

[0056] Bei kleinen Drehzahlabweichungen wird mit zunehmender Last mit steigendem P-Wert, I-Wert und D-Wert gearbeitet, wobei die Erhöhung des P-Wertes erst ab einem vorgegebenen Lastwert (Knickpunkt von Figur 4) erfolgt.

[0057] Hierdurch erhält man bei größeren Drehzah- len eine angemessene Berücksichtigung der dort ver- änderten Regelcharakteristik des Gesamtsystems.

[0058] Der Drosselklappenregler 54 enthält ein- gangsseitig einen Stellungen-Fehlerkreis 144, der am einen Eingang mit dem Ausgangssignal des PID-Ver- stärkers 110 beaufschlagt ist, welches das Soll-Stel- lungssignal darstellt, und am anderen Eingang mit dem Ausgang eines dem Winkelgeber 40 nachgeschalteten Linearisierungskreises 146 beaufschlagt ist, welcher das Ausgangssignal des Winkelgebers, falls notwendig, linearisiert und so ein genaues Ist-Stellungssignal für die Drosselklappe 36 bereitstellt.

[0059] Das Ausgangssignal des Stellungen-Fehler- kreises 144 wird auf den Eingang eines PID-verstärkers 148 gegeben, der ähnlich arbeitet, wie oben für den PID-Verstärker 64 beschrieben.

[0060] Der P-Wert des PID-Verstärkers 148 läßt sich über einen steuerbaren Schalter 150 auf einen ersten Wert (Stellungsablage liegt innerhalb eines vor- gegebenen Bereiches) bzw. einen zweiten Wert (Stel- lungsablage außerhalb eines vorgegebenen Bereiches) einstellen. Die entsprechenden P-Wert-Signale sind durch einstellbare Widerstände 152, 154 veranschau- licht.

[0061] Die Betätigung des steuerbaren Schalters 150 erfolgt über einen Diskriminator 156, der eingangs-

seitig mit dem Ausgang des Stellungs-Fehlerkreises 144 verbunden ist.

[0062] Auf diese Weise erfolgt für große Stellungsfehler eine stärkere Verstärkung des Ausgangssignales des StellungsFehlerkreises 144 als für kleine Ablagen.

[0063] Das Ausgangssignal des PID-Verstärkers 148 wird auf den Eingang eines Summierkreises 158 gegeben. Dieser dient dazu, das Stellungsfehlersignal in noch zu beschreibender Weise zu modifizieren. Das Ausgangssignal des Summierkreises 158 wird über einen Fensterbegrenzer 160, und eine Leistungsstufe 162, die eine impulsbreitenmodulierte Vierquadranten-transistorbrücke sein kann, über einen Meßwiderstand 164 auf eine Magnetspule 166 gegeben, die zum Stellmotor 38 gehört und die Drosselklappe 36 verstellt. Zum Rückstellen der Drosselklappe 36 bei Stromausfall dient eine Feder 168.

[0064] Die Modifikation des Stellungsfehlersignales durch den Summierkreis 158 erfolgt zum einen in Abhängigkeit von Schwingungen der Drosselklappe 36 zur Dämpfung derselben. Hierzu wird das Ausgangssignal des Linearisierungskreises 146 über einen Bandpass 170 auf einen subtrahierenden Eingang des Summierkreises 158 verbunden. Die Mitte des Bandpasses liegt bei der Eigenfrequenz des aus Drosselklappen-Stellmotor 38, Drosselklappe 36 und Rückstellfeder 168 gebildeten schwingungsfähigen Systems.

[0065] Weitere Signale, die weiteren Eingängen des Summierkreises 158 in entgegengesetztem Sinne aufgeprägt werden, sind das Ausgangssignal eines Federkompensationsgebers 172, der die Feder 168 nachbildet, sowie ein Signal, welches vom Ist-Steuerstrom für die Magnetspule 166 durch den Meßwiderstand 164 abgeleitet ist. Hierzu ist der Meßwiderstand 164 mit einem Diskriminatorkreis 174 verbunden. Dieser stellt dann ein Ausgangssignal bereit, wenn das Ausgangssignal des Meßwiderstandes 164, also der Speisestrom für die Magnetspule 166, einen vorgegebenen Wert überschreitet. Durch das Ausgangssignal des Diskriminators 174 wird ein Rampengenerator 176 angestoßen, so daß ab dem Zeitpunkt, ab dem die Magnetspule 166 mit zu großem Strom beaufschlagt wird, vom Ausgangssignal des Summierkreises 158 ein mit der Zeit zunehmender Anteil weggenommen wird. Auf diese Weise wird eine Überlastung des die Magnetspule 166 umfassenden Stellmotors 38 vermieden.

[0066] Die Wirkungsweise der oben beschriebenen Regeleinrichtung sei unter Bezugnahme auf Figur 6 noch einmal zusammenfassend beschrieben, die auch noch weitere Definitionen enthält, die im Zusammenhang mit der Regelung von für die Stromerzeugung verwendeten Brennkraftmaschinen von Interesse sind.

[0067] Typischerweise liegt die Nenndrehzahl bei 1500 U/min, der Drehzahleinstellbereich beträgt ca. +/- 500 U/min. Die Nulleistungsdrehzahl liegt bei etwa 1560 U/min.

[0068] Die ideale Regelkennlinie ist bei 178 darge-

stellt. Sie ist eine Gerade mit der Steigung P. In realen Systemen mit starkem Turbolader, bei denen die Ist-Last über die zeitlich gemittelte Stellung der Drosselklappe gemessen wird, erhält man eine Regelkennlinie 180, die gekrümmt ist. Man erkennt insbesondere den steilen Abschnitt der Regelkennlinie 180 in der Nachbarschaft der Nennlast. Bei 182 ist eine zur anderen Seite der idealen Regelkennlinie 178 liegende Kennlinie gezeichnet, wie sie bei Verwendung von schlechtem Gas als Brennstoff erhalten wird. Auch diese Kennlinie ist gekrümmt. Gekrümmte Kennlinien führen aber zu schlechtem Regelverhalten. Zur guten Regelung ist es wünschenswert, daß die Weichheit des Gesamtsystems über den Regelbereich hinweg konstant bleibt.

[0069] Dies wird erfindungsgemäß wie folgt erreicht:

[0070] Die Regeleinheit 48, die dazu dient, die Brennkraftmaschine 10 lastunabhängig mit konstanter Drehzahl zu betreiben, umfaßt den mit der Drosselklappe 36 zusammenarbeitenden Winkelgeber 40, dessen Ausgangssignal über den Kennlinienkreis 74 in ein der bei der gegebenen Drosselklappenstellung erhaltenen Antriebsleistung der Brennkraftmaschine 10 zugeordnetes Signal umgesetzt wird. Letzteres wird auf den P-Grad-Steuerkreis 96 gegeben, der den P-Grad durch entsprechende Modifikation des Solldrehzahlsignales lastabhängig verstellt.

[0071] Auf diese Weise erhält man dann anstelle einer Regelkennlinie 180 oder 182 eine Regelkennlinie, die praktisch mit der idealen Regelkennlinie 178 zusammenfällt.

Patentansprüche

1. Einrichtung zum Regeln der Stellung einer Drosselklappe (36) einer Brennkraftmaschine (10) derart, daß die Brennkraftmaschine (10) einen Verbraucher (12) unabhängig von der durch den letzteren aufgenommenen Leistung mit konstanter Drehzahl antreibt, mit einem mit der Drosselklappe (36) zusammenarbeitenden Stellungsgeber (40), mit einem Sollstellungsgeber (56) für die Drosselklappenstellung und mit einer mit den Ausgangssignalen von Stellungsgeber (40) und Sollstellungsgeber (56) beaufschlagten Regelschaltung (48), welche ein Steuersignal für einen auf die Drosselklappe (36) arbeitenden Steilmotor (38) bereitstellt, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Stellungsgebers (40) mit dem Eingang eines Kennlinienkreises (74) verbunden ist, welcher das Ausgangssignal des Stellungsgebers (40) in ein korrigiertes Stellungssignal umsetzt, welches linear mit der Antriebsleistung der Brennkraftmaschine (10) zusammenhängt, und daß der Ausgang des Kennlinienkreises (74) mit einem P-Grad-Steuerkreis (96) der Regelschaltung (48) verbunden ist.

2. Regeleinrichtung nach Anspruch 1, dadurch

- gekennzeichnet, daß der Sollstellungsgeber (56) als Regelkreis ausgebildet ist und einen Drehzahl-Fehlerkreis (106) aufweist, welcher eingangsseitig mit einem Soll-Drehzahlsignal und einem Ist-Drehzahlsignal, welches von einem mit der Brennkraftmaschine (10) gekoppelten Drehzahlfühler (52) bereitgestellt wird, beaufschlagt ist und daß ein Solldrehzahlgeber (58) ein Solldrehzahlsignal bereitstellt, welches durch den P-Grad-Steuerkreis (96) lastabhängig modifiziert wird.
3. Regeleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der P-Grad-Steuerkreis (96) aufweist: ein an den Ausgang des Kennlinienkreises (74) angeschlossenes integrierendes Filter (88) und einen Subtrahierkreis (94), der aus dem Ausgangssignal des integrierenden Filters (88) und aus dem Ausgangssignal eines Leistungs-Fehlerkreises (60) das Solldrehzahlsignal berechnet.
4. Regeleinrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das integrierende Filter (88) ein Zeitglied zweiten oder höheren Grades ist.
5. Regeleinrichtung nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang des integrierenden Filters (88) ein Verstärker (90) angeschlossen ist, welcher gemäß eine geraden Kennlinie, die durch den Null-Last-Arbeitspunkt und den Voll-Last-Arbeitspunkt der Brennkraftmaschine (10) verläuft, das auf ihn gegebene Signal linear verstärkt.
6. Regeleinrichtung nach Anspruch 5, gekennzeichnet durch Schaltmittel (104) zum wahlweisen Aktivieren des Verstärkers (90).
7. Regeleinrichtung nach einem Ansprüche 3 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang des Subtrahierkreises (94) ein Fensterbegrenzer (98) angeschlossen ist, welcher innerhalb des Fensters das auf ihn gegebene Signal hindurch laufen läßt, bei unterhalb des Fensters liegendem Wert des Eingangssignales den unteren Fensterwert als Ausgangssignal bereitstellt und bei über dem oberen Fensterwert liegenden Eingangssignal den oberen Fensterwert als Ausgangssignal bereitstellt.
8. Regeleinrichtung nach einem Ansprüche 184 bis 186, dadurch gekennzeichnet, daß an den Ausgang des Drehzahl-Fehlerkreises (106) ein PID-Verstärker (110) angeschlossen ist, dessen P-Wert und/oder I-Wert und/oder D-Wert in Abhängigkeit vom Ausgangssignal des Kennlinienkreises (74) eingestellt wird.
9. Regeleinrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der P-Wert und/oder der I-Wert und/oder der D-Wert zusätzlich in Abhängigkeit davon eingestellt wird, ob das vom Kennlinienkreis (74) angegebene Signal einen vorgegebenen Schwellwert überschreitet (116) oder nicht.
10. Regeleinrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die P-Werte und/oder die I-Werte und/oder die D-Werte in einem in Abhängigkeit von der Ist-Drosselklappenstellung adressierten PID-Wert-Speicher (112) abgelegt sind oder aus dem korrigierten Stellungssignal, welches der Kennlinienkreis (74) bereitstellt, nach einem vorgegebenen Algorithmus berechnet werden.
11. Regeleinrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der PID-Wert-Speicher (112) eine Mehrzahl von Sätzen von P-Werten und/oder I-Werten und/oder D-Werten enthält, die durch ein Wählsignal (114) getrennt aktivierbar sind.
12. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 8 bis 188, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgang des Drehzahl-Fehlerkreises (106) mit einem Diskriminatorkreis (116) verbunden ist, der anspricht, wenn das auf ihn gegebene Drehzahl-Fehlersignal einen vorgegebenen Wert überschreitet und dessen Ausgangssignal zum Adressieren eines einem Lastübergang zugeordneten Satzes von P-Werten und/oder I-Werten und/oder D-Werten dient.
13. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Stellungsfehlerkreis (144) mit dem Eingang eines P-Verstärkers (148) verbunden ist, dessen P-Wert-Steuerklemme wahlweise mit einem ersten P-Wert-Signal (152) für normales Arbeiten und einem zweiten P-Wert-Signal (154) für große Stellungsfehler beaufschlagbar ist.
14. Regeleinrichtung nach Anspruch 13, gekennzeichnet durch einen an den Ausgang des Stellungs-Fehlerkreises (144) angeschlossenen Diskriminator (156), dessen Ausgangssignal zur Ansteuerung eines steuerbaren Schalters (150) dient, über welchen der P-Wert-Steuereingang des P-Verstärkers (148) mit dem ersten bzw. zweiten P-Wert-Signal beaufschlagt wird.
15. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß der Solldrehzahlgeber (54) als Regelkreis ausgebildet ist, welcher an seinem einen Eingang mit einem mit dem Ausgang des Verbrauchers (12) gekoppelten Leistungsmesser (50) verbunden ist und seinem zweiten Eingang mit einem Soll-Verbraucherleistungssignal (62) beaufschlagt ist.
16. Regeleinrichtung nach Anspruch 15, dadurch

gekennzeichnet, daß der Solldrehzahlgeber (58) einen Leistungs-Fehlerkreis (60) aufweist, dessen Ausgang mit einem PID-Verstärker (64) verbunden ist.

5

17. Regeleinrichtung nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß der PID-Verstärker (64) des Solldrehzahlgebers (58) bzgl. seines P-Wertes und/oder seines I-Wertes und/oder seines D-Wertes ähnlich steuerbar ist wie für den PID-Verstärker (110) des Sollstellungsgebers (56) in den Ansprüchen 7 bis 12 angegeben. 10

18. Regeleinrichtung nach Anspruch 16 oder 17, gekennzeichnet durch einen an den Ausgang des Leistungs-Fehlerkreises (60) angeschlossenen Fensterbegrenzer (72), welcher innerhalb eines vorgegebenen Fensters das auf ihn gegebene Signal hindurchlaufen läßt, bei unterhalb des unteren Fensterwertes liegendem Eingangssignal den unteren Fensterwert als Ausgangssignal bereitstellt und bei über dem oberen Fensterwert liegenden Eingangssignal den oberen Fensterwert als Ausgangssignal bereitstellt. 15 20

25

19. Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 16 bis 18 in Verbindung mit Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, der Ausgang des PID-Verstärkers (64) über einen Leistungs/Drehzahl-Umsetzkreis (70) mit dem Subtrahierkreis (94) verbunden ist, wobei zwischen den Ausgang des PID-Verstärkers (64) und den Eingang des Leistungs/ Drehzahlumsetzkreises (70) vorzugsweise ein Integrator (68) eingefügt ist. 30 35

40

45

50

55

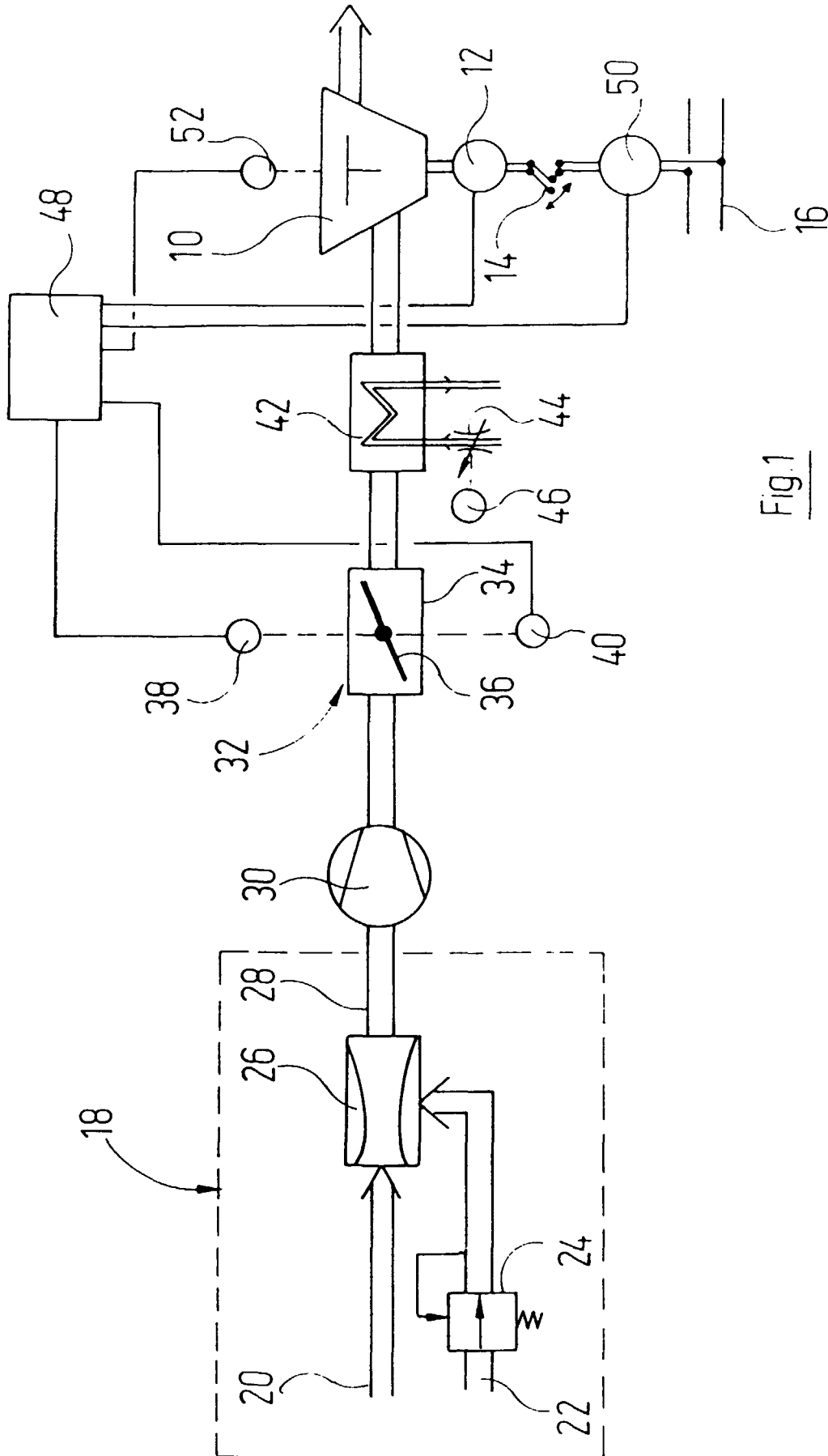


Fig.1

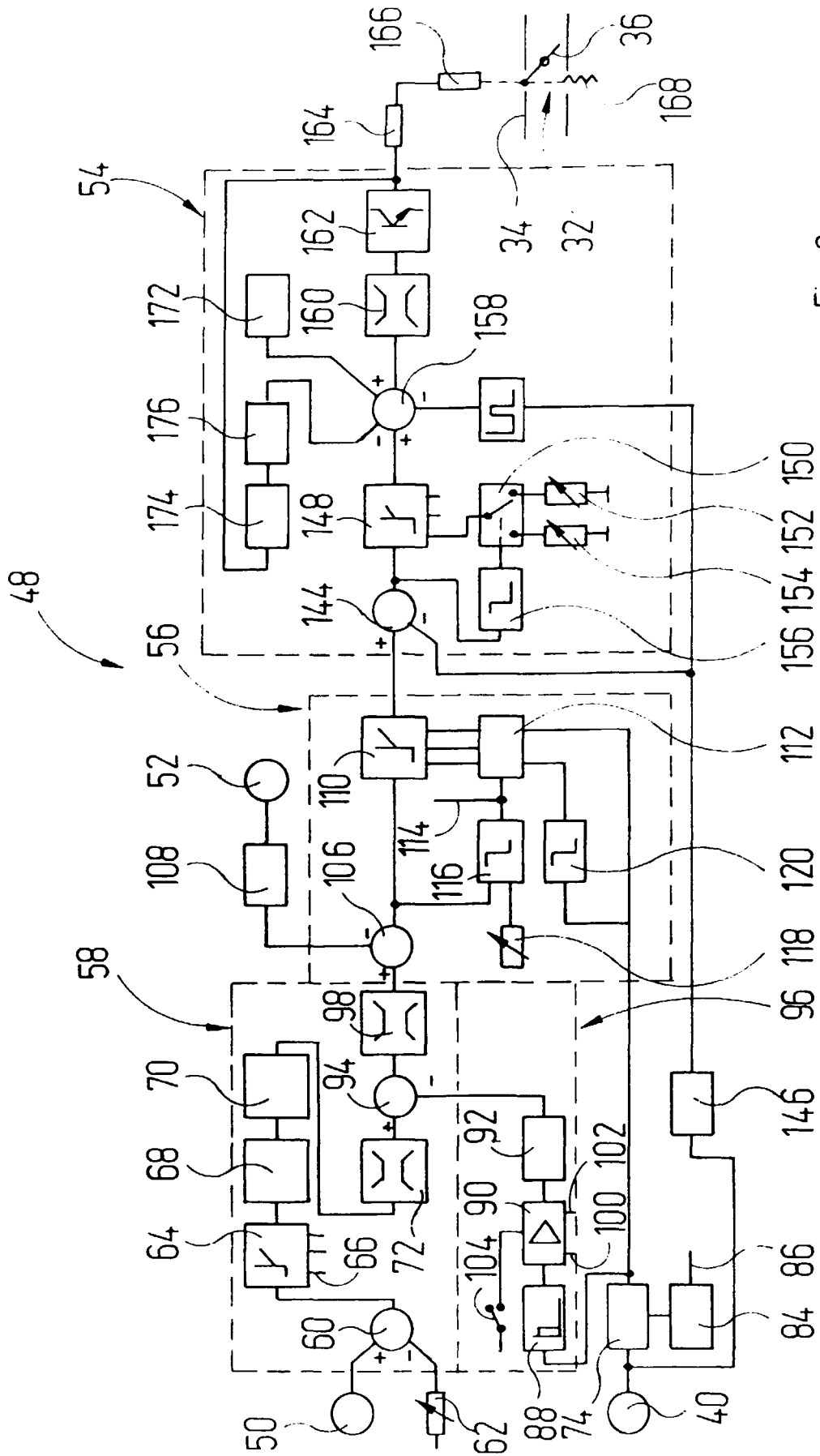


Fig. 2

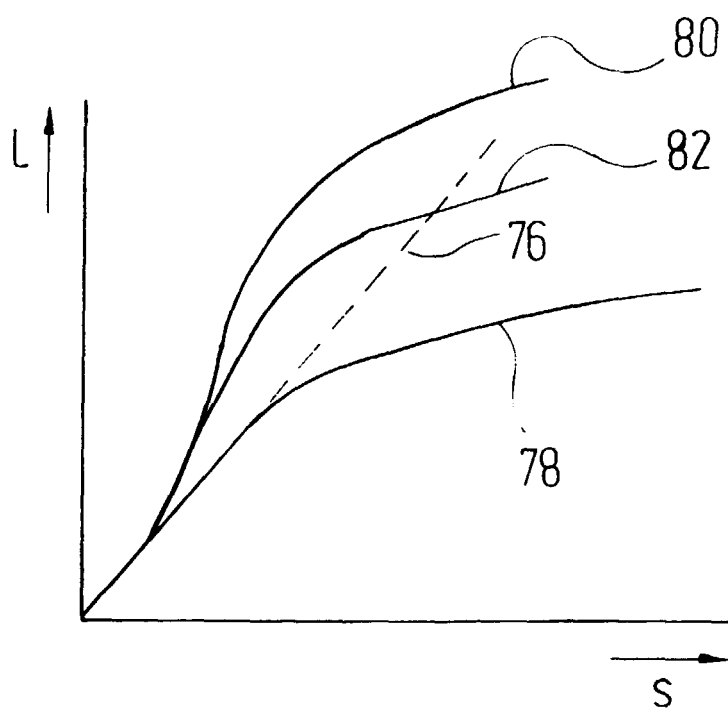
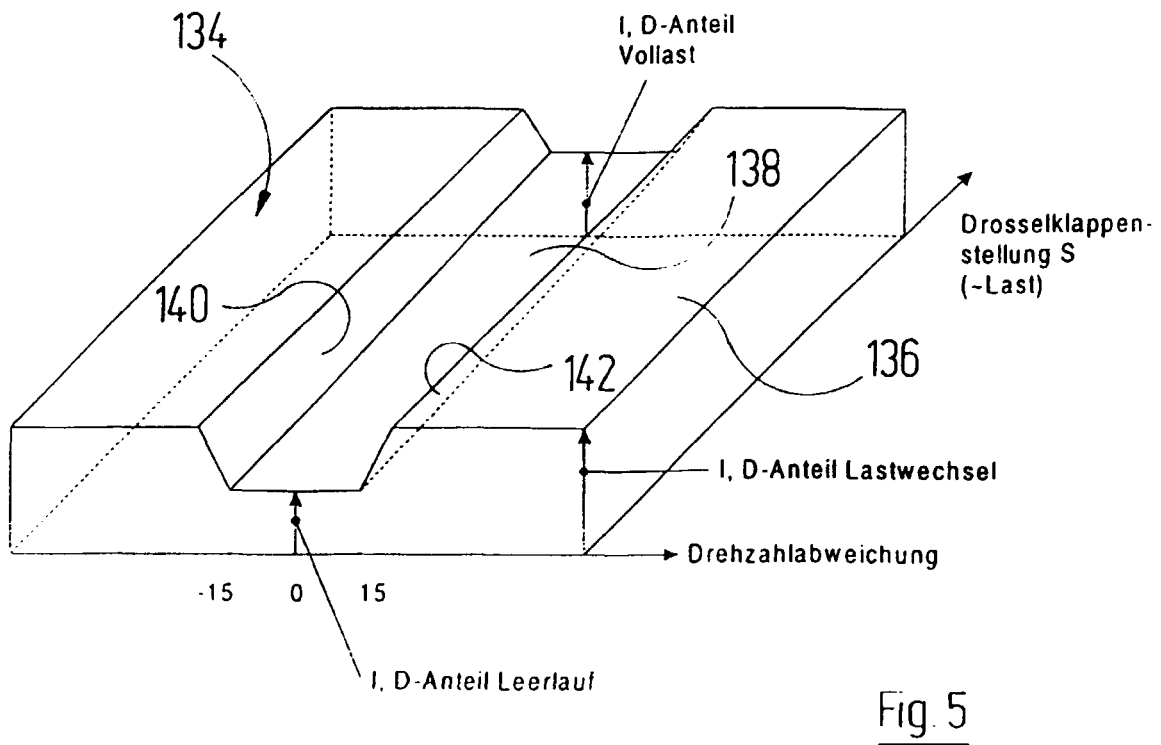
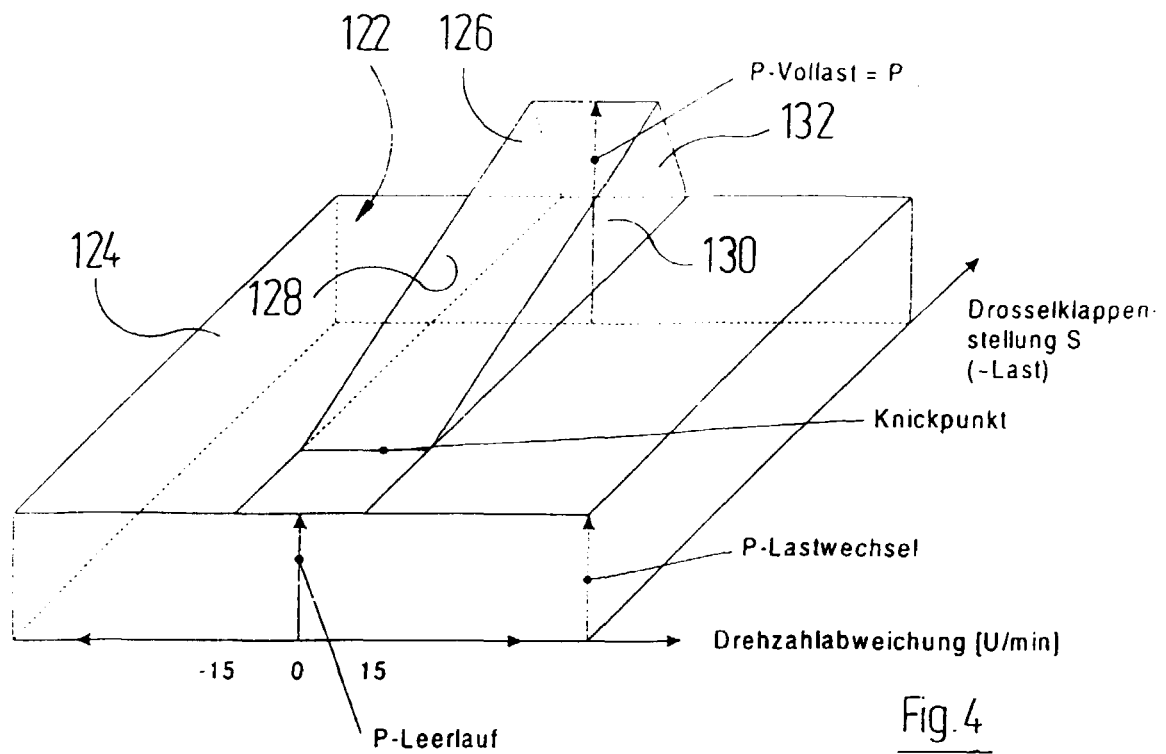


Fig. 3



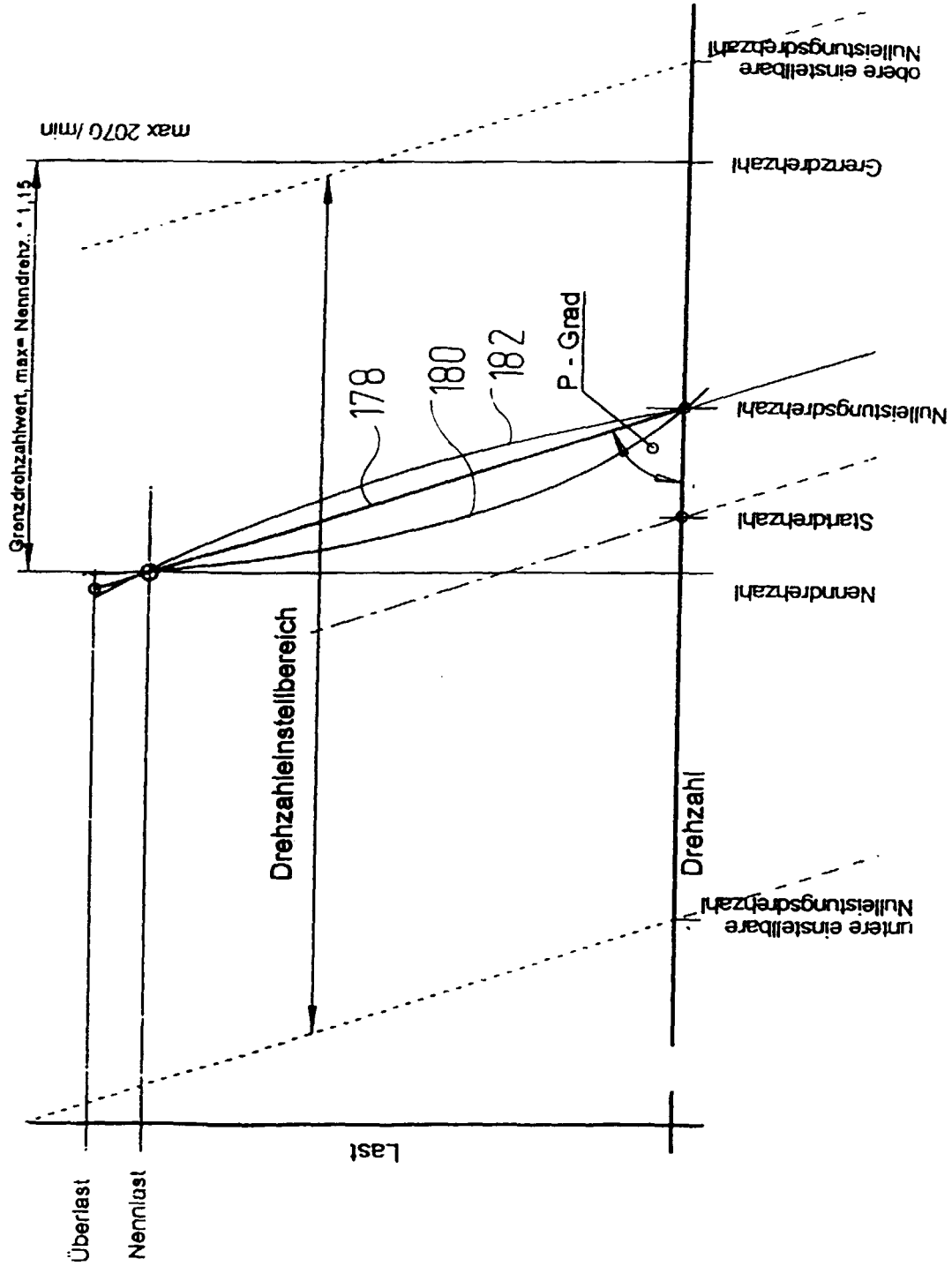


Fig. 6