



⑫ **NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

④⑤ Veröffentlichungstag der neuen Patentschrift :
15.11.95 Patentblatt 95/46

⑤① Int. Cl.⁶ : **F23N 1/02**

②① Anmeldenummer : **88107390.2**

②② Anmeldetag : **07.05.88**

⑤④ **Regeleinrichtung für Gasbrenner.**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
15.11.89 Patentblatt 89/46

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
29.04.92 Patentblatt 92/18

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Entscheidung über den Einspruch :
15.11.95 Patentblatt 95/46

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
DE FR GB IT NL

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
EP-A- 0 021 291
EP-A- 0 088 717
FR-A- 1 156 961
FR-A- 2 260 751

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
GB-A- 1 571 906
US-A- 4 478 076
US-A- 4 498 863
**H.Schrowang:Regelungstechnik für Heizungs-
-und-Lüftungsbauer,Krammer Verlag,Düssel-
dorf,1976,Seiten 194-196.**

⑦③ Patentinhaber : **HONEYWELL B.V.**
Laarderhoogtweg 18-20
NL-1101 EA Amsterdam Z.O. (NL)

⑦② Erfinder : **Vegter, Derk**
Zijtak w.z. 130
Nieuw Amsterdam (NL)

⑦④ Vertreter : **Rentzsch, Heinz, Dipl.-Ing. et al**
Honeywell Holding AG
Patent- und Lizenzabteilung
Postfach 10 08 65
D-63008 Offenbach (DE)

EP 0 341 323 B2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Durchfluß-Regeleinrichtung zum Aufrechterhalten eines vorgegebenen Gas/Luft-Mengenverhältnisses der dem Gasbrenner einer Heizvorrichtung über Leitungen vorgegebenen Querschnitts

5 zugeführten Gas- und Luftmengen.
Um eine bestimmte Raum- oder Wassertemperatur zu erreichen, muß man in Abhängigkeit von der gerade vorhandenen Abweichung der Isttemperatur gegenüber dem Sollwert dem die Luft oder das Wasser erwärmenden Brenner eine dem Wärmebedarf entsprechende Brennstoffmenge zuführen. Da der Brenner nur bei einem vorgegebenen Luft/Gas-Mengenverhältnis optimal arbeitet, d. h. den Brennstoff vollständig verbrennt,

10 muß sich mit der Änderung der zugeführten Gasmenge auch die Verbrennungsluftmenge entsprechend ändern. Regeleinrichtungen für diese Zwecke sind bekannt.

So zeigt die GB-B 12 35 891 eine durch einen Temperaturfühler steuerbare Regeleinrichtung für einen gasbefeuerten Wasser- oder Lufterhitzer mit einem Regelventil für die Heizgaszufuhr sowie einem gleichsinnig gesteuerten Stellglied für die Zufuhr der Verbrennungsluft. Dort ist an die zum Brennerführende Ausgangs-

15 leitung des vom Temperaturfühler gesteuerten Gasregelventils ein federbelasteter Membranantrieb angeschlossen, der eine Luftklappe im Verbrennungsluftzufuhrkanal steuert. Nach einer weiteren dort beschriebenen Ausführungsform beeinflusst der Membranantrieb über eine Bremse die Drehzahl des Gebläsemotors für die Zufuhr der Verbrennungsluft. Aus EP-B 0 036 613 ist eine dem gleichen Zweck dienende Regeleinrichtung bekannt, bei der ein Servodruckregler den Druck am Ausgang des Gasregelventils oder am Ausgang des

20 Luftmengenstellgliedes mit einem durch den Temperaturfühler bestimmten Sollwert vergleicht und mit seinem Ausgangsdruck sowohl den Antrieb des Gasregelventils als auch den des Luftmengenstellgliedes steuert. In beiden Fällen wird also ein vorgegebenes Gas/Luft-Mengenverhältnis des dem Brenner zugeführten Gas/Luftgemischs eingehalten.
Bei einer aus EP-B 0 062 855 bekannten Regeleinrichtung wird das Gasventil von einem Temperaturregler,

25 beispielsweise einem Raumthermostaten oder Kesselwasserthermostaten derart gesteuert, daß dem Brenner eine zur Erzeugung der benötigten Wärmemenge erforderliche Gasmenge zugeführt wird. Zur Steuerung der Verbrennungsluftmenge ist im Rauchgasabzug ein Sauerstoff- oder Kohlendioxidsensor angeordnet, der anhand der Verbrennungsprodukte feststellt, ob die zur Erzielung einer optimalen Verbrennung erforderliche Verbrennungsluftmenge dem Brenner zugeführt wird. Ist dies nicht der Fall, so verändert sein Ausgangssignal über

30 einen Regler die Stellung einer im Luftkanal angeordneten Luftklappe oder die Drehzahl eines die Verbrennungsluft bereitstellenden Gebläses. Die Anbringung eines solchen Rauchgassensors ist jedoch vielfach schwierig, wenn man verlangt, daß dieser ein zuverlässiges, den tatsächlichen Zustand der Verbrennung kennzeichnendes Ausgangssignal liefert. Außerdem sind solche Sensoren im Rauchgaskanal starker Verschmutzung und ggf. Korrosion ausgesetzt. Günstiger ist deshalb die Einhaltung optimaler Verbrennungsbedingungen dadurch, daß man die Verbrennungsluftmenge selbsttätig der dem Brenner jeweils zugeführten Gasmenge anpaßt.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine hierfür geeignete Durchfluß-Regeleinrichtung zu schaffen, welche die

tatsächlichen Mengenströme mißt und einander anpaßt. Die eingangs erwähnten pneumatischen Systeme sehen eine solche Messung der Mengenströme nicht vor, sondern nur eine Anpassung der jeweiligen Position

40 der Stellglieder. Darüber hinaus soll mit der Erfindung eine Regeleinrichtung geschaffen werden, die leicht an unterschiedliche Betriebsbedingungen anpaßbar ist. Zur Messung der Mengenströme sollen herkömmliche Fühler verwendbar sein, welche leicht in den entsprechenden Luft- und Gasleitungen anbringbar und zuverlässig sind und die Strömung in den Leitungen möglichst wenig beeinträchtigen. Solche Fühler stehen in der Form von beheizten Widerständen zur Verfügung, die durch den Mengenstrom in Abhängigkeit von dessen

45 Stromstärke gekühlt werden.

So zeigt beispielsweise die EP-A 00 21 291 einen Mengendurchflußmesser, bei dem das strömende Medium an zwei stromdurchflossenen elektrischen Leitern vorbeigeführt wird. Die Stromerhöhung, die zum Aufrechterhalten des Temperaturunterschieds zwischen den beiden Leitern erforderlich ist, wird als Maß für die Durchflußmenge ausgewertet. Weiterhin zeigt die US-A 44 78 076 einen Strömungsmesser, bei dem in den Strömungskanal in Strömungsrichtung hintereinander ein erster temperaturabhängiger Widerstand, ein Heizwider-

50 stand und ein zweiter temperaturabhängiger Widerstand, alle in Dünnschichttechnik auf einem Halbleitersubstrat angebracht, angeordnet sind. Der stromaufwärts vom Heizer angebrachte Meßwiderstand wird durch den Mengenstrom gekühlt, und der stromabwärts vom Heizer angeordnete Meßwiderstand wird durch den mit Hilfe des Heizers aufgeheizten Teilmengenstrom erwärmt. Die Meßwiderstände sind, ebenso wie beim zuvor genannten Mengendurchflußmesser, in einer Brückenschaltung angeordnet, so daß die Spannung an der Brückendiagonale ein Maß für die durch den Mengenstrom hervorgerufene Temperaturdifferenz ist. Eine zur Einstellung der Temperatur des Heizers auf einen vorgegebenen Temperaturwert dienende Schaltung ist in Fig. 4 und eine die Differenzspannung der Brückenschaltung mit den Meßwiderständen auswertende Schal-

tungsanordnung ist in Fig. 5 der US-A 44 78 076 wiedergegeben. Kaskaden-Regeleinrichtungen bestehend aus einem Hauptregler und einem nachgeschalteten, auf das Stellglied einwirkenden Hilfsregler sind an sich bekannt. So zeigt das Buch "Regelungstechnik für Heizungs- und Lüftungsbauer" von H. Schrowang, Düsseldorf 1976, auf Seite 194 die Hintereinanderschaltung von zwei elektronischen Temperaturreglern mit schaltenden Ausgängen unter Zwischenschaltung eines motorischen Sollwertstellers. Sowohl der Hauptregler als auch der Hilfsregler besteht jeweils aus einer Meßbrücke, einem nachgeschalteten Verstärker, einer darauffolgenden Kippschaltung sowie einem durch diese gesteuerten Relais-Schaltglied. Dem Hauptregler werden als Eingangsgrößen ein Hauptsollwert und als Istwert das Ausgangssignal eines ersten Temperaturfühlers zugeleitet. Er steuert mit seinem Ausgangssignal über einen reversierbaren Kleinstmotor einerseits ein Rückführpotentiometer, dessen Ausgangssignal auf die Brückenschaltung des Hauptreglers zurückwirkt, und andererseits ein zweites Potentiometer, welches dem in der Kaskade nachgeschalteten Hilfsregler als dessen Führungsgröße einen Hilfssollwert vorgibt. Der Hilfsregler vergleicht diese Führungsgröße mit dem Ausgangssignal eines zweiten Temperaturfühlers und steuert mit dem Ausgangssignal seines Relais-Schaltglieds ein Motorventil mit Rückführungspotentiometer, wobei das von diesem Potentiometer erzeugte Rückführungssignal, wie beim Hauptregler, auf die Brückenschaltung des Hilfsreglers zurückgeführt ist. Das genannte Buch zeigt auf Seite 195 eine Kaskaden-Regeleinrichtung, bei der das elektrische Ausgangssignal des Hauptreglers ohne Zwischenschaltung eines motorbetriebenen Potentiometers unmittelbar einerseits in Form einer I-Rückführung auf den Eingang des Verstärkers im Hauptregler zurückgeführt ist und andererseits als Führungsgrößen-signal dem ebenfalls mit einer Rückführung versehenen Verstärker des Hilfsreglers zugeleitet wird.

Die gestellte Aufgabe wird gelöst durch die im Anspruch 1 gekennzeichnete Erfindung. Sie zeichnet sich durch hohe Zuverlässigkeit und Flexibilität hinsichtlich ihrer Anpassung an unterschiedliche Betriebsbedingungen aus und läßt sich platzsparend in hybrider oder integrierter Schaltungstechnik herstellen. Sie kann folglich als Modul in einem kompakten Gasregelgerät untergebracht werden. Vorteilhafte Ausgestaltungen ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Die Erfindung wird nachfolgenden anhand in den Zeichnungen wiedergegebener Ausführungsbeispiele erläutert. Dabei zeigt

Fig. 1 das Blockschaltbild einer Heizvorrichtung mit Brenner, Gebläse, Gasventil und Durchfluß-Regeleinrichtung gemäß der Erfindung;

Fig. 2 das Prinzipschaltbild einer Widerstandsmeßbrücke zur Strömungsmessung;

Fig. 3 eine Ausführungsform der Durchfluß-Regeleinrichtung; und

Fig. 4 den Verlauf der Speisespannung für die beiden Meßbrückenschaltungen der Regeleinrichtung.

Fig. 5 den Spannungsverlauf auf den Leitungen 31, 33, 34 in Fig. 3.

In Fig. 1 beheizt ein Brenner ein den Wärmeaustauscher 2 eines Wassererhitzers und wird über die Leitung 3 mit Gas sowie über die Leitung 4 mit der erforderlichen Verbrennungsluft versorgt. In die Gasleitung 3 sind zwischen dem Gasanschluß 5 und dem Brenner 1 ein Gassicherheitsventil 6 und ein Gasregelventil 7 eingeschaltet. Ein Thermoelement 8 überwacht das Vorhandensein der Flamme am Brenner 1 und hält das Sicherheitsventil 6 nur solange geöffnet, wie eine solche Flamme vorhanden ist. Mit dem Regelventil 7 wird die dem Brenner 1 zugeführte Gasmenge geregelt. Die erforderliche Verbrennungsluft stellt ein Gebläse 8 zur Verfügung, dessen Drehzahl mit Hilfe eines Drehzahlreglers 9 veränderbar ist. Ein Temperaturfühler 10 mißt die Temperatur in einem zu beheizenden Raum oder in einem Wasserkessel und leitet ein dieser Temperatur entsprechendes Signal dem Thermostaten 11 zu. Dieser vergleicht den gemessenen Temperaturwert mit einem am Einstellknopf 12 eingestellten Temperatursollwert und liefert in Abhängigkeit von der Regelabweichung ein Eingangssignal an den Drehzahlregler 9. Dieser erhöht die Drehzahl des Gebläses 8 und damit die geförderte Luftmenge sofern die gemessene Temperatur unter dem Sollwert liegt. Liegt die Meßtemperatur über dem Sollwert, so wird die vom Gebläse 8 geförderte Verbrennungsluftmenge verringert. Mit Hilfe des Strömungsfühlers 13 in der Gasleitung 3 wird der Gasstrom und damit bei bekanntem Leitungsquerschnitt die pro Zeiteinheit geförderte Gasmenge, d. h. der Gasdurchsatz gemessen, während ein entsprechender Strömungsfühler 14 in der Luftleitung 4 den Verbrennungsluftdurchsatz mißt. Die Regeleinrichtung 15 erhält vom Strömungsfühler 14 ein der geförderten Luftmenge entsprechendes Signal und verändert in Abhängigkeit hiervon die Ventilstellung des Regelventils solange, bis der Strömungsfühler 13 in der Gasleitung 3 anzeigt, daß die der geförderten Luftmenge zugeordnete Gasmenge dem Brenner 1 zugeführt wird. Die Gasmenge wird also der Luftmenge nachgeführt. Man könnte auch umgekehrt die Gasmenge in Abhängigkeit von der gemessenen Temperatur regeln und die Luftmenge der jeweils eingestellten Gasmenge nachführen. Die gezeigte Anordnung hat jedoch den Vorteil, daß das Gasventil 7 nur dann geöffnet wird, wenn ein Luftstrom in der Luftleitung 4 vorhanden ist, das Gebläse 8 also einwandfrei arbeitet. Damit wird vermieden, daß Gas ohne gleichzeitige Luftzufuhr zum Brenner 1 gelangt, und mangels eines entzündbaren Gemischs das Gas unverbrannt aus der Brennkammer 16 in den Schornstein gelangt oder sich in der Brennkammer ein explosives Gemisch bildet.

Die in Fig. 2 wiedergegebene unsymmetrische Brückenschaltung zur Messung eines Mengenstroms wird

aus einer Gleichspannungsquelle 20 gespeist und enthält zwei gleiche temperaturabhängige Widerstände W1 und W2 von beispielsweise jeweils 1kOhm. Beide temperaturabhängigen Widerstände sind an unterschiedlich hohe Versorgungsspannungen angeschlossen. Der rechte temperaturabhängige Widerstand W2 liegt in Reihe mit zwei Widerständen R1 und R2 an der vollen Versorgungsspannung U der Gleichspannungsquelle. Dabei hat der Widerstand R1 beispielsweise einen Wert von 1200 Ohm und der Widerstand R2 einen Wert von 133 Ohm. Der linke temperaturabhängige Widerstand liegt mit einem weiteren Festwiderstand R3 in Reihe, der beispielsweise 1kOhm beträgt. Dieser Teil der Brücke wird jedoch nicht mit der vollen Versorgungsspannung U, sondern mit der Spannung am Abgriff 21 des Spannungsteilers, bestehend aus den Widerständen R4 und R5 gespeist. Dabei hat der Widerstand R4 beispielsweise einen Wert von 90k Ohm und der Widerstand R5 einen Wert von 10 kOhm. Der linke Zweig der Brückenschaltung mit den Widerständen W1 und R3 ist über einen Trennverstärker V1 an den Abgriff 21 angeschlossen. Wegen der unterschiedlichen Anschlüsse an die Versorgungsspannung U durchfließt den temperaturabhängigen Widerstand W2 in diesem Beispiel ein 7,5mal höherer Strom als den mit nur einem Zehntel der Versorgungsspannung gespeisten temperaturabhängigen Widerstand W1. Folglich nimmt der Widerstand W2 die ungefähr 56fache Leistung auf, verglichen mit der Leistungsaufnahme des temperaturabhängigen Widerstands W1. Es ergibt sich also eine Temperaturdifferenz zwischen den beiden Widerständen. Die Versorgungsspannung U der Gleichspannungsquelle 20 ist so dimensioniert, daß der Widerstand des Widerstands W2 bis auf 1333 Ohm ansteigt, sofern die temperaturabhängigen Widerstände W1 und W2 nicht durch einen Mengenstrom gekühlt werden. Gleichwohl stehen an den beiden Eingängen (-) und (+) des Differenzverstärkers V2 solange die gleichen Potentiale, wie keiner der temperaturabhängigen Widerstände W1 und W2 durch einen Mengenstrom gekühlt wird. Der Eingang (-) ist nämlich an den Diagonalpunkt 22 unmittelbar angeschlossen, während der Eingang (+) an den Abgriff 23 des aus den Widerständen R1 und R2 bestehenden Spannungsteilers angeschlossen ist und folglich nur eine Spannung in Höhe von einem Zehntel der am anderen Diagonalpunkt 24 stehenden Spannung erhält. Solange kein Mengenstrom vorhanden ist, liefert folglich der Verstärker V2 kein Ausgangssignal.

Tritt hingegen ein Mengenstrom auf, der die temperaturabhängigen Widerstände W1 und W2 kühlt, so wird der von einem größeren Strom durchflossene und folglich auf eine höhere Temperatur aufgeheizte Widerstand W2 stärker gekühlt als der temperaturabhängige Widerstand W1. Der Widerstand W2 ändert also seinen Widerstandswert stärker als den Widerstand W1, und die Brücke ist nicht länger abgeglichen. An den Eingängen (-) und (+) des Verstärkers V2 stehen vielmehr unterschiedliche Potentiale und der Verstärker V2 liefert ein Ausgangssignal entsprechend dem Brückenungleichgewicht. Dieses Ausgangssignal ist bei entsprechender Dimensionierung der Brücke der Strömungsgeschwindigkeit und folglich bei vorgegebenem Querschnitt der Strömungsleitung dem Durchsatz, d. h. der Strömungsmenge pro Zeiteinheit proportional.

Die temperaturabhängigen Widerstände W1 und W2 der Brückenschaltung können einen positiven Temperaturkoeffizienten (PTC) oder einen negativen Koeffizienten (NTC) haben. Anstelle einer solchen Brückenschaltung kann auch ein Strömungsmesser in Brückenschaltung Verwendung finden, wie er in der eingangs genannten US-A 44 78 076 beschrieben ist. Auch er liefert ein der Strömungsgeschwindigkeit proportionales Ausgangssignal. Führt man dieses Ausgangssignal derart auf die Brücke zurück, daß hiermit die Brückenspeisespannung solange verändert wird, bis sich wieder Brückengleichgewicht einstellt, so ist der zur Erzeugung des Brückengleichgewichts erforderliche Strom ein Maß für das vorherige Brückenungleichgewicht, d. h. für die Strömungsgeschwindigkeit. Insoweit liefert die Brückenschaltung, unabhängig von der Art der temperaturabhängigen Widerstände und vom Aufbau der Brückenschaltung selbst ein der Strömungsgeschwindigkeit entsprechendes Ausgangssignal.

Unter Verwendung einer solchen, beispielsweise in Fig. 2 beschriebenen oder aus der eingangs erwähnten EP-A 00 21 291 bzw. der US-A 44 78 076 bekannten Brückenschaltung zur Strömungsmessung schafft die vorliegende Erfindung eine Regeleinrichtung zum Aufrechterhalten eines vorgegebenen Gas/Luft-Mengenverhältnisses, indem die Meßwiderstände je einer solchen Brückenschaltung einmal dem Luftstrom und einmal dem Gasstrom ausgesetzt sind. Ein Ausführungsbeispiel einer solchen Schaltungsanordnung zeigt Fig. 3.

Die in Fig. 3 wiedergegebene Regeleinrichtung 15 umfaßt zwei Brückenschaltungen BR1 und BR2, von denen die Brückenschaltung BR1, wie zuvor anhand von Fig. 2 erläutert, zwei temperaturabhängige Widerstände W1 und W2 enthält, welche der Luftströmung in der Luftzuleitung 4 zur Brennkammer 16 ausgesetzt sind, um den Verbrennungsluftdurchsatz zu messen. Die andere Brückenschaltung BR2 hat praktisch den gleichen Aufbau und enthält ebenfalls zwei temperaturabhängige Widerstände W3 und W4, welche der Gasströmung in der Gasleitung 3 ausgesetzt sind und den Gasdurchsatz zum Brenner 1 messen. Der Querschnitt der Luft- und Gaszuführleitungen 4 und 3 wird als bekannt vorausgesetzt, so daß die Strömungsgeschwindigkeit ein Maß für den Durchsatz ist.

Beide Brückenschaltungen BR1 und BR2 sind im wesentlichen gleich aufgebaut und werden mit der gleichen Spannung U25 auf der Leitung 25 gespeist. Soweit die Bauelemente der Brückenschaltung BR1 mit der

Schaltung nach Fig. 2 übereinstimmen, sind die gleichen Bezugszeichen verwendet. Als Versorgungsspannung wird der Regeleinrichtung 15 an den Klemmen 26 und 27 eine Wechselspannung von beispielsweise 24V zugeleitet. Mit Hilfe einer aus den Dioden D1 bis D4 bestehenden Gleichrichter-Brückenschaltung und eines Siebkondensators C1 wird auf Leitung 28 eine Gleichspannung U28 gewonnen. Ein Spannungsteiler, bestehend aus einem Widerstand R7 von beispielsweise 3,3kOhm und einer Zenerdiode Z1 mit einer Durchbruchspannung von beispielsweise 24V liefert zusammen mit einem Transistor T1 und einer Diode D5 über den Widerstand R6 eine stabilisierte Gleichspannung U von beispielsweise 22V zur Speisung der beiden Brückenschaltungen BR1 und BR2.

Die Brückenschaltung BR1 liefert wie zuvor erläutert an ihren Diagonalpunkten 22 und 23 eine Differenzspannung, die nach Teilung über den Spannungsteiler R1, R2 an dessen Abgriff 23 den beiden Eingängen des Verstärkers V2 zugeführt wird. Dieser ist mit Hilfe eines Kondensators C2 von beispielsweise 4,7nF und eines Widerstandes R8 von beispielsweise 10kOhm zu einem Relaxationsoszillator ergänzt. Seine impulsförmige Ausgangsspannung wird mittels des Transistorpaars T2, T3 verstärkt und über einen Kondensator C3 von beispielsweise 10 µF und einen Widerstand R10 von beispielsweise 47 Ohm der Gleichspannung U auf der Leitung 25 überlagert. Der Spannungsverlauf auf der Leitung 25 ist in Fig. 4 dargestellt. Diese Spannung setzt sich aus einer Gleichspannung U von beispielsweise 22V und einer überlagerten Impulsspannung von ebenfalls 22V zusammen. Die Impulsspannung entsteht jedoch, wie zuvor anhand von Fig. 2 erläutert, nur dann, wenn die temperaturabhängigen Widerstände durch einen Mengenstrom abgekühlt werden. Bei fehlendem Mengenstrom führt die Leitung 25 nur den Gleichspannungsanteil U, wie er von der Gleichstromversorgungsschaltung D1 bis D4, C1 über den Spannungsregler R7, Z1, T1, D5 geliefert wird. Die durch den Relaxationsoszillator automatisch impulsbreitenmodulierte Impulsspannung sorgt dafür, daß die Brückenspeisepannung solange verändert wird, bis sich wieder Brückengleichgewicht einstellt.

Die der Messung des Gasdurchsatzes dienende Brückenschaltung BR2 enthält außer den beiden erwähnten temperaturabhängigen Widerständen W3 und W4 noch im linken Zweig einen Kondensator C6 von beispielsweise 1 nF, einen Widerstand R11 von beispielsweise 953 Ohm sowie einen Abgleichwiderstand R12 und im rechten Zweig die Reihenschaltung von drei Widerständen R13 von beispielsweise 1200 Ohm, R14 von beispielsweise 10 Ohm und R15 von beispielsweise 120 Ohm. Ein mit Hilfe eines Rückführkondensators C4 von beispielsweise 22 µF als integrierender Verstärker geschalteter dritter Verstärker V3 ist mit seinem nicht invertierenden Eingang (+) an den einen Diagonalpunkt 29 und mit seinem invertierenden Eingang (-) über einen Widerstand R16 von beispielsweise 47kOhm an den anderen Diagonalpunkt 30 der zweiten Brückenschaltung BR2 angeschlossen. Sein auf Grund der Filterwirkung des linken Zweigs dreieckförmiges Ausgangssignal U31 auf der Leitung 31 wird dem nicht invertierenden Eingang (+) des als Vergleicherdienenden vierten Operationsverstärkers V4 zugeleitet, während dessen invertierender Eingang (-) an den Abgriff 32 zwischen den Widerständen R14 und R15 im rechten Brückenzweig der Brücke BR2 angeschlossen ist. Von dort erhält der invertierende Eingang ein impulsförmiges Signal U33. Durch Vergleich dieses impulsförmigen Signals U33 auf der Leitung 33 mit dem dreieckförmigen Signal U31 auf der Leitung 31 entsteht am Ausgang 34 des Vergleichers V4 ein in seiner Impulslänge moduliertes Rechtecksignal U34, dessen Frequenz mit derjenigen der Impulsspannung auf der Leitung 25 übereinstimmt. Dieses impulsweitenmodulierte Signal U34 gelangt über einen Widerstand R17 von beispielsweise 1kOhm an die Basis eines Transistors T4, dessen Kollektor mit der Basis eines weiteren Transistors T5 verbunden ist. Der Transistor T4 ist in Reihe mit einem Widerstand R18 von beispielsweise 3,3kOhm zwischen die Gleichspannungsversorgungsleitung 28 und Bezugspotential 35 eingeschaltet. An die Leitung 36 zwischen Widerstand R18 und Kollektor des Transistors T4 ist ferner die Basis eines Transistors T6 angeschlossen, der zusammen mit zwei weiteren Transistoren T7 und T8 im Ladestromkreis für den Kondensator C5 von beispielsweise 22 µF liegt. Dieser Ladestromkreis führt von der Leitung 28 über die Leistungsstufe T7 bis T8 und die Diode D6 zum Kondensator C5, während in dessen Entladestromkreis bei gesperrter Diode D6 die Erregerwicklung 37 des Gasventils 7 und der Transistor T5 eingeschaltet sind. Zur Erzeugung des dreieckförmigen Signals U31 kann anstelle des Kondensators C6 ein trägheitsbehafteter Verstärker V3 Verwendung finden.

Aufgabe der Regeleinrichtung 15 ist es, das Gasventil 7 jeweils soweit zu öffnen, daß der Gasdurchsatz dem mit der Brücke BR1 gemessenen Luftdurchsatz proportional ist, beispielsweise Gas- und Luftdurchsatz im Verhältnis 1:10 stehen, wie dies bei Erdgas für eine optimale Verbrennung angestrebt wird. Durch Stromfluß in einer Erregerspule 37 steuerbare Gasmagnetventile sind an sich bekannt, beispielsweise aus EP-B 00 39 000. Die Regeleinrichtung arbeitet folgendermaßen:

Jede der beiden Brücken BR1 und BR2 ist im Ruhezustand jeweils dann abgeglichen, wenn

- a) der Brücke eine Versorgungsgleichspannung U von beispielsweise 22V zugeführt wird und
- b) die temperaturempfindlichen Widerstände W1 und W2 bzw. W3 und W4 nicht durch eine Luft- oder Gasströmung gekühlt werden.

Sind beide Bedingungen erfüllt, so erzeugt die Brücke BR1 am Ausgang des Verstärkers V2 kein impuls-

förmiges Signal und die Brücke BR2 am Ausgang des Verstärkers V3 kein dreieckförmiges Signal. Damit fehlt auch eine impulsweitenmodulierte Impulsfolge auf der Leitung 34, so daß der Transistor T4 gesperrt bleibt und der Kondensator C5 zwar über die Leistungsstufe T6 bis T8 und die Diode D6 aufgeladen, nicht aber über den Transistor T5 entladen wird und folglich auch keinen Strom zum Öffnen des Gasventils 7 liefern kann.

Wird, beispielsweise weil der Thermostat 11 die Zufuhr von Wärme zum beheizten Raum anfordert, über den Drehzahlregler 9 das Gebläse 8 in Gang gesetzt und somit eine Luftströmung in der Luftzufuhrleitung 4 erzeugt, so werden die Widerstände W1 und W2 des Luftströmungsfühlers 14 durch diese Luftströmung gekühlt und zwar in einem von der Stärke des Luftstroms abhängigen Maße. Infolge des unsymmetrischen Aufbaus der Brücke BR1 entsteht, wie anhand von Fig. 2 erläutert, eine Differenzspannung zwischen den Brückenpunkten 22 und 23, so daß der hieran angeschlossene Verstärker V2 zu schwingen anfängt und zwar mit einer Frequenz die von der Höhe der Brückendifferenzspannung und damit von der Stärke des Luftstroms abhängt. Diese impulsförmige Spannung (vergl. oberen Kurvenzug in Fig. 4) wird vom Ausgang der beiden Transistoren T2 und T3 über den Kondensator C3 sowie den Widerstand R10 auf die Brückenspeiseleitung 25 gegeben und überlagert sich dort der Gleichspannung U. Die Diode D5 verhindert eine Weitergabe der impulsförmigen Spannung in die Stromversorgungsschaltung am Eingang der Regeleinrichtung 15.

Da die beiden temperaturabhängigen Widerstände W1 und W2, wie zuvor erwähnt, unterschiedlich stark aufgeheizt sind und folglich durch den Luftstrom unterschiedlich stark gekühlt werden - die Wärmeabgabe des rechten Widerstands W2 ist beispielsweise 56mal so groß wie die des linken Widerstands W1 - kommt der durch die Brückenschaltung, den nachgeschalteten Oszillator und die von ihm erzeugte impulsförmige Speisespannung für die Brücke gebildete Regelkreis dann zu einem Gleichgewichtszustand, wenn sich zwischen den beiden Widerständen W1 und W2 eine vorgegebene Temperaturdifferenz einstellt, nämlich die gleiche, wie bei fehlendem Luftstrom. Die Frequenz der Impulsfolge ändert sich hierzu, beispielsweise in einem Bereich von 500 Hz bis 3 kHz, während die Impulsbreite konstant bleibt und beispielsweise zwischen 100 und 200 µs beträgt.

Da die Impulsfolge nicht nur der Brücke BR1, sondern auch der den Gasstrom messenden Brücke BR2 als Speisespannung zugeführt wird, verschiebt sich auch dort das Brückengleichgewicht in Abhängigkeit von der Frequenz dieser Impulsfolge und damit von der gemessenen Luftströmung. Wie erwähnt, kann das Brückengleichgewicht einerseits durch Änderung der Widerstandswerte der temperaturabhängigen Widerstände W3 und W4 und andererseits durch Ändern der der Brücke zugeführten Betriebsspannung wiederhergestellt werden. Da die zugeführte Betriebsspannung durch diejenige der Brücke BR1 vorgegeben ist, bleibt somit nur eine Änderung der Widerstandswerte der im Gasstrom angeordneten Widerstände W3 und W4, wozu das Gasventil 7 entsprechend weit geöffnet werden muß. Zu diesem Zweck wird die Spannung an den Brückendiagonalpunkten 29 und 30 der den Gasstrom messenden Brücke BR2 den beiden Eingängen des integrierenden Verstärkers V3 zugeführt, der hieraus eine sich im Rhythmus der Impulsfolge U25 ändernde Dreiecksspannung erzeugt. Der Gleichspannungspegel der Dreiecksspannung V31 ist das Zeitintegral der Spannungsdifferenz an den Diagonalpunkten 29 und 30. Die Dreiecksspannung U31 gelangt an den nicht invertierenden Eingang (+) des Vergleichers V4. Dessen invertierender Eingang (-) ist über die Leitung 33 an den Abgriff 32 im rechten Brückenarm W4, R13, R14, R15 angeschlossen. Die Dreiecksspannung wird also mit der dort anstehenden, durch den Spannungsteiler entsprechend herabgeteilten Impulsspannung verglichen. Sobald die Dreiecksspannung U31 die Impulsspannung U33 erreicht, beginnt am Ausgang 34 des Vergleichers V4 ein Impuls, der dann aufhört, wenn die Dreiecksspannung unter die Impulsspannung absinkt. Damit erhält man eine in Abhängigkeit von dem Gleichspannungspegel der Dreiecksspannung längenmodulierte Impulsfolge V34 am Eingang des Transistors T4 (vgl. Fig 5). Während der Dauer des Impulses wird der Transistor T4 durchgeschaltet und während der Impulspause ist er gesperrt. Bei gesperrtem Transistor T4 entsteht kein Spannungsabfall am Widerstand R18, wodurch über den Widerstand R18 die Leistungsstufe T6 bis T8 durchgeschaltet und der Kondensator C5 über die Diode D6 aus der Gleichspannung auf der Leitung 28 aufgeladen wird. Die Leistungsstufe T6 bis T8 ist derart bemessen, daß der Kondensator auch der kürzestmöglichen Impulsdauer aufgeladen wird. Solange der Transistor T4 gesperrt ist, ist der Transistor T5 gesperrt. Schaltet hingegen der Transistor T4 durch, so sperrt die Leistungsstufe T6 bis T8 und der Transistor T5 schaltet durch. Dann kann sich der Kondensator C5 über die Erregerwicklung 37 des Gasventils und den Transistor T5 entladen. Der durch die Erregerwicklung fließende Strom öffnet das Ventil 7, wodurch Gas über die Leitung 3 zum Brenner 1 fließt und dabei die temperaturabhängigen Widerstände W3 und W4 des Gasstromsensors 13 kühlt. Damit wird das gewünschte Brückengleichgewicht der Brücke BR2 wieder hergestellt. Je länger die Impulse an der Basis des Transistors T4 sind, umso länger ist die Entladezeit für den Kondensator C5, d. h. umso länger sind die Stromimpulse durch die Erregerwicklung 37 des Gasventils. Dies bedeutet zugleich, daß der Erregerwicklung mehr Energie zugeführt wird als bei kurzen Impulsen und das Ventil folglich weiter öffnet als bei kurzen Impulsen. Die Brücke BR2 mit dem nachgeschalteten Integrator V3, dem Vergleichsverstärker V4 und der impulsweitenabhängigen Energiezufuhr zum Gasventil 7 bildet somit einen zweiten sich selbst abgleichenden

Regelkreis. Diesem wird als Führungsgröße das Ausgangssignal des ersten Regelkreises, bestehend aus der Brücke BR1, dem Oszillator V2 und der durch diesen erzeugten Brückenspeisespannung U25 in Form einer vom Luftstrom abhängigen impulsförmigen Versorgungsspannung zugeführt.

Die Verwendung der den Luftstrom messenden Brücke als Führungsgröße hat den Vorteil, daß nur bei Vorhandensein eines Luftstroms das Gasventil geöffnet werden kann. Dies erhöht die Eigensicherheit der Regeleinrichtung. Im Prinzip könnten auch die Widerstände W1 und W2 im Gasstrom und die Widerstände W3 und W4 im Luftstrom angeordnet und statt eines Gasventils 7 eine Luftklappe vorgesehen sein.

Anstelle der hier im Ausführungsbeispiel dargestellten unsymmetrischen Brückenschaltungen mit PTC- oder NTC-Widerständen können auch symmetrische Brückenschaltungen, Teilbrückenschaltungen oder mit getrennten Heiz- und Fühlerwiderständen ausgestattete Brückenschaltungen Anwendung finden, wie dies beispielsweise aus US-A 44 78 076 bekannt ist. Die Änderung der Brückenspeisespannung in Abhängigkeit von dem primär zu messenden Mengenstrom kann durch Impulsamplitudenmodulation, reine Amplitudenmodulation oder Pulsbreitenmodulation erfolgen. Dementsprechend kann auch die Steuerung des Stellgliedes im sekundären Mengenstrom, also beispielsweise des Gasventils, durch Verändern der Amplitude, der Frequenz oder des Impulsverhältnisses eines impulsförmigen Erregerstroms oder durch Ändern der Stromstärke eines Gleichstroms erfolgen. Das Zusammenwirken der beiden durch die beiden Mengenströme beeinflussten Brückenschaltungen mit dem Stellglied im sekundären Mengenstrom kann auch auf andere Weise mit herkömmlichen Schaltungskreisen realisiert werden. Wichtig ist, daß ein erster Strömungsmeßfühler im primären Mengenstrom eine Führungsgröße für einen Regler erzeugt, der auf ein Stellglied für den sekundären Mengenstrom einwirkt und als weitere Eingangsgröße ein der Strömung im sekundären Mengenstrom abhängiges Signal erhält. Im vorliegenden Fall sind beide Brücken Teile sich selbst abgleichender Regelkreise. Dies erhöht die Zuverlässigkeit und Stabilität der Regeleinrichtung. Von Vorteil ist ferner, daß die beschriebene Schaltung eigensicher ist, d.h. bei Ausfall einzelner Bauteile eine sichere Abschaltung der Erregerwicklung 37 bewirkt wird.

Patentansprüche

1. Durchfluß-Regeleinrichtung zum Aufrechterhalten eines vorgegebenen Gas/Luft-Mengenverhältnisses der dem Gasbrenner einer Heizvorrichtung über Leitungen vorgegebenen Querschnitts zugeführten Gas- und Luftmengen, **gekennzeichnet durch**
 - a) einen ersten selbstabgleichenden elektrischen Regelkreis (BR1, T2, T3, C3, 25), dem als Istwertsignal ein von einem ersten Mengenstrom (z.B. vom Luftstrom) abhängiges Signal (an W1, W2) zugeführt ist und dessen Ausgangssignal (U₂₅) einerseits zum Abgleich des ersten Regelkreises und andererseits als Führungsgröße für einen zweiten Regelkreis (BR2, V3, V4, 7) dient;
 - b) einen, im ersten Regelkreis enthaltenen, als erste Brückenschaltung (BR1) mit temperaturabhängigen Widerständen (W1, W2) ausgebildeten Strömungsmesser für den ersten Mengenstrom;
 - c) einen zweiten selbstabgleichenden Regelkreis, dem als Istwertsignal ein vom zweiten Mengenstrom (z.B. vom Gasstrom) abhängiges Signal (an W3, W4) und als Sollwert die Führungsgröße zugeführt werden und dessen Ausgangssignal über ein Ventil (7) auf den zweiten Mengenstrom einwirkt;
 - d) einen, im zweiten Regelkreis enthaltenen, als zweite Brückenschaltung (BR2) mit temperaturabhängigen Widerständen (W3, W4) ausgebildeten Strömungsmesser für den zweiten Mengenstrom;
 - e) eine Gleichstromversorgungsschaltung (D1-D4, C1, Z1, T1) für beide Brückenschaltungen (BR1, BR2);
 - f) einen durch das Ausgangssignal der ersten Brückenschaltung (BR1) gesteuerten Stromgenerator (V2, C2) zur Erzeugung eines in seiner Stärke vom gemessenen ersten Mengenstrom abhängigen zusätzlichen Speisestroms für beide Brückenschaltungen (BR1, BR2);
 - g) einen im Stromgenerator enthaltenen Operationsverstärker (V2), dessen beiden Eingängen eine der Spannungsdifferenz an den Diagonalpunkten (22, 23) der ersten Brückenschaltung (BR1) entsprechende Spannung derart zugeführt wird, daß der vom Stromgenerator erzeugte zusätzliche Speisestrom diese Spannungsdifferenz auch bei sich änderndem ersten Mengenstrom konstant hält;
 - h) eine an die Diagonalpunkte (29, 30) der zweiten Brückenschaltung (BR2) angeschlossene Steuerungschaltung (V3, V4, T4) für das den zweiten Mengenstrom steuernde Ventil (7).
2. Regeleinrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Stromgenerator (V2, C3, T2, T3) ein Impulsgenerator ist, dessen Impulsfolgefrequenz vom ersten Mengenstrom abhängt.
3. Regeleinrichtung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß beide Brückenschaltungen

(BR1, BR2) einerseits über einen gemeinsamen Spannungsregler (T1) und eine Rückstromsperrdiode (D5) an die Gleichstromversorgungsschaltung (D1-D4, C1) und andererseits an den Ausgang (R10) des Stromgenerators (V2, C3, T3, T2) angeschlossen sind.

- 5 **4.** Regeleinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerschaltung (V3, V4, T4) für das Ventil (7) als Impulsbreitenmodulator und das Ventil als Magnetventil ausgebildet ist.
- 5.** Regeleinrichtung nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerschaltung einen Steuertransistor (T4) und wenigstens zwei wechselseitig durchschaltende Leistungstransistoren (T5; T6-T8)
- 10 enthält, von denen der eine (T6-T8) im Ladestromkreis und der andere (T5) im Entladestromkreis eines die Erregerwicklung (37) des Magnetventils (7) speisenden Kondensators (C5) liegt.
- 6.** Regeleinrichtung nach Anspruch 4 oder 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Steuerschaltung umfaßt:
- 15 a) einen mit seinen beiden Eingängen an die Diagonalpunkte (29, 30) der zweiten Brückenschaltung (BR2) angeschlossenen integrierenden Verstärker (V3);
- b) einen Vergleichler (V4), der mit seinem einen Eingang (+) an den Ausgang des integrierenden Verstärkers (V3) und mit seinem anderen Eingang (-) an den Abgriff (32) eines zwischen den einen Eingang (-) des integrierenden Verstärkers (V3) und Bezugspotential (35) eingeschalteten Spannungsteilers (R14, R15) angeschlossen ist;
- 20 c) eine an den Ausgang (34) des Vergleichlers (V4) angeschlossene Treiberschaltung (T4-T8) zur Erregerstromerzeugung für das Magnetventil (7).

Claims

- 25 **1.** Flow control apparatus for maintaining a predetermined gas/air volume relation of the gas and air volumes fed to the gas burner of a heating installation via pipes of predetermined cross-section, **characterized by** :
 - 30 a) a first self-balancing electrical control loop (BR1, T2, T3, C3, 25) which as a setpoint signal receives (at W1, W2) a signal dependent on a first volume flow (e.g. the airflow) and whose output signal (U₂₅) is used on one hand for balancing said first control loop and is used on the other hand as a command variable signal for a second control loop (BR2, V3, V4, 7);
 - b) a first flow meter for said first volume flow provided in the first control loop, said first flow meter being a first bridge circuit (BR1) comprising temperature-responsive resistors (W1, W2);
 - 35 c) a second self-balancing control loop, which as a process variable signal receives (at W3, W4) a signal dependent on the second volume flow (e.g. the gas flow) and as a setpoint signal receives said command variable signal and whose output signal by means of a valve (7) controls the second volume flow;
 - d) a second flow meter for the second volume flow provided in the second control loop, said second flow meter being a bridge circuit (BR2) comprising temperature-responsive resistors (W3, W4);
 - 40 e) a direct current supply circuit (D1 - D4, C1, Z1, T1) for both bridge circuits (BR1, BR2);
 - f) a current generator circuit (V2, C2) controlled by the output signal of the first bridge circuit (BR1) for generating an additional supply current for both bridge circuits (BR1, BR2), the value of said additional supply current depending on the measured first volume flow;
 - g) an operational amplifier (V2) within said current generator circuit, whereat a voltage corresponding to the voltage difference across the diagonal nodes (22, 23) of the first bridge circuit (BR1) is fed to the two inputs of said differential amplifier in such a way that said additional supply current generated by said current generator circuit maintains said voltage difference constant even when the first volume flow changes;
 - 45 h) a control circuit (V3, V4, T4) connected to the diagonal nodes (29, 30) of the second bridge circuit (BR2) and controlling the valve (7) for the second volume flow.
 - 50 **2.** The control apparatus of claim 1, **characterized in that** the current generator circuit (V2, C2, T2, T3) is a pulse generator whose pulse repetition frequency depends on the first volume flow.
 - 55 **3.** The control apparatus of claim 1 or 2, **characterized in that** both bridge circuits (BR1, BR2) on the one hand are connected to the DC supply circuit (D1 to D4, C1) via a common voltage controller (T1) and a return current blocking diode (D5), and on the other hand are connected to the output (R10) of the current generator circuit (V2, C2, T3, T2).

4. The control apparatus according to one of the claims 1 to 3, **characterized in that** the control circuit (V3, V4, T4) for said valve (7) is a pulse width modulator, and the valve is a solenoid valve.
5. The control apparatus of claim 4, **characterized in that** the control circuit comprises a control transistor (T4) and at least two mutually rendered conducting power transistors (T5; T6 to T8) with one of them being provided in the charging circuit of a capacitor (C5) feeding the energizing coil (37) of the solenoid valve (7), and with the other power transistor (T5) being provided in the discharge circuit of said capacitor (C5).
6. The control apparatus of claim 4 or 5, **characterized by** said control circuit comprising:
- a) an integrating amplifier (V3) connected with its two inputs to the diagonal nodes (29, 30) of the second bridge circuit (BR2);
 - b) a comparator (V4) connected with one of its inputs (+) to the output of said integrating amplifier (V3) and connected with its other input (-) to the tap (32) of a voltage divider (R14, R15) which is connected between the one input (-) of the integrating amplifier (V3) and a reference potential (35);
 - c) a drive circuit (T4 - T8) connected to the output (34) of the comparator (V4) for generating an energizing current for said solenoid valve (7).

Revendications

1. Dispositif de régulation de débit pour le maintien d'un rapport quantitatif gaz/air prédéterminé des quantités de gaz et d'air amenées au brûleur à gaz d'un dispositif de chauffage par l'intermédiaire de canalisations possédant une section transversale prédéterminée, caractérisé par
- a) un premier circuit électrique de régulation à auto-équilibrage (BR1, T2, T3, C3, 25), auquel est amené (en W1, W2), en tant que signal de valeur réelle, un signal qui dépend d'un premier écoulement quantitatif (par exemple du courant d'air) et dont le signal de sortie (U₂₅) est utilisé d'une part pour l'équilibrage du premier circuit de régulation et d'autre part comme grandeur pilote pour un second circuit de régulation (BR2, V3, V4, 7) ;
 - b) un dispositif de mesure d'écoulement contenu dans le premier circuit de régulation et constitué en tant que premier circuit en pont (BR1) comportant des résistances (W1, W2), qui dépendent de la température, pour le premier écoulement quantitatif ;
 - c) un second circuit de régulation à auto-équilibrage, auquel sont amenés (en W3, W4), en tant que signal de valeur réelle, un signal qui dépend du second écoulement quantitatif (par exemple du courant de gaz) et, en tant que valeur de consigne, la grandeur pilote et dont le signal de sortie agit, par l'intermédiaire d'une vanne (7), sur le second écoulement quantitatif ;
 - d) un dispositif de mesure d'écoulement contenu dans le second circuit de régulation et constitué en tant que second circuit en pont (BR2) comportant des résistances (W3, W4), qui dépendent de la température, pour le second écoulement quantitatif ;
 - e) un circuit d'alimentation en courant continu (D1-D4, C1, Z1, T1) pour les deux circuits en pont (BR1, BR2) ;
 - f) un générateur de courant (V2, C2) commandé par le signal de sortie du premier circuit en pont (BR1) et servant à produire un courant supplémentaire d'alimentation, dont l'intensité dépend du premier écoulement quantitatif mesuré, pour les deux circuits en pont (BR1, BR2) ;
 - g) un amplificateur opérationnel (V2), contenu dans le générateur de courant et aux deux entrées duquel une tension, qui correspond à la différence de tension aux points diagonaux (22, 23) du premier circuit en pont (BR1), est amenée de telle sorte que le courant supplémentaire d'alimentation produit par le générateur de courant, maintient constante cette différence de tension même dans le cas du premier écoulement quantitatif variant ;
 - h) un circuit de commande (V3, V4, T4), qui est raccordé aux points diagonaux (29, 30) du second circuit en pont (BR2), pour la vanne (7) commandant le second écoulement quantitatif.
2. Dispositif de régulation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le générateur de courant (V2, C3, C2, C3) est un générateur d'impulsions, dont la fréquence de récurrence des impulsions dépend du premier écoulement quantitatif.
3. Dispositif de régulation selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que les deux circuits en pont (BR1, BR2) sont raccordés d'une part par l'intermédiaire d'un régulateur de tension commun (T1) et d'une diode de blocage du courant de retour (D5), au circuit d'alimentation en courant continu (D1-D4, C1) et d'autre

part à la sortie (R10) du générateur de courant (V2, C3, T3, T2).

4. Dispositif de régulation selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le circuit de commande (V3, T3, T4) prévu pour la vanne (7) est constitué en tant que modulateur de largeurs d'impulsion et que la vanne est constituée sous la forme d'une vanne magnétique.
5. Dispositif de régulation selon la revendication 4, caractérisé en ce que le circuit de commande contient un transistor de commande (T4) et au moins deux transistors de puissance (T5;T6,T8) passant alternativement à l'état conducteur, dont l'un (T6-T8) est situé dans le circuit de charge et dont l'autre (T5) est situé dans le circuit de décharge d'un condensateur (C5), qui alimente l'enroulement d'excitation (37) de la vanne magnétique (7).
6. Dispositif de régulation selon la revendication 4 ou 5, caractérisé en ce que le circuit de commande comprend :
 - a) un amplificateur intégrateur (V3) raccordé, par ses deux entrées, aux points diagonaux (29,30) du second circuit en pont (BR2);
 - b) un comparateur (V4) qui est raccordé, par l'une (+) de ses entrées à la sortie de l'amplificateur intégrateur (V3) et par son autre entrée (-) à la prise (32) d'un diviseur de tension (R14,R15) branché entre l'entrée (-) de l'amplificateur intégrateur (V3) et le potentiel de référence (35);
 - c) un circuit d'attaque (T4-T8) raccordé à la sortie (34) du comparateur (V4) et servant pour la production de courant d'excitation pour la vanne magnétique (7).

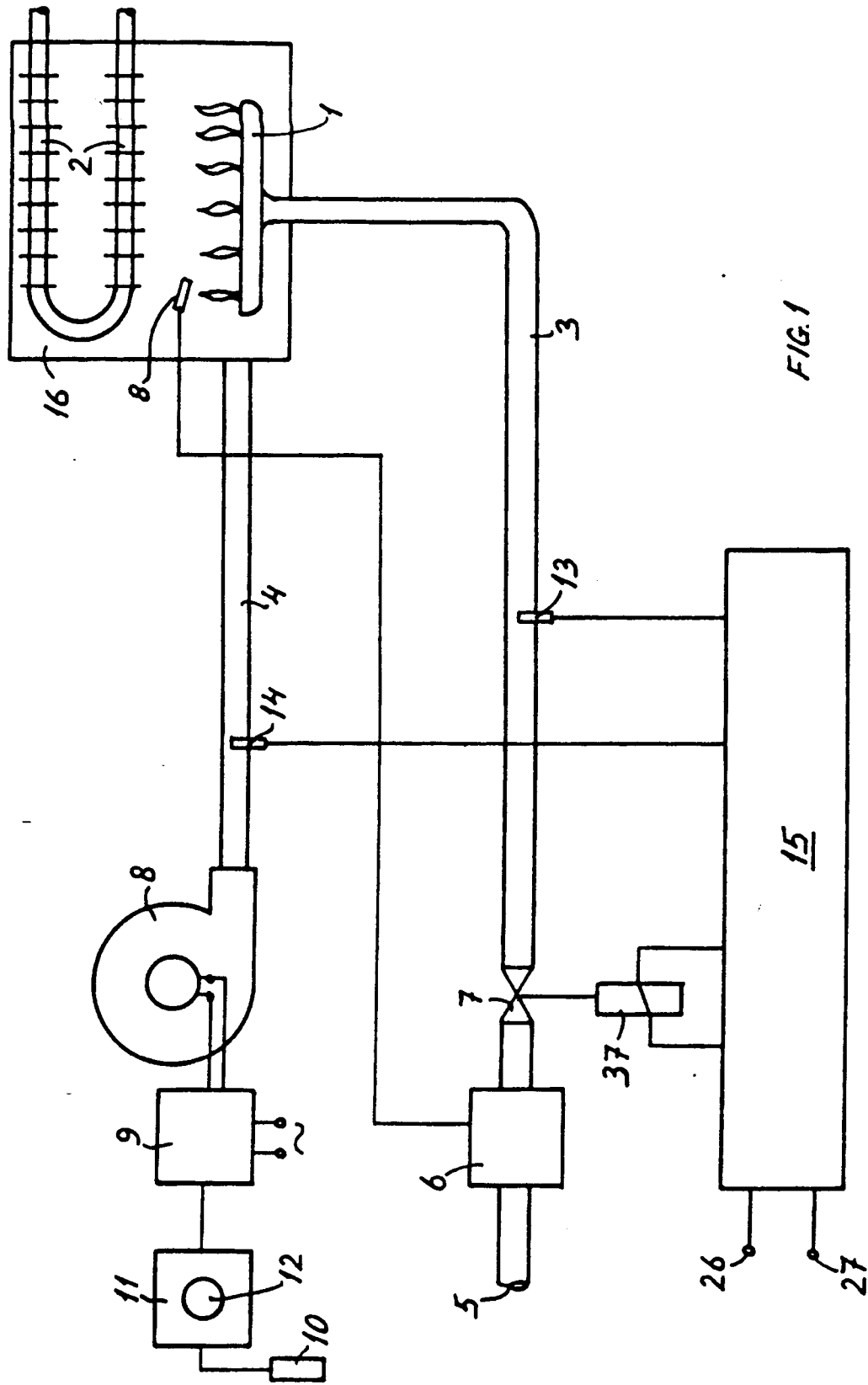


FIG. 1

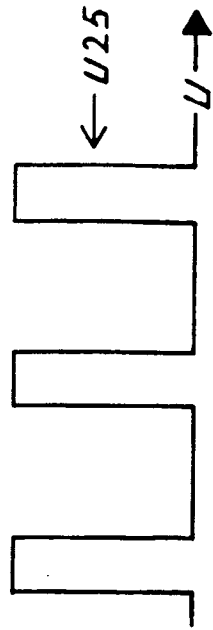


FIG. 4

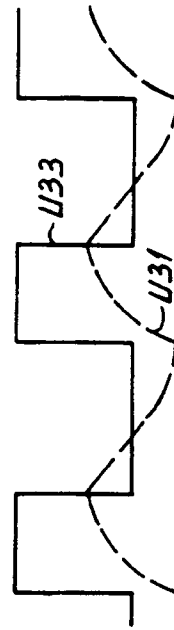


FIG. 5

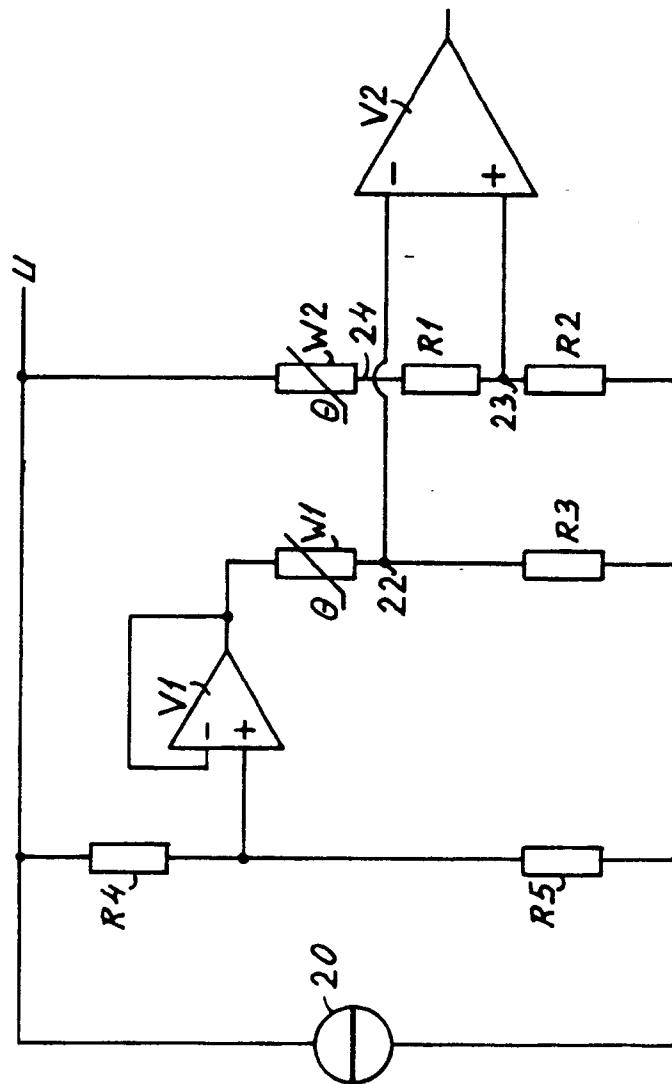


FIG. 2

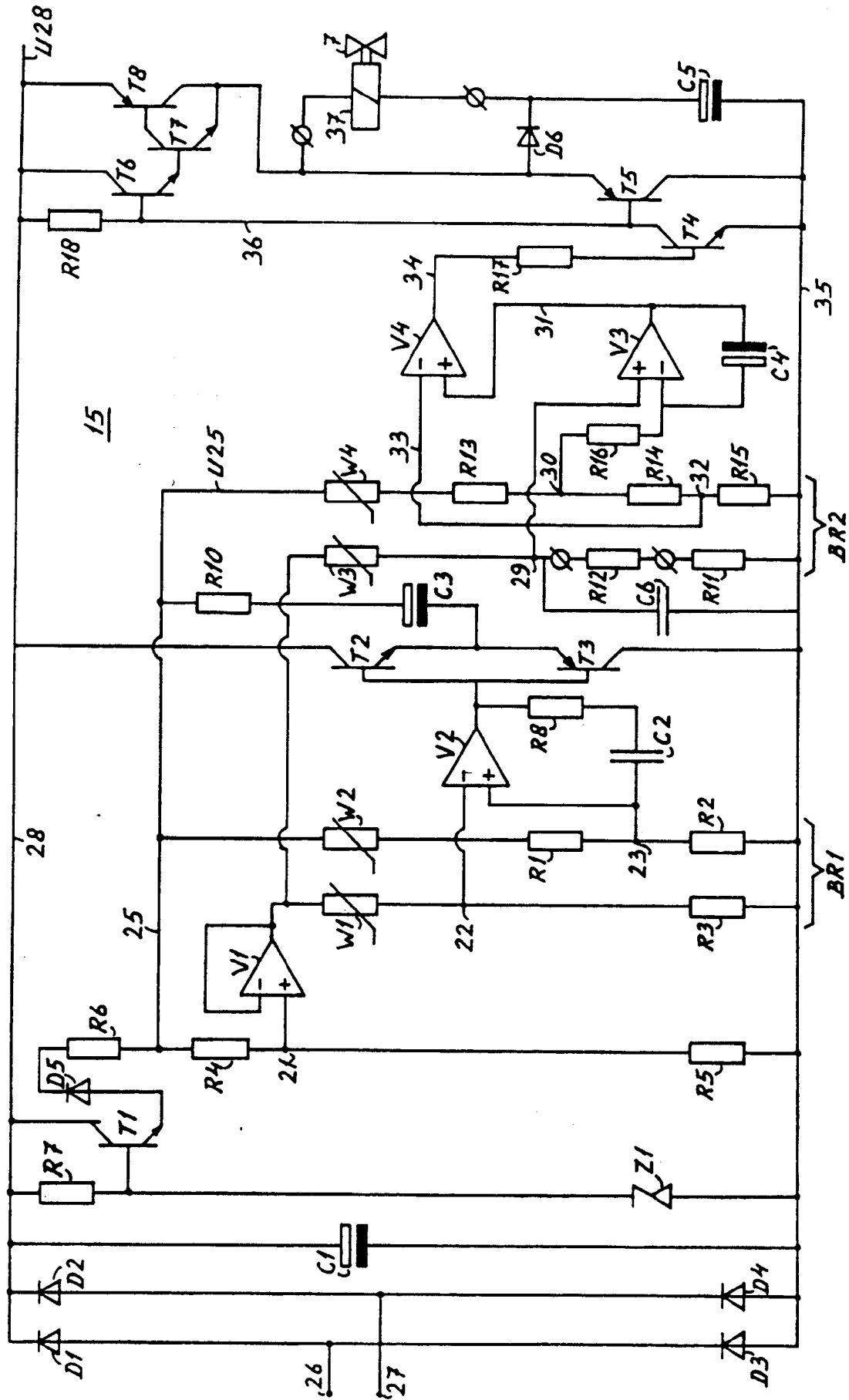


FIG.3