



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 236 991 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 / 275 922 1

(22) 03.05.85

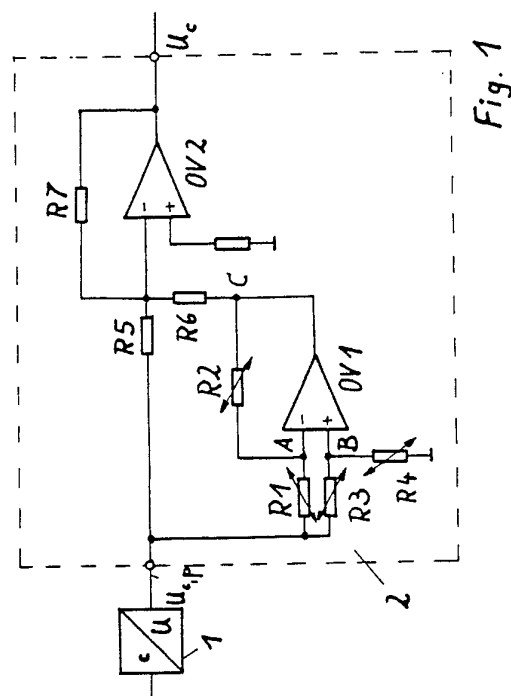
(44) 25.06.86

(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 einen piezoresistiven Drucksensor, der zur Korrektur des Meßgasdruckeinflusses auf das elektrische Ausgangssignal von Gasanalysatoren eingesetzt werden kann. Ziel der Erfindung ist es, das vom Meßgasdruck beeinflusste Ausgangssignal von Gasanalysatoren mit geringem Aufwand zu korrigieren, wobei die Aufgabe darin besteht, eine Schaltung anzugeben, mit deren Hilfe durch Einbeziehen von dehnungsabhängigen Widerständen auf einer meßgasdruckbeaufschlagten Membran das druckbeeinflusste Ausgangssignal eines Gasanalysators korrigiert werden kann. Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die zu korrigierende Spannung einmal auf beide Eingänge eines als Differenzverstärker ausgebildeten Operationsverstärkers geschaltet ist, dessen Ausgang mit einem Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers verbunden ist und zum anderen auf einen weiteren Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers geschaltet ist. Die vier verstärkungsbestimmenden Widerstände des Differenzverstärkers sind dehnungsabhängig und bewirken bei Druckänderung eine entsprechende Korrekturspannung am Ausgang des Differenzverstärkers. Fig. 1



Erfindungsanspruch:

Schaltungsanordnung für piezoresistive Drucksensoren mit Korrekturverhalten bei Gasanalysatoren, bei denen vier dehnungsabhängige Widerstände auf einer mit einem Meßgasdruck beaufschlagten Membran befestigt sind, **gekennzeichnet dadurch**, daß die zu korrigierende Spannung ($U_{c,p}$) einmal auf beide Eingänge eines als Differenzverstärker ausgeführten Operationsverstärkers (OV_1) geschaltet ist, dessen Ausgang mit einem Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_2) verbunden ist und zum anderen auf einen weiteren Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_2) geschaltet ist, wobei die vier verstärkungsbestimmenden Widerstände (R_1 bis R_4) des Operationsverstärkers (OV_1) dehnungsabhängig sind und der am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers (OV_1) liegende Widerstand (R_1) sowie der vom nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers (OV_1) nach Masse führende Widerstand (R_4) so auf der Membran (3) angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck kleiner werden, während der am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers (OV_1) liegende Widerstand (R_3) sowie der vom invertierenden Eingang zum Ausgang des Operationsverstärkers (OV_1) führende Widerstand (R_2) so auf der Membran (3) angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck größer werden.

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.

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 Korrektureinrichtung ist für die Prozeßüberwachung ungeeignet, da sie ein 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 / 254545.0).

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 es, 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 Schaltung zu schaffen, mit deren Hilfe durch Einbeziehen von dehnungsabhängigen Widerständen auf einer druckbeaufschlagten, gegen Vakuum drückenden Membran das druckbeeinflusste Ausgangssignal eines Gasanalysators korrigiert werden kann.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die zu korrigierende Spannung einmal auf beide Eingänge eines als Differentialverstärker ausgeführten Operationsverstärkers geschaltet ist, dessen Ausgang mit einem Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers verbunden ist und zum anderen auf einen weiteren Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers geschaltet ist, wobei die vier verstärkungsbestimmenden Widerstände des Differenzverstärkers dehnungsabhängig sind und der am invertierenden Eingang des Differenzverstärkers liegende Widerstand sowie der vom nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers nach Masse führende Widerstand so auf der Membran angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck kleiner werden, während der am nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers führende Widerstand so auf der Membran angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck größer werden. Damit wird erreicht, daß das durch Druckabweichungen veränderte Ausgangssignal des Gasanalysators eine gleiche der Änderung entgegenwirkende Korrektur erfährt.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel erläutert werden. In der Zeichnung 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 des optischen Gasanalysators 1 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 eines 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 $U_{c;p}$ einmal auf beide Eingänge eines als Differenzverstärker ausgeführten Operationsverstärkers OV_1 geschaltet, dessen Ausgang mit einem Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_2 verbunden ist und zum anderen auf einen weiteren Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_2 . Die vier verstärkungsbestimmenden Widerstände R_1 bis R_4 des als Differenzverstärker ausgelegten Operationsverstärkers OV_1 sind dehnungsabhängig ausgeführt und so auf der Membran 3 angeordnet, daß die Widerstandswerte des am invertierenden Eingang des Differenzverstärkers OV_1 liegenden Widerstandes R_1 und des vom nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers OV_1 nach Masse führenden Widerstandes R_4 mit steigendem Druck auf die Membran 3 in ihren Werten kleiner werden, während die Widerstandswerte des am nichtinvertierenden Eingang des Differenzverstärkers OV_1 liegenden Widerstandes R_3 sowie der vom invertierenden Eingang zum Ausgang des Differenzverstärkers OV_1 führende Widerstand R_2 mit steigendem Druck auf die Membran 3 in ihren Werten größer werden. Die Widerstände R_5 , R_6 und R_7 bestimmen die Verstärkung der Addierschaltung im Ausgangs-Operationsverstärker OV_2 . Die Anschlußpunkte der auf der Membran 3 angeordneten dehnungsabhängigen Widerstände R_1 bis R_4 sind mit den Buchstaben A und B, dem Spannungssymbol $U_{c;p}$ und Masse bezeichnet.

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 sei der Normaldruck in der Meßküvette, die korrigierte Ausgangsspannung U_c ist dann

$$U_c = - U_{c;p_0} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left[\left(\frac{R_4}{R_1} \frac{R_1+R_2}{R_3+R_4} - \frac{R_2}{R_1} \right) \frac{R_7+R_7}{R_6+R_5} \right] / 1 /$$

Die dehnungsabhängigen Widerstände R_1 , R_2 , R_3 , R_4 haben beim Normaldruck p_0 einheitlich den Wert R_0 .

Die Widerstände R_1 bis 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 ist wie folgt:

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

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

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

für ΔR_2 und ΔR_3

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

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

für ΔR_1 und ΔR_4

Die piezoresistiven Koeffizienten α und β können je nach Lage der Widerstände unterschiedlich groß sein.
In die Gleichung 1 eingesetzt ergibt sich

$$U_c = - U_{c;p_0} \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left[\frac{R_7}{R_5} - \frac{R_7}{R_6} \cdot (\alpha + \beta) \frac{\Delta p}{p_0} \right] \quad / 2 /$$

Die Korrektur ist mit dem Ergebnis

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

$$U_c = - U_{c;p_0} \frac{R_7}{R_5} \left[1 - \left(\frac{\Delta p}{p_0} \right)^2 \right]$$

ausreichend erreicht, wenn $\frac{R_6}{R_5} = \alpha + \beta$ ist.

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.

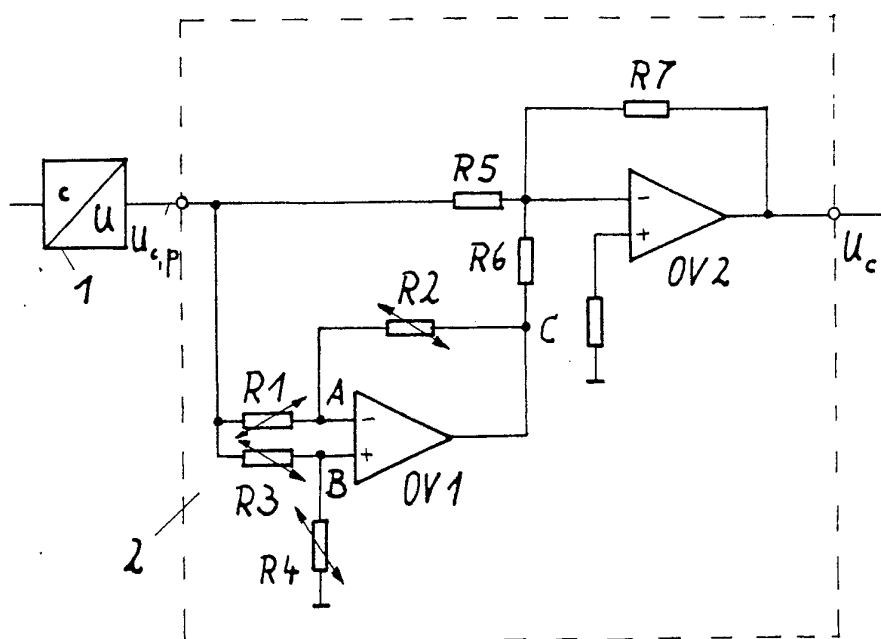


Fig. 1

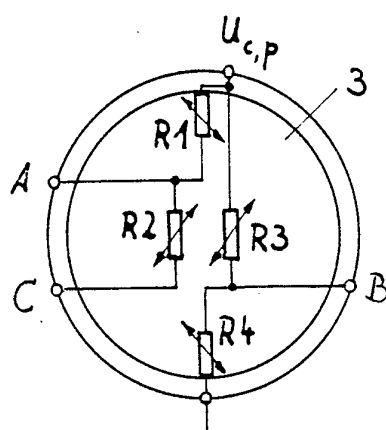


Fig. 2

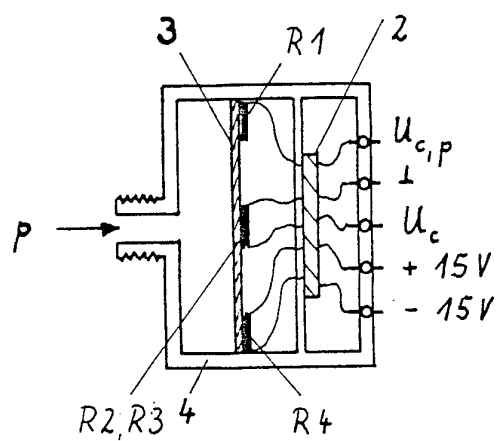


Fig. 3