(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 1 154 202 A2

(12) EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
14.11.2001 Patentblatt 2001/46

(51) Int Cl.[7]: **F23N 1/02**, F23N 5/12

(21) Anmeldenummer: **01110418.9**

(22) Anmeldetag: **27.04.2001**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH CY DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC NL PT SE TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(30) Priorität: **12.05.2000 DE 10023265**
26.05.2000 DE 10025769

(71) Anmelder: **Siemens Building Technologies AG**
8008 Zürich (CH)

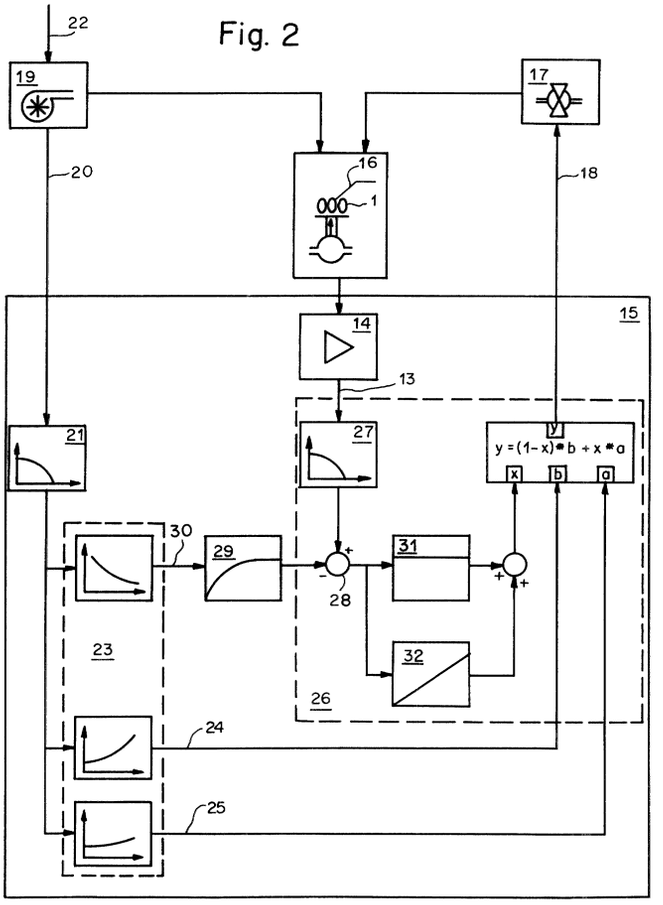
(72) Erfinder: **Lochschmied, Rainer**
76287 Rheinstetten (DE)

(74) Vertreter: **Zedlitz, Peter, Dipl.-Inf. et al**
Patentanwalt,
Postfach 22 13 17
80503 München (DE)

(54) Regeleinrichtung für einen Brenner

(57) Eine Regeleinrichtung (15) für einen Brenner regelt das Luft-Gasverhältnis über eine Ionisationselektrode (16). Bei dynamischen Leistungsänderungen findet eine Vorsteuerung statt, gemäss der Erfindung mit zwei oder mehr gespeicherten Kennlinien.

Fig. 2



EP 1 154 202 A2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Regeleinrichtung für einen Brenner, welcher Brenner eine im Flammenbereich des Brenners angeordnete Ionisationselektrode umfasst, sowie ein Stellglied, welches die Brennstoffzufuhrmenge oder die Luftzufuhrmenge in Abhängigkeit von einem Stellsignal beeinflusst.

[0002] Schon seit langem werden Ionisationselektroden zur Flammenüberwachung in Brennern verwendet. In der Regel wird aber das Verhältnis der Luftmenge zur Brennstoffmenge, oft Lambda genannt, bei jeder Leistungsanforderung entweder durch eine Steuerung oder durch eine Regelung mit Sensoren aufeinander abgestimmt. In der Regel soll Lambda bei jeder Leistungsanforderung leicht über dem stöchiometrischen Wert 1 sein, zum Beispiel 1,3.

[0003] Luftzahlgeregelte Brenner reagieren, anders als gesteuerte Brenner, auf äußere Einflüsse, welche die Verbrennung verändern. Sie haben daher einen höheren Wirkungsgrad und damit eine höhere Effizienz sowie niedrigere Schadstoffemissionen und damit eine geringere Umweltbelastung. Die dafür benötigten Sensoren, oft Gassensoren, insbesondere Sauerstoffsensoren, oder Temperatursensoren, sind aber für diesen Zweck teuer, unzuverlässig, pflegebedürftig und / oder haben eine geringe Lebensdauer.

[0004] Während vielen Jahren haben sich deswegen Brennerhersteller und Regeleinrichtungshersteller darum bemüht, die schon vorhandene Ionisationselektrode nicht nur für die Flammenüberwachung, sondern auch als Sensor zur Brennerregelung zu verwenden. DE-A1-3937290 beschreibt einen Versuchsaufbau zur Regelung des Gas-Luft-Verhältnisses, bei dem die Ionisationselektrode mit einer Gleichspannung gespeist wird. Dieses Prinzip eignet sich wenig zur Serienfertigung. Eine Überwachung der Flamme mit der gleichen Ionisationselektrode ist nicht möglich, da hierzu nur die Gleichrichtereigenschaft der Flamme verwendet werden darf.

[0005] Vor einigen Jahren erschienen IT-95U000566 und EP-A1-909922, welche Regeleinrichtungen für Gasbrenner beschreiben. In vereinfachter Darstellung wird darin beschrieben, wie bei dynamisch schnellen Änderungen des Gas- oder Luftvolumenstroms das Stellglied anhand einer gespeicherten Kennlinie gesteuert wird. Dagegen findet bei langsamen Änderungen des Gasoder Luftvolumenstroms eine Feineinstellung anhand der Regelung mit dem Ionisationssignal als Messgröße statt.

[0006] Schnelle Änderungen der Brennstoffzufuhr oder Luftzufuhr entstehen typisch durch sprungartige Änderungen der Leistungsanforderung. Darüber hinaus können Luftzahländerungen und damit Änderungen des Gas- oder Luftvolumenstromes durch Änderung in der Brennstoffzusammensetzung, durch Luftdruckänderung, Änderungen des Gasdrucks, Temperaturänderungen, Verschmutzung und Abnutzung von mechanischen Brennerteilen etc. verursacht werden.

[0007] Die gespeicherte Kennlinie in den Regeleinrichtungen aus IT-95U000566 und EP-A1-909922 legt bei jedem Luftdruck des Gebläses, und somit bei jeder angeforderten Leistung, ein Stellsignal fest, das einem annähernd erwünschten Stand des Stellgliedes für das Gasventil entspricht. Auch ist eine alternative Regeleinrichtung beschrieben, wonach der Luftvolumenstrom dem Gasvolumenstrom angepasst wird, und die Kennlinie näherungsweise die erwünschte Gebläsedrehzahl in Abhängigkeit der Stellgröße des Gasventils festlegt.

[0008] Man erhält eine brennerspezifische Kennlinie dadurch, dass der Brenner unter je einer anderen Belastung mit wechselnden Stellgliedständen betrieben wird, wobei mit zusätzlichen Sensoren Emissionswerte und Wirkungsgrad gemessen und so die gewünschten Stellgrößen ermittelt werden.

[0009] Luftzahlgeregelte Brenner haben Vorteile gegenüber Geräten, die mittels Kennlinien gesteuert sind. Bei konstanter Leistung lassen Änderungen von Temperatur, Brennstoffdruck, Luftdruck, Brennstoffzusammensetzung, Abnutzung und Verschmutzung von mechanischen Teilen etc. den eingestellten Arbeitspunkt wegdriften.

[0010] Deswegen bewirken die Regeleinrichtungen nach IT-95U000566 und EP-A1-909922 bei Auftritt schneller Leistungsänderungen zwar eine Steuerung anhand der gespeicherten Kennlinie, kompensieren aber deren Unvollkommenheit, in dem sie den letzten Stand des Stellsignals zuerst auf konstanter Distanz entlang der Kennlinie zu einem neuen Wert verschieben.

[0011] Ungefähr gleichzeitig hat der Inhaber von EP-A2-806610 Regeleinrichtungen entwickelt, welche ebenfalls eine Kennlinie für das Stellsignal gespeichert haben. Die Kennlinie dient ebenfalls im Grunde dazu, bei schnellen Leistungsänderungen das Stellsignal vorzusteuern, während der Ionisationsstrom noch den Tatsachen nacheilt.

[0012] Letztgenannte Regeleinrichtungen umfassen einen der Ionisationselektrode nachgeschalteten Ionisationsauswerter, welcher ein Ionisationssignal erzeugt, eine Steuereinheit, in der Kenndaten zur Bestimmung eines ersten Verhaltens des Stellgliedes gespeichert sind, welche zumindest zeitweise ein erstes Steuersignal erzeugt, und einen Regler, welcher das obengenannte Stellsignal zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal und zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom ersten Steuersignal erzeugt.

[0013] Einige der obengenannten Regeleinrichtungen aus dem Stand der Technik sind auf dem Markt, weisen aber erhebliche Nachteile auf. Sie brauchen nämlich trotzdem zusätzliche Sensoren und / oder halten bei dynamischen Veränderungen der Leistung das Luft-Gasverhältnis wenig stabil. Die Marktakzeptanz ist dementsprechend gering.

[0014] Es hat sich gezeigt, dass eine wesentliche Verbesserung zur Regelung eines Brenners über die Ionisationselektrode in den Erfindungsmaßnahmen liegt,

dass in der Steuereinheit zudem Kenndaten zur Bestimmung eines zweiten Verhaltens des Stellgliedes gespeichert sind, die Steuereinheit zumindest zeitweise ein zweites Steuersignal erzeugt und der Regler das Stellsignal zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom zweiten Steuersignal erzeugt.

[0015] Überraschenderweise erbringen diese an sich leicht ausführbaren Maßnahmen den lang erwünschten Sprung in der Regelungsqualität. Der Aufbau einer erfindungsgemäßen Regeleinrichtung benötigt wenig Ressourcen, wie elektronische Bauteile und Rechnerkapazität eines Mikroprozessors. Für die einmalige Anfangseinstellung einer Regeleinrichtung auf einen gewissen Brennertyp müssen statt vorher eine, nun zwei oder mehr brennerspezifische Kennlinien festgestellt werden.

[0016] Die Praxis hat gezeigt, dass das zweite Steuersignal überdurchschnittlich dazu beiträgt, die Steuerung des Stellsignals zu präzisieren.

[0017] Die Regeleinrichtung kann übrigens so aufgebaut werden, dass sie selbst, bei Detektierung geeigneter Bedingungen, ein Einstellverfahren zur Erfassung von neuen Kenndaten durchführt. Somit findet eine gelegentliche oder regelmäßige Neukalibrierung statt, um etwaige schleichende Änderungen im Regelsystem, beispielsweise Abnutzung oder Verschmutzung der Ionisationselektrode, zu kompensieren. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass die Steuerkennlinien automatisch ermittelt werden, auch für Gase, die mittels den voreingestellten Kennlinien nicht erfasst werden.

[0018] Die Kenndaten können beispielsweise als die Konstanten in einer Polynomentwicklung bis zur dritten Ordnung gestaltet sein. Die von der Polynomentwicklung annäherungsweise dargestellte Funktion legt eine Beziehung zwischen einem Eingabeparameter und dem Stellsignal fest.

[0019] Als Eingabeparameter für die Steuerkurven dient zunächst die angeforderte Leistung, entweder in Form einer Stellgröße oder einer Messgröße, die der Leistung entspricht, also zum Beispiel der Gebläsedrehzahl. Natürlich können auch andere Größen als Eingangsgröße der Steuerkennlinien verwendet werden, z. B. Temperatursignale aller Art wie Brennertemperatur, Vorlauf- und Rücklauf- Temperatur, etc. Weitere Beispiele sind ein Druckdifferenzmesswert zur Bestimmung des Gas- oder Luftvolumenstroms, ein Gas- oder Luftvolumenstrom-Messgerät, oder direkt das Ansteuersignal zum Betrieb eines Gasventils oder einer Ölpumpe.

[0020] Vorteilhaft hängen das erste und das zweite Verhalten des Stellgliedes von Eingangsparametern ab, welche die gleiche Größe darstellen. Das Maß der angeforderten Leistung, oder eine andere physikalische Größe, kann der Steuereinheit mittels eines einzelnen Eingangsparameters, wie der Stellgröße der Gebläsedrehzahl, oder mittels Eingangsparameter unterschiedlicher Art, wie Stellgröße und Messgröße der Gebläsedrehzahl, zugeführt werden.

[0021] Notwendig ist dies aber nicht. Stehen insbesondere der Regeleinrichtung während des Betriebes weitere Messwerte zur Verfügung, aus denen sie zum Beispiel den aktuellen Energieinhalt oder den aktuellen Druck des zugeführten Brennstoffs direkt oder indirekt ermitteln kann, dann kann der zweite Eingabeparameter sogar eine andere Größe darstellen.

[0022] Oft sind Brenner mit einem Temperatursensor für die Kesseltemperatur ausgerüstet. Eine Änderung des Energieinhaltes des zugeführten Brennstoffs hat eine Änderung der Kesseltemperatur zufolge. Bei einem solchen Brenner ist beispielsweise die Stellgröße der Gebläsedrehzahl der erste Eingabeparameter, und die zeitliche Änderung der Kesseltemperatur der zweite. Es sind Kenndaten gespeichert worden, welche ein erstes erwünschtes Verhalten des Stellgliedes bei unterschiedenen Leistungen, aber festem Energieinhalt des Brennstoffes und festen sonstigen Einflüssen bestimmen. Auch sind Kenndaten gespeichert worden, welche ein zweites Verhalten bei unterschiedlichen Energieinhalten und diesmal fester Leistung bestimmen.

[0023] In diesem Szenario ermittelt die Regeleinrichtung anhand von Kesseltemperaturänderungen, welche dem zeitlichen Verlauf der Stellgröße der Gebläsedrehzahl nicht entsprechen, etwaige Änderungen des aktuellen Energieinhalts des zugeführten Brennstoffs und erzeugt mittels der Kenndaten für das zweite Verhalten und unter Betrachtung des Ionisationssignals eine korrigierte leistungsabhängige Steuerkurve. Das Stellsignal wird im Falle einer dynamischen Leistungsänderung die so korrigierte Steuerkurve zum Beispiel auf gleichbleibender Distanz folgen.

[0024] Als Brenner kommen Brenner unterschiedlichster Bauart in Frage, zum Beispiel Vormisch-Gasbrenner oder atmosphärische Brenner mit und ohne Hilfsgebläse. Bei atmosphärischen Brennern ohne Hilfsgebläse kann der Luftvolumenstrom z. B. über eine Luftklappe o. ä. gesteuert werden.

[0025] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung erzeugt der Regler das Stellsignal zumindest zeitweise durch Verarbeitung der Steuersignale und bestimmt der Regler die Verarbeitung zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal.

[0026] Diese Ausführung beinhaltet einige Varianten. Beispielsweise erzeugt die Steuereinheit in einem quasi-stabilen Zustand keine Steuersignale. Die Regeleinrichtung macht dann eine reine Regelung über das Ionisationssignal. Sobald aber eine schnelle Zustandsänderung auftritt, schaltet die Regeleinrichtung auf die schnell reagierende und genaue Steuerung durch eine Verarbeitung der Steuersignale um. In welcher Weise die Steuersignale verarbeitet werden, ist beispielsweise vorher vom Ionisationssignal festgelegt worden und bleibt während der ganzen Steuerungsperiode gleich. Die Steuerung wird erst wieder durch eine Regelung ersetzt, wenn der Zustand sich beruhigt hat und das Ionisationssignal dem aktuellen Zustand nachgeeilt ist. Gemäss einer Alternative aber werden die Steuersignale

dauerhaft erzeugt, und es tragen sowohl die Steuersignale als auch das Ionisationssignal kontinuierlich zum Stellsignal bei. Mischvarianten sind auch möglich.

[0027] Insbesondere hat es sich als vorteilhaft erwiesen, dass der Regler zumindest zeitweise die Steuersignale gewichtet und aufaddiert und dass der Regler die Gewichtung zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal bestimmt.

[0028] In einer vorteilhaften Ausführung der Erfindung dämpft der Regler schnelle Schwankungen des Ionisationssignals im Vergleich zu langsame Schwankungen vor der Verarbeitung der Steuersignale ab. Insbesondere ist der Regler mit einem Tiefpassfilter für das Ionisationssignal oder für ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal ausgestattet, oder mit einer Integriereinheit für das Ionisationssignal oder für ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal.

[0029] Die Verarbeitung der Steuersignale wird durch diese Maßnahmen erst mit gewisser Verzögerung und / oder Glättung des Ionisationssignals angepasst, damit der sowieso zu träge Ionisationssignalverlauf nach einer plötzlichen Zustandsänderung das Stellsignal nicht stört. Erst wenn die Lage sich wieder beruhigt hat, wird das Ionisationssignal langsam auf die Verarbeitung der Steuersignale einwirken, um eine Feinabstimmung zu erbringen.

[0030] In einer weiteren Ausführung der Erfindung sind in der Steuereinheit zudem Kenndaten zur Bestimmung eines Verhaltens des Ionisationssignals gespeichert, erzeugt die Steuereinheit zumindest zeitweise ein Sollwertsignal und erzeugt der Regler das Stellsignal zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Sollwertsignal.

[0031] Durch diese Maßnahmen kann die Reglereinrichtung, beziehungsweise ihr Reglerprogramm, einfach gestaltet werden und eine große Zuverlässigkeit erreichen. Optional kalibriert die Regeleinrichtung selbst gelegentlich oder regelmäßig diese Kenndaten.

[0032] In der genannten Ausführungsform der Erfindung ist der Regler vorteilhaft mit einer Vergleichseinheit ausgestattet, welche zumindest zeitweise das Sollwertsignal oder ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal vom Ionisationssignal subtrahiert. In dieser Ausrührungsform kann der Regler das Stellsignal so erzeugen, dass das Ionisationssignal auf das Sollwertsignal hin geregelt wird. Durch die obengenannte Integriereinheit kann diese Differenz zu Null geregelt werden.

[0033] Eine weitere Ausführung der Erfindung betrifft die gespeicherten Kenndaten. Vorteilhaft ist das erste Verhalten des Stellgliedes während eines Brennerbetriebes mit einem ersten Brennstoff bestimmt worden, und das zweite Verhalten des Stellgliedes während eines Brennerbetriebes mit einem bezüglich des Energieinhaltes unterschiedlichen zweiten Brennstoff, insbesondere wenn der spezifische Energieinhalt eines Brennstoffs mindestens 5 % höher als der eines anderen Brennstoffs ist.

[0034] Es hat sich gezeigt, dass die Kennlinien ab diesem Grenzwert dermaßen voneinander verschieden sind, dass sie der Regeleinrichtung wesentliche Zusatzinformationen gegenüber einer Regeleinrichtung mit nur einer gespeicherten Kennlinie geben. Dies lässt das Ausmaß einiger Vorteile, welche die Erfindung mit sich bringt, wesentlich ansteigen.

[0035] In diese Ausführung haben sich die Kenndaten zur Bestimmung der beiden Verhalten des Stellgliedes aus Messungen ergeben. Alternativerweise aber werden nur die Kenndaten für das erste Verhalten des Stellgliedes anhand von Messergebnisse bestimmt. Die Kenndaten für das zweite Verhalten werden dann aus diesen berechnet. Dies ist nur möglich, wenn ein Fachmann ein geeignetes Wissen über das Verhalten des Stellgliedes unter den unterschiedlichen Umständen hat.

[0036] In einer Variante der obengenannten Ausführung werden die Kenndaten für das zweite Verhalten statt mittels brennerspezifischer Messungen anhand von fachmännischen Kenntnissen über die in der Praxis zugeführten Brennstoffmischungen festgestellt.

[0037] Die Einstellung einer Regeleinrichtung auf einen gewissen Brennertyp findet also vorteilhaft dadurch statt, dass zwei oder mehr brennerspezifische Kennlinien während des Betriebes mit unterschiedlichen Brennstoffen, beispielsweise Gasmischungen in unterschiedlichen Verhältnissen, festgestellt werden.

[0038] Die Erfindung betrifft auch ein Verfahren zum Einstellen einer erfinderischen Regeleinrichtung. Gemäss diesem Verfahren wird zuerst ein Brenner mit einer erfinderischen Regeleinrichtung und mit zusätzlichen Sensoren zur Feststellung der Qualität der Verbrennung ausgestattet. Dann betreibt man den Brenner mit einem ersten Brennstoff mit gewissem Energieinhalt auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt. Aus den erwünschten Stellgliedständen werden Kenndaten zur Bestimmung des ersten Verhaltens des Stellgliedes festgestellt. Danach betreibt man den Brenner mit einem zweiten Brennstoff mit einem unterschiedlichen Energieinhalt auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt, und stellt jetzt aus den erwünschten Stellgliedständen Kenndaten zur Bestimmung des zweiten Verhaltens des Stellgliedes fest. Optional wiederholt man diese Schritte für einen dritten oder sogar weitere Brennstoffe. Schließlich werden die festgestellten Kenndaten in einer oder mehreren Regeleinrichtungen gespeichert. Wie oben beschrieben wurde, bringt es Vorteile mit sich, dass der spezifische Energieinhalt eines Brennstoffs mindestens 5 % höher als der eines anderen Brennstoffs ist.

[0039] Alternativerweise betreibt man den Brenner mit einer Brennstoffzufuhr unter einem ersten Druck auf

unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt. Aus den erwünschten Stellgliedständen werden Kenndaten zur Bestimmung des ersten Verhaltens des Stellgliedes festgestellt. Danach betreibt man den Brenner mit einer Brennstoffzufuhr unter einem unterschiedlichen zweiten Druck auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedenen Stellgliedständen, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt. Aus den erwünschten Stellgliedständen werden jetzt Kenndaten zur Bestimmung des zweiten Verhaltens des Stellgliedes festgestellt. Zum Abschluss speichert man die festgestellten Kenndaten in einer Regeleinrichtung. Die Erfindungswirkung ist besonders ausgeprägt, wenn die Unterschiede in den Brennstoffzufuhrdrücken 9 % überschreiten, das heißt, wenn ein Brennstoffzufuhrdruck mindestens 9 % höher als ein anderer ist.

Figur 1 zeigt ein Blockschaltbild eines Ionisationsauswerters in einer Regeleinrichtung gemäss der Erfindung,

Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Regeleinrichtung gemäss der Erfindung, und

Figur 3 zeigt das Stellsignal einer Regeleinrichtung gemäss der Erfindung.

[0040] Fig. 1 zeigt schematisch das Funktionsprinzip eines Ionisationsauswerters 14 in einer Regeleinrichtung gemäss der Erfindung. In einer Ersatzschaltung ist die Flamme 1 durch eine Diode 1a und einen Widerstand 1b dargestellt. Über L und N ist eine Wechselspannung von beispielsweise 230V angelegt. Wenn eine Flamme 1 vorhanden ist, fließt wegen der Flammendiode 1a durch den Blockkondensator 3 in der positiven Halbwelle ein größerer Strom als in der negativen Halbwelle. Dadurch bildet sich zwischen L und einem zum Zweck des Berührschutzes angebrachten Widerstandes 2 eine positive Gleichspannung U_B am Blockkondensator 3 aus.

[0041] Durch einen Entkopplungswiderstand 4 fließt daher ein Gleichstrom von N zum Blockkondensator 3. Die Höhe des Gleichstromes hängt dabei von U_B und damit direkt vom Flammenwiderstand 1b ab. Der Flammenwiderstand 1b beeinflusst ebenfalls den Wechselstrom durch den Entkoppelwiderstand 4, allerdings in unterschiedlichem Maß gegenüber dem Gleichstrom. Durch den Widerstand 4 fließt somit ein Gleichstrom und ein Wechselstrom wie oben beschrieben.

[0042] Dem Widerstand 4 ist nun ein Hochpass 5 und ein Tiefpass 6 nachgeschaltet. Durch den Hochpass 5 wird der Wechselstrom ausgefiltert und der Gleichspannungsanteil abgeblockt. Durch den Tiefpass wird der vom Flammenwiderstand 1b abhängige Gleichspannungsanteil ausgefiltert und der Wechselstrom im wesentlichen abgeblockt. In einem Verstärker 7 wird der aus dem Hochpass 5 fließende Wechselstrom verstärkt und eine Referenzspannung U_{Ref} zuaddiert. In einem Verstärker 8 wird der aus dem Hochpass 6 fließende Gleichstrom mit eventuell geringen Wechselstromanteilen verstärkt und die Referenzspannung U_{Ref} zuaddiert.

[0043] Die Referenzspannung U_{Ref} kann beliebig, zum Beispiel $U_{Ref} = 0$ gewählt werden, sie wird jedoch vorzugsweise so gewählt, dass die Verstärker und Komparatoren nur eine Versorgung benötigen.

[0044] An einem Komparator 9 werden die aus dem Verstärker 7 austretende Wechselspannung und die aus dem Verstärker 8 austretende Gleichspannung miteinander verglichen und ein pulsweitenmoduliertes (PWM) Signal erzeugt. Ändert sich die Amplitude der Netzspannung, so ändern sich Wechselspannung und Gleichspannung im gleichen Verhältnis, das PWM-Signal ändert sich nicht. Der Signalhub des PWM-Signals kann mittels der Verstärker 7 und 8 in einem weiten Bereich zwischen $\tau = 0$ und $\tau = 50\%$ Tastverhältnis eingestellt werden.

[0045] Der Gleichspannungsanteil U= wird in einem Komparator 10 mit der Referenzspannung U_{Ref} verglichen. Ist eine Flamme vorhanden, ist der Gleichspannungsanteil größer als die Referenzspannung ($U_{=} > U_{Ref}$) und der Komparatorausgang des Komparators 10 schaltet auf 0. Ist keine Flamme vorhanden, so ist der Gleichspannungsanteil ungefähr gleich der Referenzspannung ($U_{=} \approx U_{Ref}$). Wegen dem, dem Gleichspannungsanteil überlagerten, geringen Wechselspannungsanteil, den der Tiefpass 6 nicht ausfiltert, unterschreitet der Gleichspannungsanteil kurzzeitig die Referenzspannung und am Komparatorausgang des Komparators 10 erscheinen Impulse. Diese Impulse werden auf ein nachtriggerbares Monoflop 11 gegeben.

[0046] Das Monoflop 11 wird so getriggert, dass die aus dem Komparator 10 ausgegebene Impulsfolge schneller kommt als die Impulsdauer des Monoflops ist. Dadurch erscheint, wenn keine Flamme vorhanden ist, am Ausgang des Monoflops konstant eine 1. Ist eine Flamme vorhanden, so wird das Monoflop nicht getriggert und am Ausgang erscheint permanent eine 0. Das nachtriggerbare Monoflop 11 bildet somit einen „missing pulse detector", welcher das dynamische Ein-/Aus-Signal in ein statisches Ein-/Aus-Signal umwandelt.

[0047] Beide Signale, das PWM-Signal und das Flammensignal können nun separat weiterverarbeitet werden oder aber mittels eines Oder-Gliedes 12 verknüpft werden. Als Ausgang des Oder-Gliedes 12 zeigt sich bei vorhandener Flamme ein PWM-Signal, dessen Tastverhältnis ein Maß für den Flammenwiderstand 1b ist. Dieses Ionisationssignal 13 wird dem in Figur 2 gezeigten Regler 26 zugeführt. Ist keine Flamme vorhanden, ist der Ausgang des Oder-Gliedes permanent auf 1. Das Ionisationssignal 13 kann über einen nicht dargestellten Optokoppler übertragen werden, um eine Schutztrennung zwischen der Netzseite und der Schutzkleinspannungsseite zu erreichen.

[0048] Figur 2 zeigt ein Blockschaltbild einer Regel-

einrichtung 15 gemäss der Erfindung.
Die Ionisationselektrode 16 ragt in die Flamme 1. Das Gasventil 17 wird vom Stellsignal 18 auf direkte oder indirekte Weise, zum Beispiel über einen Motor, gesteuert. Etwaig ist noch ein mechanischen Druckregler zwischengeschaltet.

[0049] Ein Luftgebläse 19 wird auf eine Drehzahl angesteuert, die hier als Eingabeparameter verwendet wird. Die Drehzahl entspricht einer Leistungsanforderung 22. Das Drehzahlsignal 20 wird über ein Filter 21 zu der Steuereinheit 23 geführt, welche als Programmteil zum Ablauf in einem Mikroprozessor gestaltet worden ist. Dort sind Kenndaten gespeichert, welche die Kennlinien eines ersten und eines zweiten Steuersignals 24 und 25 festlegen. Der Regler 26 gewichtet und addiert die beide Steuersignale und ermittelt so das Stellsignal 18. Diese Verarbeitung der Steuersignale hängt vom Ionisationssignal 13 ab.

[0050] Das Ionisationssignal 13 wird vom Regler 26 zuerst mittels eines Tiefpassfilters 27 geglättet, um Störimpulse und Flackern zu unterdrücken. In einer Vergleichseinheit 28 wird ein von der Steuereinheit 23 erzeugtes und über einer Korrektureinheit 29 geführtes Sollwertsignal 30 subtrahiert. Aus dem Folgesignal dieser Verarbeitung des Ionisationssignals wird von einem Proportionalregler 31 und einer parallelen Integriereinheit 32 ein interner Regelwert x ermittelt, der die beiden Steuersignale 24 und 25 gewichtet und damit das Stellsignal 18 fein abregelt.

[0051] Der Regelwert x kann alternativerweise durch einen PID-Regler oder einen Zustandsregler aus dem Folgesignal erzeugt werden.

[0052] Figur 3 zeigt wie das Stellsignal 18 einer Regeleinrichtung 15 gemäss der Erfindung abhängig vom Drehzahlsignal 20 verläuft. Die Kennlinien der Steuersignale 24 und 25 betreffen je ein Brenngas mit ziemlich tiefem, respektiv hohem kalorischem Wert.

[0053] In einem quasi-stabilen Zustand, in dem das Brenngas einen mittleren Verbrennungswert hat und die Verbrennungswerte auch wegen sonstigen Umständen von den Kennlinien abweichen, regelt die Regeleinrichtung 15 über die Gewichtung der Steuersignale 24 und 25 das Stellsignal auf einen für das Luft-Gasverhältnis nahezu optimalen Wert 33. Diese Feinregelung entspricht einer vertikalen Bewegung des Stellsignalwertes in der Figur 3.

[0054] Findet jetzt ein schrittartiger Anstieg der Leistungsanforderung 22 statt, und eine entsprechende Änderung des Drehzahlsignals 20, dann bleibt die Gewichtung der beiden Steuersignale vorerst kaum berührt. Die Steuersignale 24 und 25 selbst aber steigen je rasch mit der Drehzahländerung auf ihre entsprechend höheren Werte entlang die Kennlinien an, und das Stellsignal 18 steigt ebenso rasch zu dem Wert 34 mit. Dieser gesteuerter Wert 34 des Stellsignals ist schon sehr genau, das heißt, ist nahe an einem für das Luft-Gasverhältnis optimalen Wert. Sobald das Ionisationssignal 13 sich wieder auf den neuen Zustand eingespielt hat, typisch nach einigen wenigen Sekunden, regelt es die Gewichtung der Steuersignale 24 und 25 wieder fein. Dabei bewegt sich in der Figur 3 das Stellsignal 18 vertical zu einem Wert 35.

Patentansprüche

1. Regeleinrichtung (15) für einen Brenner

mit einer im Flammenbereich des Brenners angeordneten Ionisationselektrode (16) und
mit einem Stellglied (17), welches die Brennstoffzufuhrmenge oder die Luftzufuhrmenge in Abhängigkeit von einem Stellsignal (18) beeinflusst,
ausgestattet mit einem der Ionisationselektrode (16) nachgeschalteten Ionisationsauswerter (14), welcher ein Ionisationssignal (13) erzeugt,
mit einer Steuereinheit (23), in der Kenndaten zur Bestimmung eines ersten Verhaltens des Stellgliedes (17) gespeichert sind, welche zumindest zeitweise ein erstes Steuersignal (24) erzeugt, und
mit einem Regler (26), welcher das Stellsignal (18) zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal (13) und zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom ersten Steuersignal (24) erzeugt,

dadurch gekennzeichnet, dass

in der Steuereinheit (23) zudem Kenndaten zur Bestimmung eines zweiten Verhaltens des Stellgliedes (17) gespeichert sind,
die Steuereinheit (23) zumindest zeitweise ein zweites Steuersignal (25) erzeugt und der Regler (26) das Stellsignal (18) zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom zweiten Steuersignal (25) erzeugt.

2. Regeleinrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler (26) das Stellsignal (18) zumindest teilweise durch Verarbeitung der Steuersignale (24, 25) erzeugt und
der Regler (26) die Verarbeitung zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal (13) bestimmt.

3. Regeleinrichtung nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass

der Regler (26) zumindest zeitweise die Steuersignale (24, 25) gewichtet und aufaddiert und der Regler (26) die Gewichtung zumindest zeit-

weise in Abhängigkeit vom Ionisationssignal (13) bestimmt.

4. Regeleinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (26) vor der Verarbeitung der Steuersignale (24, 25) schnelle Schwankungen des Ionisationssignals (13) im Vergleich zu langsame Schwankungen abdämpft.

5. Regeleinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (26) mit einem Tiefpassfilter (27) für das Ionisationssignal (13) oder für ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal ausgestattet ist.

6. Regeleinrichtung, nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (26) mit einer Integriereinheit (32) für das Ionisationssignal (13) oder für ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal ausgestattet ist.

7. Regeleinrichtung nach jedem der vorgehenden Ansprüchen, **dadurch gekennzeichnet, dass**

in der Steuereinheit (23) zudem Kenndaten zur Bestimmung eines Verhaltens des Ionisationssignals (13) gespeichert sind,
die Steuereinheit (23) zumindest zeitweise ein Sollwertsignal (30) erzeugt und
der Regler (26) das Stellsignal (18) zumindest zeitweise in Abhängigkeit vom Sollwertsignal (23) erzeugt.

8. Regeleinrichtung nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (26) mit einer Vergleichseinheit ausgestattet ist, welche zumindest zeitweise das Sollwertsignal (30) oder ein durch Verarbeitung erzeugtes Folgesignal vom Ionisationssignal (13) oder von einem durch Verarbeitung erzeugten Folgesignal subtrahiert.

9. Regeleinrichtung nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Regler (26) das Stellsignal (18) so erzeugt, dass das Ionisationssignal (13) auf das Sollwertsignal (30) hin geregelt wird.

10. Regeleinrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

das erste Verhalten des Stellgliedes (17) während eines Brennerbetriebes mit einem ersten Brennstoff bestimmt worden ist und
das zweite Verhalten des Stellgliedes (17) während eines Brennerbetriebes mit einem bezüglich des Energieinhaltes unterschiedlichen zweiten Brennstoff bestimmt worden ist.

11. Regeleinrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** der spezifische Energieinhalt eines Brennstoffs mindestens 5 % höher als der eines anderen Brennstoffs ist.

12. Verfahren zum Einstellen einer Regeleinrichtung für Brenner nach einem der vorangehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass**

man einen Brenner mit einer Regeleinrichtung (15) und mit zusätzlichen Sensoren zur Feststellung der Qualität der Verbrennung ausstattet,
man den Brenner mit einem ersten Brennstoff mit gewissem Energieinhalt auf unterschiedliche Leistungswerte je mit unterschiedlichen Stellgliedständen betreibt, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt,
man aus den erwünschten Stellgliedständen Kenndaten zur Bestimmung des ersten Verhaltens des Stellgliedes (17) feststellt,
man den Brenner mit einem zweiten Brennstoff mit einem unterschiedlichen Energieinhalt auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen betreibt, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt,
man aus den erwünschten Stellgliedständen Kenndaten zur Bestimmung des zweiten Verhaltens des Stellgliedes (17) feststellt und
man die festgestellten Kenndaten in der Regeleinrichtung (15) speichert.

13. Verfahren zum Einstellen von Regeleinrichtungen für Brenner nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** der spezifische Energieinhalt eines Brennstoffs mindestens 5 % höher als der eines anderen Brennstoffs ist.

14. Verfahren zum Einstellen von Regeleinrichtungen für Brenner nach Anspruch 12 oder 13, **dadurch gekennzeichnet, dass**

man den Brenner mit einer Brennstoffzufuhr unter einem ersten Druck auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen betreibt, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt,

man aus den erwünschten Stellgliedständen Kenndaten zur Bestimmung des ersten Verhaltens des Stellgliedes (17) feststellt,
man den Brenner mit einer Brennstoffzufuhr unter einem unterschiedlichen zweiten Druck auf unterschiedlichen Leistungswerten je mit unterschiedlichen Stellgliedständen betreibt, wobei man aus den Sensorergebnissen für jeden Leistungswert einen erwünschten Stellgliedstand feststellt,
man aus den erwünschten Stellgliedständen Kenndaten zur Bestimmung des zweiten Verhaltens des Stellgliedes (17) feststellt und
man die festgestellten Kenndaten in der Regeleinrichtung (15) speichert.

15. Verfahren zum Einstellen von Regeleinrichtungen für Brenner nach Anspruch 14,
dadurch gekennzeichnet, dass
ein Brennstoffzufuhrdruck mindestens 9 % höher als ein andere ist.

Fig. 1

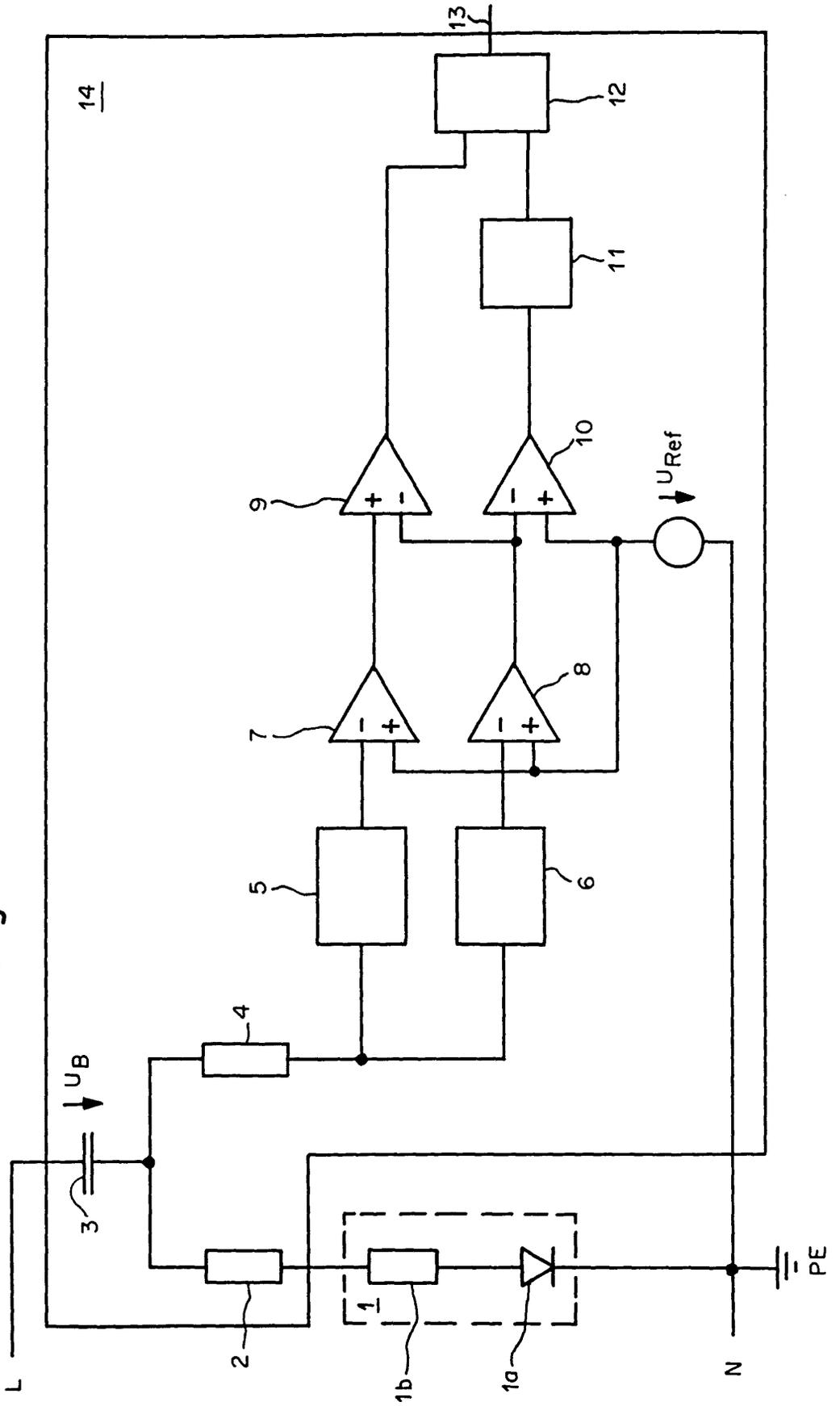
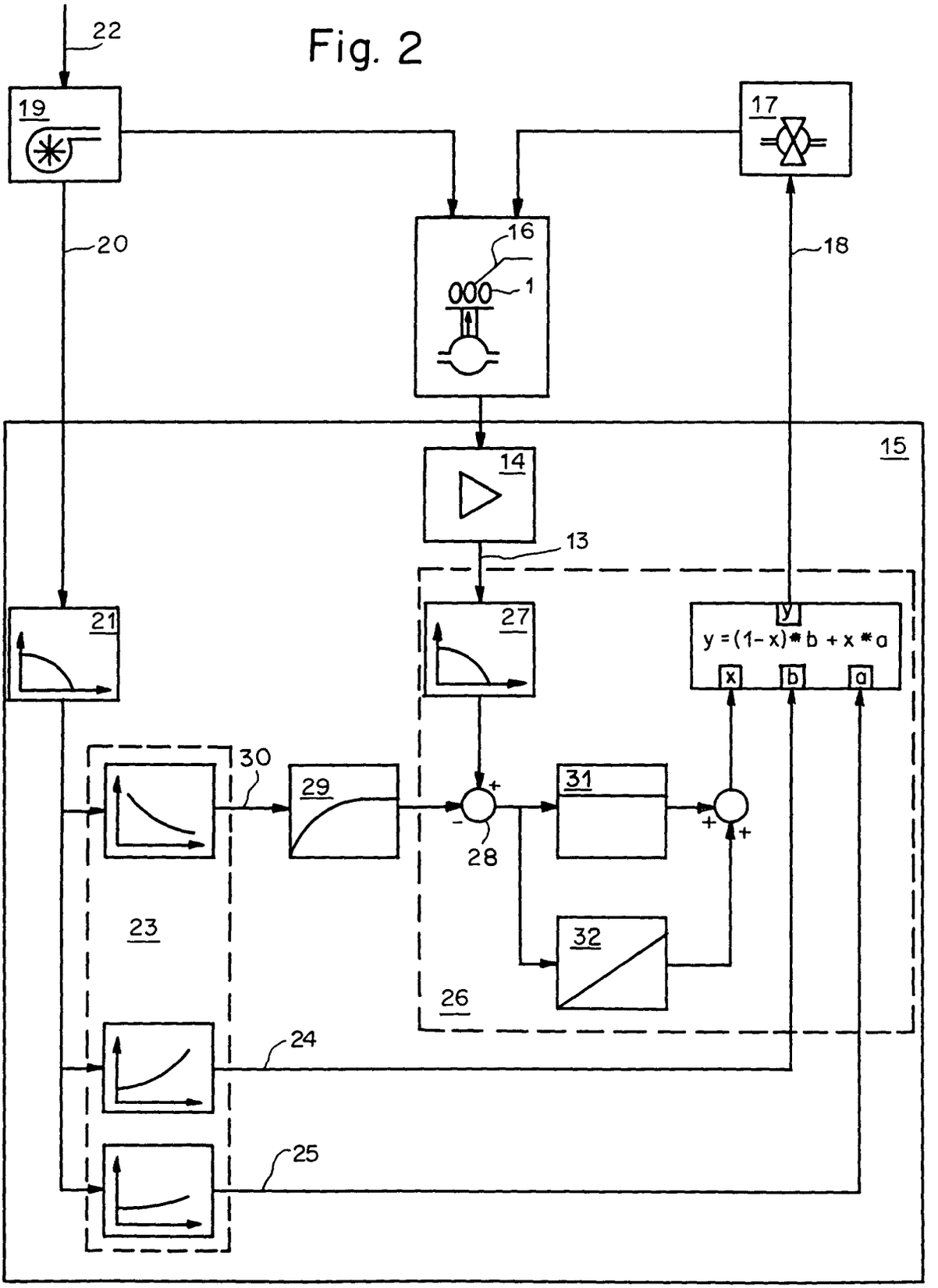


Fig. 2


22
19
17
20
16
1
18
15
14
13
21
27
y
y = (1-x)*b + x*a
x
b
a
30
29
31
28
23
32
26
24
25

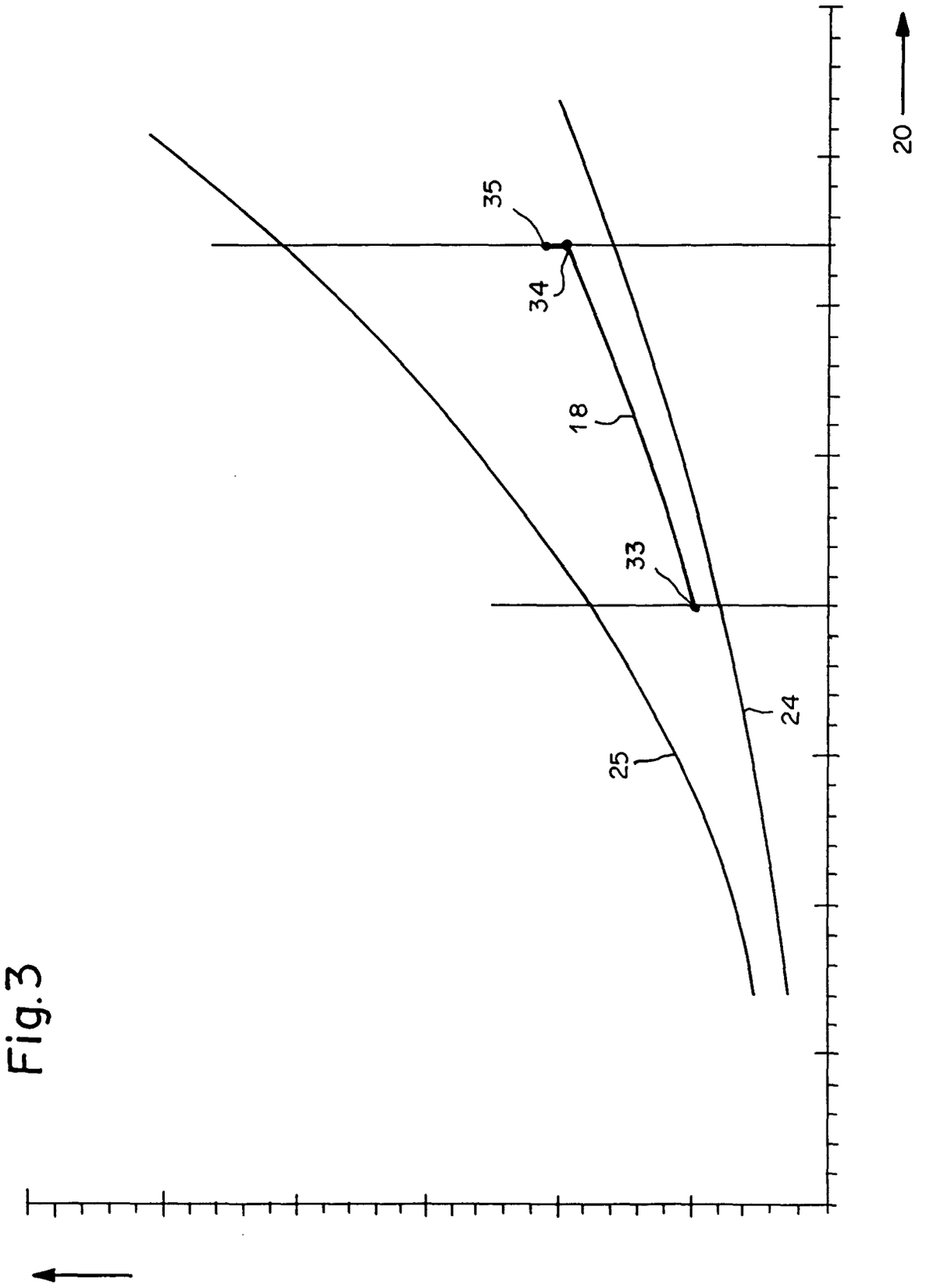


Fig.3