



AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 L / 275 921 3

(22) 03.05.85

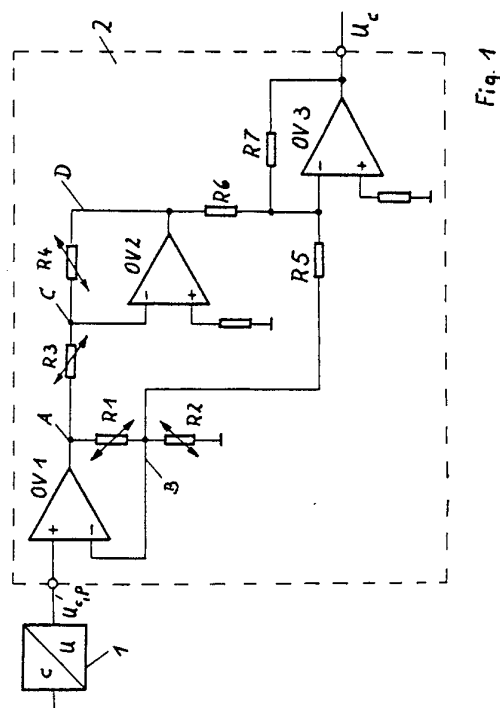
(44) 25.06.86

(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 Einbeziehung 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 Operationsverstärkers OV_1 und der mit den spannungsabhängigen Widerständen R_3 und R_4 beschalteten Operationsverstärkers OV_2 korrigiert und invertiert zum anderen unkorrigiert und nicht 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 Operationsverstärkers (OV_1) geschaltet ist, dessen Ausgang mit dem Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers (OV_2) verbunden ist, dessen Ausgang wiederum auf einen Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_3) geschaltet ist und der invertierende Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers (OV_1) mit einem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers (OV_3) verbunden ist, wobei der zwischen dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers (OV_1) und Masse liegende Widerstand (R_2) und der am Eingang des invertierenden Operationsverstärkers (OV_2) liegende Widerstand (R_3) dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran (3) angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck zunehmen, während der zwischen dem Ausgang und dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers (OV_1) liegende Widerstand (R_1) und der zwischen dem invertierenden Eingang und dem Ausgang des invertierenden Operationsverstärkers (OV_2) liegende Widerstand (R_4) ebenfalls dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran (3) angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck abnehmen.

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 Recheneinheit 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 (InfraLyte, 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 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 nichtinvertierenden Operationsverstärkers geschaltet ist, dessen Ausgang mit dem Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers verbunden ist, dessen Ausgang wiederum auf einem Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers geschaltet ist und der invertierende Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers mit einem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers verbunden ist, wobei der zwischen dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers und Masse liegende Widerstand und der am Eingang des invertierenden Operationsverstärkers liegende Widerstand dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran angeordnet sind, daß mit steigendem Druck ihre Widerstandswerte zunehmen, während der zwischen dem Ausgang und dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers liegende Widerstand und der zwischen dem invertierenden Eingang und dem Ausgang des invertierenden Operationsverstärkers liegende Widerstand ebenfalls dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck abnehmen.

Bei der Addition des zu korrigierenden Signals mit dem invertierten, durch die Wirkung der dehnungsabhängigen Widerstände veränderten zu korrigierenden Signal wird eine relative Vergrößerung des Änderungsbetrages erzielt. Der relative Änderungsbetrag läßt sich durch die Wahl des Verhältnisses der Eingangswiderstände der Addierschaltung genau dosieren.

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 Gaskonzentration 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.

Druckschwankungen 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 $U_{c;p}$ auf den Eingang eines nicht invertierenden Operationsverstärkers OV_1 geschaltet, dessen Ausgang mit dem Eingang eines invertierenden Operationsverstärkers OV_2 verbunden ist, dessen Ausgang wiederum auf einen Eingang einer Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 geschaltet ist und der invertierende Eingang des nicht invertierenden Operationsverstärkers OV_1 mit einem zweiten Eingang der Addierschaltung des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 verbunden ist. Der zwischen dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers OV_1 und Masse liegende Widerstand R_2 und der am Eingang des invertierenden Operationsverstärkers OV_2 liegende Widerstand R_3 sind dehnungsabhängig und so auf der druckbeaufschlagten Membran 3 angeordnet, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck zunehmen, während die zwischen dem Ausgang und dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers OV_1 liegende Widerstand R_1 und der zwischen dem invertierenden Eingang und dem Ausgang des invertierenden Operationsverstärkers OV_2 liegende Widerstand R_4 ebenfalls dehnungsabhängig sind und so auf der druckbeaufschlagten Membran 3 angeordnet sind, daß ihre Widerstandswerte mit steigendem Druck abnehmen. Die Widerstände R_5 , R_6 und R_7 bestimmen die Verstärkung der Addierschaltung im Ausgangs-Operationsverstärker OV_3 . Hierbei ist der Widerstand R_5 zwischen dem invertierenden Eingang des nichtinvertierenden Operationsverstärkers OV_1 und dem invertierenden Eingang des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 geschaltet, der Widerstand R_6 zwischen dem Ausgang des invertierenden Operationsverstärkers OV_2 und dem invertierenden Eingang des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 und der Widerstand R_7 zwischen dem invertierenden Eingang und dem Ausgang des Ausgangs-Operationsverstärkers OV_3 . Die Anschlußpunkte der auf der Membran angeordneten dehnungsabhängigen Widerstände R_1 bis R_4 sind mit den Buchstaben A, B, C und D 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. Das korrigierte Ausgangssignal U_c ist dann:

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

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 dehnungsabhängigen Widerstände R_1 und R_3 liegen annähernd in der Mitte der Membran 3. Sie werden gedehnt. Die dehnungsabhängigen Widerstände R_2 und R_4 liegen am Rand der Membran 3. Sie werden gestaucht.

Der Druckeinfluß auf die dehnungsabhängigen Widerstände R_1 bis R_4 ist wie folgt

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

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

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

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

$$\alpha = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta p}{p_0}} \quad \text{für } \Delta R_2 \text{ und } \Delta R_3$$

$$\beta = \frac{\frac{\Delta R}{R_0}}{\frac{\Delta p}{p_0}} \quad \text{für } \Delta R_1 \text{ und } \Delta R_4$$

Die piezoresistiven Koeffizienten α und β können je nach Lage der Widerstände R_1 bis R_4 auf der Membran 3 unterschiedlich groß sein.

In die Gleichung 1 eingesetzt ergibt sich unter Vernachlässigung der Δ Glieder 2. und höherer Ordnung

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

Wegen $\alpha \approx \beta$ kann das Glied $\frac{\alpha - \beta}{2} \frac{\Delta p}{p_0}$ ebenfalls vernachlässigt werden. Es gilt:

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

Die Korrektur des Druckeinflusses ist mit

$$\frac{R_5}{R_6} = \frac{1 + 2\alpha + \beta}{2} \quad \text{erreicht,}$$

denn in die Gleichung 2 eingesetzt ergibt sich

$$U_c \approx U_{c;p_0} \frac{R_7}{R_5} (2\alpha + \beta) \left(1 + \frac{\Delta p}{p_0} \right) \left(1 - \frac{\Delta p}{p_0} \right)$$

$$U_c \approx U_{c;p_0} \frac{R_7}{R_5} (2\alpha + \beta) \left(1 - \frac{\Delta p^2}{p_0^2} \right)$$

Mit $p_0 = 1$ bar hat der verbleibende Fehler

bei einer Druckabweichung Δp um 10 m bar die Größenordnung 0,1%

bei einer Druckabweichung Δp um 30 m bar die Größenordnung 1%

bei einer Druckabweichung Δp um 100 m bar die Größenordnung 1%

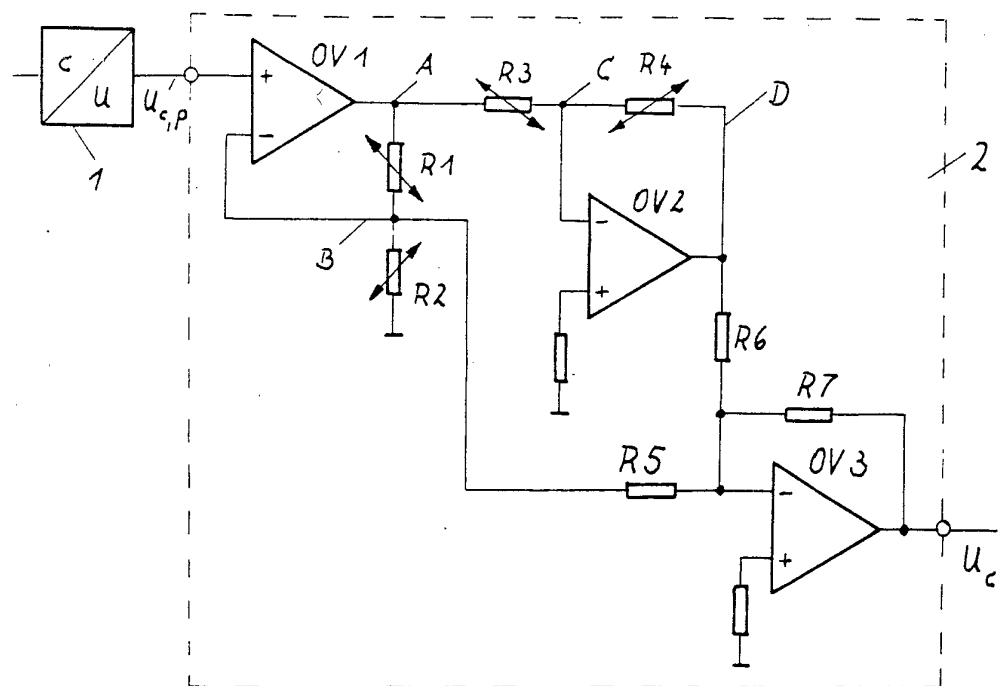


Fig. 1

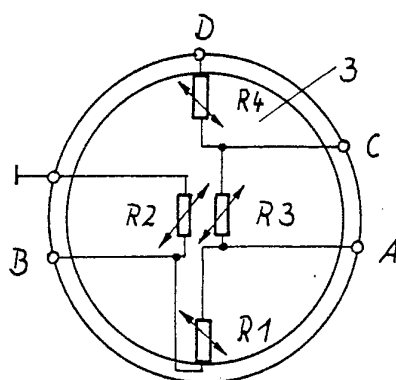


Fig. 2

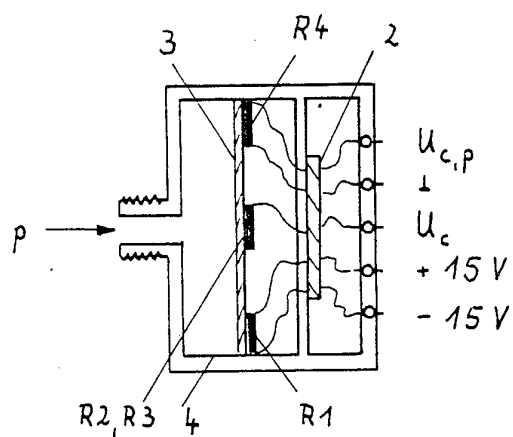


Fig. 3