



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 236 992 A1

4(51) G 01 L 7/02

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

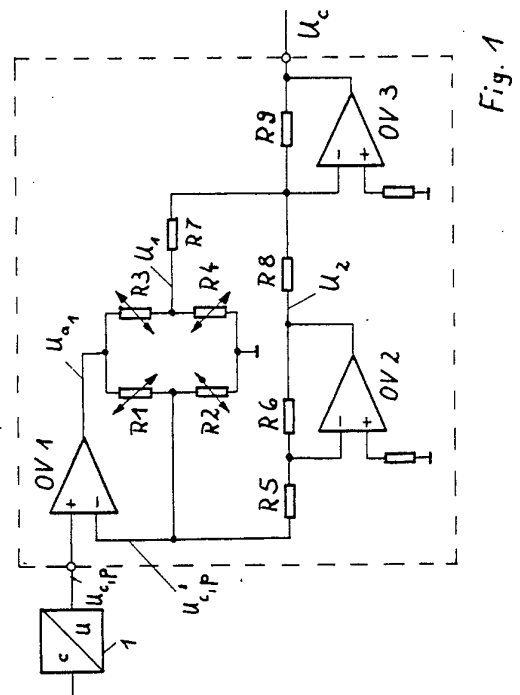
(21) WP G 01 L / 275 923 8 (22) 03.05.85 (44) 25.06.86

(71) Kombinat VEB Elektro-Apparate-Werke Berlin-Treptow, Zentrum für Forschung und Technologie, 1055 Berlin, Storkower Straße 101, DD

(72) Kühn, Manfred, Dipl.-Phys.; Schröter, Fritz; Müller, Reinhard, Dipl.-Ing., DD

(54) Schaltungsanordnung für piezoresistive Drucksensoren mit Korrekturverhalten

(57) Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für piezoresistive Drucksensoren, die zur Korrektur des Meßgasdruckeinflusses auf das elektrische Ausgangssignal von Gasanalysatoren eingesetzt werden. Ziel der Erfindung ist es, das vom Meßgasdruck beeinflusste Ausgangssignal von Gasanalysatoren mit geringem Aufwand zu korrigieren, wobei die Aufgabe darin besteht, für einen piezoresistiven Drucksensor eine Schaltungsanordnung zu schaffen, mit deren Hilfe durch Einbeziehen von dehnungsabhängigen Widerständen auf einer vom Meßgasdruck beaufschlagten Membran das druckbeeinflusste Ausgangssignal eines Gasanalysators zu korrigieren. Erfindungsgemäß wird das dadurch erreicht, daß die zu korrigierende Spannung einmal mit Hilfe des mit den spannungsabhängigen Widerständen R_1 und R_2 beschalteten Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 und der Spannungsteilung an den dehnungsabhängigen Lastwiderständen R_3 und R_4 korrigiert und nicht invertiert und zum anderen unkorrigiert und invertiert einer Addierschaltung eines Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 zugeführt wird. Fig. 1



Erfindungsanspruch:

Schaltungsanordnung für piezoresistive Drucksensoren mit Korrekturverhalten bei Gasanalysatoren, bei denen vier dehnungsabhängige Widerstände auf einer mit dem Meßgasdruck beaufschlagten Membran befestigt sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß die zu korrigierende Spannung ($U_{c; p}$) auf den Eingang eines nichtinvertierenden Eingangs-Operationsverstärkers (OV_1) geschaltet ist, dessen verstärkungsbestimmende Widerstände (R_1 ; R_2) dehnungsabhängig und so auf der druckbeaufschlagten Membran (3) angeordnet sind, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers (OV_1) liegende Widerstand (R_1) mit steigendem Druck auf die Membran (3) in seinem Wert abnimmt, während der vom invertierenden Eingang nach Masse führende Widerstand (R_2) mit steigendem Druck in seinem Wert zunimmt und dessen Ausgang mit zwei weiteren in Reihe geschalteten dehnungsabhängigen Widerständen (R_3 , R_4) belastet ist, deren Anordnung auf der Membran (3) so gewählt ist, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers (OV_1) liegende Widerstand (R_3) mit steigendem Druck auf die Membran (3) in seinem Wert zunimmt, während der nach Masse führende Widerstand (R_4) mit steigendem Druck in seinem Wert abnimmt, wobei der Abgriff zwischen den beiden Lastwiderständen (R_3 , R_4) auf einen Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_3) geschaltet ist, und daß der invertierende Eingang des nicht invertierenden Eingangs-Operationsverstärkers (OV_1) auf den Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers (OV_2) geschaltet ist, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_3) verbunden ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung für piezoresistive Drucksensoren mit Korrekturverhalten, die zur Korrektur des Meßgasdruckeinflusses auf das elektrische Ausgangssignal von Gasanalysatoren einsetzbar sind. Die Schaltungsanordnung eignet sich besonders gut in Verbindung mit piezoresistiven Elementen in Halbleiter- und Dickschichttechnik. Auf Grund des hohen Eingangswiderstandes der Schaltung werden an die Belastbarkeit der Geberschaltung keinerlei Bedingungen gestellt.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind Einrichtungen bekannt, mit deren Hilfe das Ausgangssignal von optischen Gasanalysatoren über eine Potentiometerschaltung manuell korrigiert wird, nachdem der barometrische Wert an einem Barometer ermittelt worden ist (US-PS 4069420). Eine solche Korrekturvorrichtung ist für die Prozeßüberwachung ungeeignet, da sie einen zu großen Wartungsaufwand erfordert. Weiterhin sind Einrichtungen bekannt, bei denen der dem Meßgasdruck proportionale Einfluß auf das Ausgangssignal dadurch eliminiert wird, daß der Meßgasdruck mit Hilfe eines Drucksensors erfaßt wird und das dem Druck proportionale Sensorsignal in einer Dividierschaltung mit dem zu korrigierenden Ausgangssignal verrechnet wird. Die Einrichtung eignet sich besonders für den Fall, daß eine Recheneinrichtung bereits vorhanden ist und mitgenutzt wird. Anderenfalls ist der Aufwand relativ groß.

Weiterhin sind Einrichtungen bekannt, bei denen der für die Korrektur des Meßgasdruckeinflusses verwendete Drucksensor und die Korrekturschaltung auf das Referenzspannungsglied geschaltet sind und dabei die Referenzspannung druckproportional beeinflussen, während der Ausgang des Referenzspannungsgliedes dem Regelverstärker sowie dem Ausgangsverstärker eines Gasanalysators mit Regelung des Pilotsignals zugeführt wird (WP G 01 N/254 545.0).

Diese Einrichtungen sind speziell in Meßeinrichtungen mit Regelung des Pilotsignals aber sonst nicht anwendbar. Der Einsatz ist auch nur dann lohnend, wenn mehrere Meßsysteme gleichzeitig korrigiert werden müssen.

Weiterhin ist bekannt, daß verschiedentlich auf die Korrektur des Ausgangssignals ganz verzichtet wird und die Gasanalysatoren einen den Druckschwankungen entsprechenden Zusatzfehler aufweisen (InfraLyt, VEB Junkalor, DDR; Uras, H. u. B., BRD).

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist, das vom Meßgasdruck beeinflusste Ausgangssignal von Gasanalysatoren mit geringem Aufwand zu korrigieren.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Die schnelle Entwicklung der Sensortechnik allgemein, aber ganz besonders die der für die Druckmeßtechnik angewendeten Technologien zur Erzeugung piezoresistiver Elemente (DMS, Dünnschicht-, Halbleiter- und Dickschichtwiderstände) eröffnen immer wieder neue Anwendungsmöglichkeiten. Eine solche Möglichkeit stellt auch ein piezoresistiver Drucksensor mit Korrekturverhalten dar, der in sich den bisher üblichen Drucksensor und die Verknüpfungsschaltung für die zu korrigierende Spannung vereinigt. Für die Ausführung eines piezoresistiven Drucksensors bietet sich ganz besonders die Halbleiter- und Dickschichttechnik mit den dort erreichten hohen K-Faktoren (Verhältnis der relativen Änderung des dehnungsabhängigen Widerstandes zur relativen Längenänderung) an.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für einen piezoresistiven Drucksensor eine Schaltungsanordnung zu schaffen, mit deren Hilfe durch Einbeziehen von dehnungsabhängigen Widerständen auf einer druckbeaufschlagten, gegen Vakuum gedrückten Membran das druckbeeinflusste Ausgangssignal eines Gasanalysators korrigiert werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die zu korrigierende Spannung auf den Eingang eines nicht invertierenden Eingangs-Operationsverstärkers geschaltet ist, dessen verstärkungsbestimmende Widerstände dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran angeordnet sind, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers liegende Widerstand bei steigendem Druck auf die Membran in seinem Wert abnimmt, während der nach Masse führende Widerstand bei steigendem Druck in seinem Wert zunimmt und dessen Ausgang mit zwei weiteren in Reihe geschalteten dehnungsabhängigen Widerständen belastet ist, deren Anordnung auf der druckbeaufschlagten Membran so gewählt ist, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers liegende Widerstand bei steigendem Druck auf die Membran in seinem Wert zunimmt, während der nach Masse führende Widerstand mit steigendem Druck in seinem Wert abnimmt, wobei der Abgriff zwischen den beiden Lastwiderständen auf einen Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers geschaltet ist und daß der invertierende Eingang des nichtinvertierenden Eingangs-Operationsverstärkers auf den Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers geschaltet ist, dessen Ausgang mit dem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers verbunden ist. Mit dieser Schaltungsanordnung wird erreicht, daß durch die mit steigendem Druck bewirkte Verringerung der Abgriffspannung zwischen den beiden Lastwiderständen des Eingangs-Operationsverstärkers und die Addition der invertierten Ursprungsspannung mit der Abgriffspannung im Ausgangsverstärker eine relative Vergrößerung des korrigierenden Änderungsbetrages erzielt wird.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In den Zeichnungen zeigen:

- Fig. 1: elektrische Schaltung des piezoresistiven Drucksensors
- Fig. 2: Membran des piezoresistiven Drucksensors mit vier dehnungsabhängigen Widerständen
- Fig. 3: piezoresistiver Drucksensor — Gesamtdarstellung.

In Fig. 1 ist der Signalweg vom Eingang eines optischen Gasanalysators 1 bis zum Ausgang eines diesem nachgeschalteten piezoresistiven Drucksensors 4 dargestellt. Der optische Gasanalysator 1 wandelt die Meßgröße Meßgaskonzentration c in ein Ausgangssignal $U_{c;p}$, das nach den Gesetzen der kinetischen Gastheorie dem in der Meßküvette herrschenden Meßgasdruck p proportional ist. Druckabweichungen Δp entstehen durch Veränderungen des Durchflusses des Meßgases durch die Meßküvette und durch Veränderungen des atmosphärischen Druckes. Der hierdurch entstehende Meßfehler kann durch Nachschalten des mit dem Meßgasdruck p beaufschlagten piezoresistiven Drucksensors 4 eliminiert werden. Die Übertragungsfunktion der elektrischen Schaltung 2 (Fig. 1) ist so gestaltet, daß sie den druckbedingten Fehler des optischen Gasanalysators 1 aufhebt. Hierzu ist die zu korrigierende Spannung $U_{c;p}$ auf den Eingang eines nicht invertierenden Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 geschaltet, dessen verstärkungsbestimmende Widerstände R_1 ; R_2 dehnungsabhängig und so auf der druckbeaufschlagten Membran 3 angeordnet sind, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 liegende Widerstand R_1 mit steigendem Druck auf die Membran 3 in seinem Wert abnimmt, während der vom invertierenden Eingang nach Masse führende Widerstand R_2 mit steigendem Druck auf die Membran 3 in seinem Wert zunimmt und dessen Ausgang, an dem die Spannung U_{a1} anliegt, mit zwei weiteren in Reihe geschalteten dehnungsabhängigen Widerständen R_3 ; R_4 belastet ist, deren Anordnung auf der Membran 3 so gewählt ist, daß der am Ausgang des Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 liegende Widerstand R_3 mit steigendem Druck auf die Membran 3 in seinem Wert zunimmt, während der nach Masse führende Widerstand R_4 mit steigendem Druck in seinem Wert abnimmt. Der Abgriff zwischen den beiden Lastwiderständen R_3 ; R_4 , an dem die Spannung U_1 anliegt, ist auf einen Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 geschaltet und der invertierende Eingang des nichtinvertierenden Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 , an dem die Spannung $U_{c;p}$ anliegt, ist auf den Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers OV_2 geschaltet, dessen Ausgang, an dem die Spannung U_2 anliegt, mit dem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 verbunden ist. Die Widerstände R_5 und R_6 sind dehnungsunabhängig und bestimmen die Verstärkung des Operationsverstärkers OV_2 . Die Widerstände R_7 , R_8 und R_9 bestimmen die Verstärkung der Addierschaltung im Ausgangs-Operationsverstärker OV_3 . Aus dieser Schaltungsanordnung resultiert folgende Signalverarbeitung:
Das elektrische Ausgangssignal des optischen Gasanalysators 1 sei $U_{c;p}$

$$U_{c;p} = U_{c;p_0} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

p_0 soll den Normaldruck charakterisieren, Δp ist die Abweichung vom Normaldruck: $\Delta p = p - p_0$
Die zu korrigierende Spannung $U_{c;p}$ wird auf den Eingang eines nichtinvertierenden Operationsverstärkers OV_1 als Eingangsverstärker gegeben. Damit ist die für den Ausgang des optischen Gasanalators 1 gegebene Belastung verschwindend klein. Die verstärkungsbestimmenden Widerstände R_1 und R_2 sowie die in Reihe geschalteten Lastwiderstände R_3 und R_4 des Eingangs-Operationsverstärkers OV_1 betragen beim Normaldruck p_0 einheitlich den Wert R_0 . Die dehnungsabhängigen Widerstände R_1 ; R_2 ; R_3 ; R_4 werden durch die unterschiedliche Lage auf der druckbeaufschlagten gegen Vakuum gedrückten Membran 3 unterschiedlich beeinflusst. Die Widerstände R_2 und R_3 liegen annähernd in der Mitte der Membran 3. Sie werden gedehnt. Die Widerstände R_1 und R_4 liegen am Rand der Membran 3. Sie werden gestaucht. Der Druckeinfluß auf die dehnungsabhängigen Widerstände R_1 bis R_4 ist

$$R_1 = R_0 \left(1 - \frac{\Delta R_1}{R_0} \right) = R_0 \left(1 - \beta \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta p}{p_0}}$$

$$R_2 = R_0 \left(1 + \frac{\Delta R_2}{R_0} \right) = R_0 \left(1 + \alpha \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

für ΔR_2 und ΔR_3

$$R_3 = R_0 \left(1 + \frac{\Delta R_3}{R_0} \right) = R_0 \left(1 + \alpha \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

$$\beta = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta p}{p_0}}$$

$$R_4 = R_0 \left(1 - \frac{\Delta R_4}{R_0} \right) = R_0 \left(1 - \beta \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

für ΔR_1 und ΔR_4

Die piezoresistiven Koeffizienten α und β können je nach Lage der Widerstände R_1 bis R_4 unterschiedlich groß sein. Am Abgriff des aus den Widerständen R_3 und R_4 bestehenden Spannungsteilers beträgt die Spannung

$$U_1 = U_{c;p} \frac{R_1 + R_2}{R_2} \cdot \frac{R_4}{R_3 + R_4} = U_{c;p} \frac{R_4}{R_2} \approx U_{c;p} \left[1 - (\alpha + \beta) \frac{\Delta p}{p_0} \right]$$

Die Spannung $U_{c;p}$ am invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Eingangsverstärkers OV_1 beträgt mit vernachlässigbarem Fehler $U_{c;p}$.

Somit wird die Ausgangsspannung U_2 des invertierenden Operationsverstärkers OV_2

$$U_2 = - U_{c;p} \frac{R_6}{R_7}$$

Die korrigierte Spannung U_c am Ausgang des piezoresistiven Drucksensors 4 beträgt

$$U_c = -U_{c;p_0} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left[\frac{R_9}{R_7} U_1 + \frac{R_9}{R_8} U_2 \right]$$

$$U_c = -U_{c;p_0} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left[\frac{R_9}{R_7} \left(1 - (\alpha + \beta) \frac{\Delta p}{p_0} \right) - \frac{R_9}{R_8} \frac{R_6}{R_5} \right]$$

mit $\frac{R_7 R_6}{R_8 R_5} = 1 - (\alpha + \beta)$ wird

$$U_c = -U_{c;p_0} \frac{R_9 R_6}{R_8 R_5} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \frac{R_6 R_5}{R_7 R_6} \left(1 - (\alpha + \beta) \frac{\Delta p}{p_0} \right) - 1$$

$$U_c = -U_{c;p_0} \frac{R_9 R_6}{R_8 R_5} \frac{\alpha + \beta}{1 - (\alpha + \beta)} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left(1 - \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

$$U_c = -U_{c;p_0} \frac{R_9 R_6}{R_8 R_5} \frac{\alpha + \beta}{1 - (\alpha + \beta)} \left(1 - \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 \right)$$

Mit $p_0 = 1$ bar ist die Korrektur
bei einer Druckabweichung um 10 m bar mit einem Fehler der Größenordnung 0,1%.
bei einer Druckabweichung um 30 m bar mit einem Fehler der Größenordnung 1%.
bei einer Druckabweichung um 100 m bar mit einem Fehler der Größenordnung 1% erreicht.
Aus den gegebenen piezoresistiven Koeffizienten α und β lassen sich die notwendigen Widerstände R_5 ; R_6 ; R_7 ; R_8 und R_9
bestimmen.

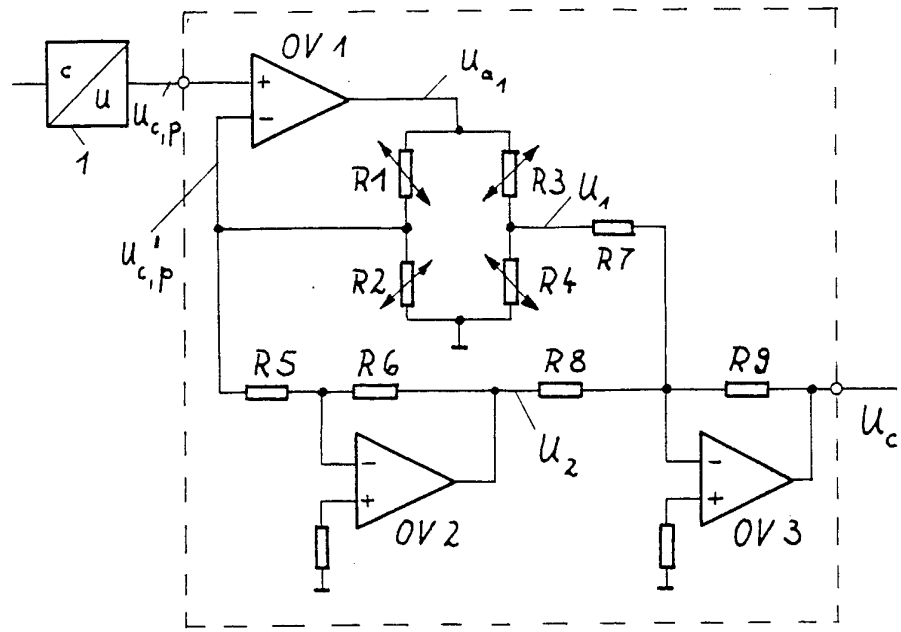


Fig. 1

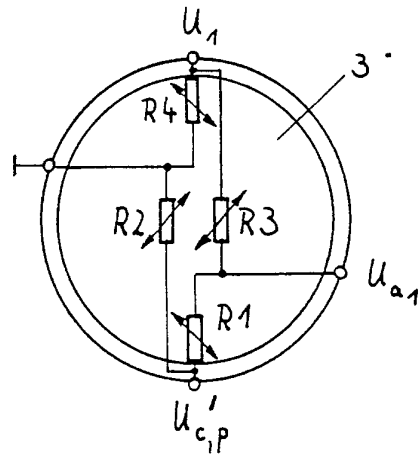


Fig. 2

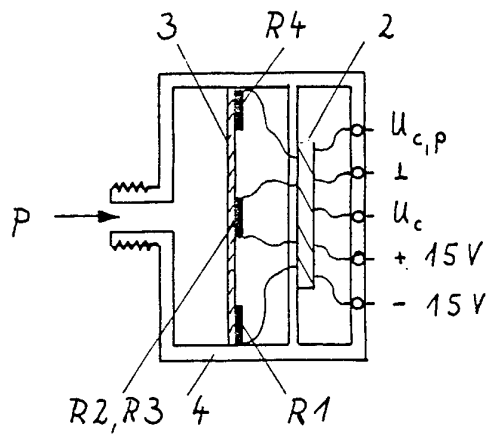


Fig. 3