

SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 691 411 A5

51 Int. Cl.⁷: G 01 D 003/028
H 01 L 043/06

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02474/96

22 Anmeldungsdatum: 11.10.1996

30 Priorität: 01.12.1995 DE 195 44 863.4

24 Patent erteilt: 13.07.2001

45 Patentschrift veröffentlicht: 13.07.2001

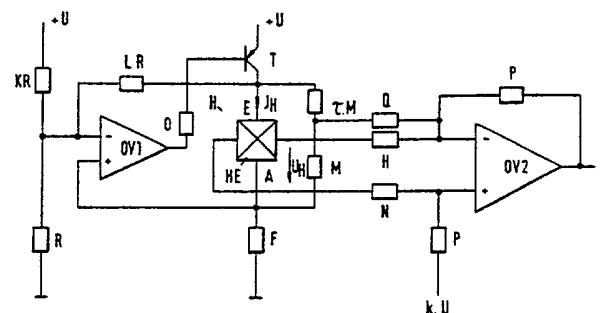
73 Inhaber:
Robert Bosch GmbH, Postfach 30 02 20,
D-70442 Stuttgart (DE)

72 Erfinder:
Erich Rubel, Stammheimer Strasse 53,
71636 Ludwigsburg (DE)
Klaus Miekley, Hospitalstrasse 42,
71634 Ludwigsburg (DE)
Ralf Noltmeyer, Goethestrasse 62,
73249 Wernau (DE)

74 Vertreter:
Scintilla AG, Direktion,
Postfach 632, 4501 Solothurn (CH)

54 Sensorvorrichtung.

57 Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensorvorrichtung mit einem von einem Steuerstrom durchflossenen Sensor, dessen Innenwiderstand einen positiven Temperaturkoeffizienten hat, und einer daran angeschlossenen elektrischen Schaltungsanordnung, die eine Kompensationsschaltung aufweist, mit der die die Empfindlichkeit des Sensors verfälschenden Temperatureinflüsse kompensierbar sind. Eine exakte Kompensation des Empfindlichkeits-temperaturganges bei relativ einfacher Auslegung der Kompensationsschaltung wird dadurch erzielt, dass mit der Kompensationsschaltung aus der temperaturabhängigen Änderung des Innenwiderstandes des Sensors ein positiver Temperaturkoeffizient des Steuerstroms gebildet ist, der so bemessen ist, dass er die negativen Temperaturkoeffizienten der die Empfindlichkeit bestimmenden übrigen physikalischen Größen kompensiert.



Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung bezieht sich auf eine Sensorvorrichtung mit einem von einem Steuerstrom durchflossenen Sensor, dessen Innenwiderstand einen Temperaturkoeffizienten hat, und einer daran angeschlossenen elektrischen Schaltungsanordnung, die eine Kompensationsschaltung aufweist, mit der die die Empfindlichkeit des Sensors verfälschenden Temperatureinflüsse kompensierbar sind.

Eine Sensorvorrichtung dieser Art ist in der EP 0 273 103 B1 als bekannt ausgewiesen. Hierbei sind vorteilhafterweise voneinander unabhängige Einstellungen der Temperaturabhängigkeit von Offset und Empfindlichkeit vorgesehen, sodass auf einfache Weise ein Abgleich der Schaltung gegeben ist. Die Kompensation des Temperaturganges der Empfindlichkeit geschieht hierbei zum einen mittels eines temperaturabhängigen Widerstandes in einem Widerstandsnetzwerk des Gegenkopplungszeitweiges eines ersten Differenzverstärkers und zum anderen mit einem temperaturabhängigen Spannungsteiler, an den der nichtinvertierende Eingang eines zweiten Differenzverstärkers angeschlossen ist. Hierdurch wird eine exakte Kompensation des Temperaturganges schwierig.

In der EP 0 129 817 B1 ist eine weitere Sensorvorrichtung mit einer Kompensationsschaltung für verfälschende Temperatureinflüsse angegeben, wobei ein konstanter Spannungsanteil und ein sich mit der Temperatur des elektrischen Systems eines Hall-Generators ändernder Spannungsanteil zu einer Spannung summiert werden, die einem nichtinvertierenden Eingang eines Operationsverstärkers zugeführt wird, dessen invertierender Eingang mit einem Ausgangssignal-Spannungskontakt des Hall-Generators und dessen Ausgang mit dem ausgangsseitigen Steuerstromanschluss des Hall-Generators verbunden sind. Die auf diese Weise vorgenommene Kompensation trennt nicht zwischen Temperaturgang der Empfindlichkeit und des Offsets.

Vorteile der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, eine Sensorvorrichtung der eingangs beschriebenen Art so auszugestalten, dass bei Gewährleistung einer unabhängigen Kompensation des Temperaturganges der Empfindlichkeit diese exakt und mit relativ geringem Aufwand erreichbar ist.

Diese Aufgabe wird mit dem in Patentanspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

Hiernach ist also vorgesehen, dass mit der Kompensationsschaltung aus der temperaturabhängigen Änderung des Innenwiderstandes des Sensors ein positiver Temperaturkoeffizient des Steuerstroms gebildet ist, der so bemessen ist, dass er die negativen Temperaturkoeffizienten der übrigen physikalischen Grössen kompensiert.

Hierdurch wird stets eine exakte Kompensation des Temperaturganges der Empfindlichkeit erhalten, die aus der Temperaturabhängigkeit des Sensors

selbst abgeleitet ist und somit dieser genau folgt. Auch erübrigen sich durch diese Massnahmen zusätzliche temperaturabhängige Elemente, sodass der Schaltungsaufwand gering ist.

Vorteilhaft ist die Sensorvorrichtung so ausgelegt, dass der durch die Kompensationsschaltung gebildete positive Temperaturkoeffizient des Steuerstroms dem Betrage nach der Summe der negativen Temperaturkoeffizienten der übrigen physikalischen Grössen entspricht. Beispielsweise ist bei einem Hall-Sensor die Ausgangsspannung $U_H = k \times I_H \times B$, wobei die Grössen k , I_H und B jeweils negativen Temperaturkoeffizienten besitzen. Indem der Temperaturkoeffizient des Steuerstroms I_H positiv gemacht ist und dem Betrage nach der Summe der negativen Temperaturkoeffizienten der Grössen k und B entspricht, wird eine praktisch vollkommene Kompensation des Temperaturganges der Empfindlichkeit erreicht, weil in der Nähe von 1 das Produkt in guter Näherung der Summe entspricht.

Ein einfacher Aufbau der Sensorvorrichtung wird dadurch erzielt, dass der Sollwert-Temperaturgang des mit dem positiven Temperaturkoeffizienten versehenen Steuerstroms aus einem temperaturfreier Anteil eines Spannungsteilers und einem temperaturbehafteten Anteil des Sensors zusammengesetzt ist.

Hierbei ist ein vorteilhafter Aufbau der Sensorvorrichtung derart, dass die Kompensationsschaltung einen Differenzverstärker aufweist, an dessen invertierendem Eingang eine Vorspannung angelegt ist und zu dem von dem Eingang des Sensors ein Rückkopplungszeitweiges mit einem Rückkopplungswiderstand geführt ist, dass der nichtinvertierende Eingang des Differenzverstärkers mit dem steuerseitigen Ausgang des Sensors verbunden ist, der über einen Fühlerwiderstand auf Masse liegt, und dass der Ausgang des Differenzverstärkers mit einem Steuerglied für den Steuerstrom verbunden ist. Mit dieser Kompensationsschaltung wird ein Regelkreis gebildet, mit dem der gewünschte Steuerstrom stets exakt aufrecht erhalten wird. Hierbei kann vorteilhafterweise vorgesehen sein, dass das Steuerglied in einem PNP-Transistor besteht und dass der Ausgang des Differenzverstärkers über einen Widerstand mit der Basis des Transistors verbunden ist, dessen Emitter an einer Versorgungsspannung liegt und dessen Kollektor an dem Eingang des Sensors angeschlossen ist.

Darüber hinaus ist eine weitere Ausgestaltung derart vorteilhaft, dass die Vorspannung zwischen zwei Widerständen eines an der Versorgungsspannung liegenden Spannungsteilers abgegriffen ist, und dass der Temperaturkoeffizient des Steuerstroms durch Dimensionierung des Rückkopplungswiderstandes und des an dem positiven Potential der Versorgungsspannung angeschlossenen Widerstandes des Spannungsteilers einstellbar ist. Durch geeignete Dimensionierung des Spannungsteiler-Widerstandes KR und des Rückkopplungswiderstandes LR lässt sich der gewünschte Temperaturkoeffizient für den Strom leicht erreichen.

Ein zusätzlicher Temperatureinfluss auf das Ausgangssignal des Sensors ist dadurch kompensierbar, dass die Kompensationsschaltung um einen

Schaltungsteil erweitert ist, durch den ein Offset-Temperaturgang kompensierbar ist. Der Schaltungsteil ist hierbei vorteilhafterweise so ausgebildet, dass der Schaltungsteil zwei hintereinander geschaltete Widerstände aufweist, wovon der eine an den Eingang des Sensors und der andere an dessen steuerseitigen Ausgang angeschlossen ist, und dass zwischen den beiden hintereinander geschalteten Widerständen eine Verbindung über einen weiteren Widerstand zum invertierenden Eingang eines weiteren Differenzverstärkers geführt ist, dessen invertierendem und nichtinvertierendem Eingang das Ausgangssignal zur Verstärkung zugeführt ist. Hierbei ist ausgenutzt, dass der Temperaturgang des Offset-Signals dem Temperaturkoeffizienten des Innenwiderstandes des Hall-Elementes entspricht. Durch Dimensionierung von M , τM und Q lässt sich das temperaturabhängige Offset-Signal eliminieren.

Der Sensor kann beispielsweise ein Hall-Sensorelement aufweisen.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels unter Bezugnahme auf die Zeichnung näher erläutert.

Die Fig. 1 zeigt die Sensorvorrichtung, bei der ein Sensorelement HE eines Sensors H an eine elektrische Schaltungsanordnung angeschlossen ist.

Fig. 2 zeigt Ausgestaltungen ohne den nachfolgenden Verstärker.

Die elektrische Schaltungsanordnung weist eine an den steuerseitigen Eingang E und den steuerseitigen Ausgang A angeschlossene Kompensationsschaltung für die Empfindlichkeit, einen ebenfalls an den steuerseitigen Eingang E und den steuerseitigen Ausgang A angeschlossenen Schaltungsteil zur Kompensation des Temperaturganges des Offset-Signals sowie einen an den beiden Ausgangsklemmen des Hall-Sensorelementes angeschlossenen Verstärkerteil auf.

Die Kompensationsschaltung für den Temperaturgang der Empfindlichkeit weist einen Differenzverstärker OV1 auf, dessen nichtinvertierender Eingang an den steuerseitigen Ausgang A des Hall-Sensorelementes HE und dessen invertierender Eingang über einen Rückkopplungswiderstand LR an den steuerseitigen Eingang E des Hall-Sensorelementes HE sowie zwischen zwei Widerständen KR und R eines Spannungsteilers angeschlossen ist, an den die Versorgungsspannung $+U$ auf der Seite des Widerstandes KR angelegt ist. Die andere Seite des Spannungsteilers liegt auf Masse. Der Ausgang des Differenzverstärkers OV1 führt über einen Widerstand O zu der Basis eines PNP-Transistors, dessen Emitter an die Versorgungsspannung $+U$ und dessen Kollektor an den Eingang E des Hall-Sensorelementes HE angeschlossen sind. Der steuerseitige Ausgang A des Hall-Sensorelementes HE ist über einen Fühlerwiderstand F an Masse gelegt. Auf diese Weise wird für den Steuerstrom I_H ein Regelkreis gebildet, wobei der Transistor T als Steuerglied wirkt. Der Sollwert-Temperaturgang des Steuerstromes I_H setzt sich zusammen aus dem temperaturfreien Anteil des Spannungstei-

lers KR, R und einem temperaturbehafteten Anteil des Sensors H.

Mit der beschriebenen Kompensationsschaltung erhält der Steuerstrom I_H einen positiven Temperaturkoeffizienten, der sich durch die Dimensionierung von KR und LR in gewünschter Weise zur Kompensation der negativen Temperaturkoeffizienten der das Ausgangssignal des Sensors H beeinflussenden übrigen physikalischen Grössen abstimmen lässt. Der positive Temperaturkoeffizient des Steuerstroms I_H resultiert daraus, dass der Innenwiderstand des Hall-Sensorelementes HE im Vergleich zu den übrigen physikalischen Grössen einen relativ grossen positiven Temperaturkoeffizienten besitzt. Dadurch lässt sich der positive Temperaturkoeffizient des Steuerstroms auf einen Wert einstellen, der dem Betrage nach der Summe der negativen Temperaturkoeffizienten der übrigen physikalischen Grössen entspricht.

In der bekannten Gleichung für das Sensorausgangssignal eines Hall-Sensorelementes $U_H = k \times I_H \times B$ ist also der Temperaturkoeffizient des Steuerstromes I_H auf einen positiven Wert steuerbar, der dem Betrage nach der Summe der Temperaturkoeffizienten von k und B entspricht, sodass der Temperaturgang des Ausgangssignals U_H praktisch vollkommen kompensiert wird. Dies hängt damit zusammen, dass in der Nähe von 1 das durch den Temperatureinfluss geänderte Produkt in guter Näherung der durch den Temperatureinfluss geänderten Summe entspricht.

Zur Verstärkung des Ausgangssignals U_H mit dem Differenzverstärker OV2 ist die eine Ausgangsklemme des Hall-Sensorelementes HE über einen Widerstand N mit dem invertierenden Eingang und die andere Ausgangsklemme über einen Widerstand M mit dem nicht invertierenden Eingang des Differenzverstärkers OV2 verbunden. Der Ausgang des weiteren Differenzverstärkers OV2 ist über einen Widerstand P auf den invertierenden Eingang rückgekoppelt, während der nichtinvertierende Eingang über einen Widerstand P an ein Potential $K \times U$ angelegt ist.

Mit der beschriebenen Schaltungsanordnung lässt sich somit der Temperaturgang der Empfindlichkeit kompensieren, wobei die temperaturabhängige Änderung des Innenwiderstandes des Hall-Sensorelementes HE ausgenutzt wird und sich somit die Verwendung zusätzlicher temperaturabhängiger Widerstände erübrigt. Bei der beschriebenen Kompensationsschaltung wird ausgenutzt, dass der Temperaturkoeffizient des Widerstandes des Hall-Elementes grösser ist als der zur Kompensation der Temperaturkoeffizienten der übrigen physikalischen Grössen k , B benötigte Temperaturkoeffizient des Steuerstroms I_H .

Das Hall-Sensorelement HE kann beispielsweise Teil eines Beschleunigungssensors oder dergleichen sein, wobei sich auf Grund einer zu erfassenden Eingangsgrösse eine Änderung der magnetischen Induktion ergibt, die ihrerseits das Ausgangssignal U_H bestimmt.

Soweit entsprechende physikalische Zusammenhänge vorliegen, ist die Schaltungsanordnung auch bei anderen Sensoren anwendbar.

In Fig. 2 sind drei Schaltungsbeispiele A, B, C angegeben, die zeigen, wie der Sensor H an eine elektrische Schaltungsanordnung angeschlossen ist. Dabei entspricht die Schaltungsanordnung nach A in etwa dem Beispiel nach Fig. 1, jedoch ohne die nachgeschaltete Verstärkungsanordnung. Die Bauelemente sind dabei mit denselben Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1. Die Anschlüsse des Hall-Sensors H sind mit 1 und 2 bezeichnet.

Die in Fig. 2 dargestellten Schaltungen bauen auf bekannten Schaltungen einer Konstantstromquelle auf und bestehen aus dem temperaturabhängigen Spannungsteiler mit den Widerständen R und KR, die zwischen Versorgungsspannung und Masse liegen und an den nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1 angeschlossen sind. Der Ausgang des Operationsverstärkers OV1 führt an den Anschluss 1 des Sensors H, der mit einem konstanten Strom versorgt werden soll. Der Anschluss 2 des Sensors H ist über einen Widerstand F mit der positiven Versorgungsspannung verbunden. Weiterhin führt ein Abgriff an den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1. Aus Gründen begrenzter Aussteuerbarkeit des Operationsverstärkers OV1 kann der Spannungsteiler R1 und $x \cdot R1$ an den gemeinsamen Anschluss vom Stromfühlerwiderstand F und den Anschluss 2 des Sensors H sowie den invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1 geschaltet werden. Das Bauteil bzw. der Sensor H besitzt einen – hier positiven – Temperaturkoeffizienten, sodass bei konstantem Stromzufluss die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OV1 temperaturabhängig ist. Wird diese Schaltung mit einem Widerstand LR erweitert, welcher sich zwischen dem nicht invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1 und seinem Ausgang befindet, so setzt sich die Spannung am nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1 aus dem temperaturunabhängigen Teil des Spannungsteilers R und KR sowie dem temperaturabhängigen Teil des Spannungsteilers R und LR zusammen. Durch geeignete Dimensionierung der Bauteile R, KR und LR lassen sich Temperaturkoeffizienten zwischen Null und demjenigen des Widerstandes des Sensors H erzeugen.

Beispielsweise ist der Sensor H ein Hall-Element mit einem positiven Temperaturkoeffizienten (TK). Der das magnetische Feld B in ein elektrisches Signal wandelnde Wandlerfaktor des Sensors H besitzt einen negativen Temperaturkoeffizienten (TK). Durch geeignete Dimensionierung des Temperaturkoeffizienten des Stromes lässt sich ein nahezu temperaturunabhängiges elektrisches Signal des im Sensor H gewandelten magnetischen Feldes erreichen. Die geeignete Dimensionierung lässt sich insbesondere mit den Widerständen R, KR und LR realisieren.

Gleiche Ergebnisse lassen sich mit der «gespiegelten» Schaltung nach Beispiel D erreichen. Dasselbe gilt für eine Schaltung des Typs C. Bei kleinen Versorgungsspannungen lässt die begrenzte Aussteuerbarkeit des Operationsverstärkers den Einsatz eines zusätzlichen Transistors T sinnvoll erscheinen. Hierbei ist auch die Umkehrung der Steu-

ersignale gegenüber dem Ausführungsbeispiel nach A zu achten.

Entsprechend der Schaltung nach Fig. 1 lässt sich ein Differenzverstärker an die Anschlüsse 3 und 4 des Hall-Sensors anschliessen. Am Ausgang des Differenzverstärkers lässt sich dann die verstärkte Ausgangsspannung entnehmen. Der Anschluss eines solchen Verstärkers ist für alle Beispiele A, B, C mit entsprechenden Anpassungen möglich.

Patentansprüche

1. Sensorvorrichtung mit einem von einem Steuerstrom durchflossenen Sensor, dessen Innenwiderstand einen Temperaturkoeffizienten hat, und einer daran angeschlossenen elektrischen Schaltungsanordnung, die eine Kompensationsschaltung aufweist, mit der die die Empfindlichkeit des Sensors verfälschenden Temperatureinflüsse kompensierbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Kompensationsschaltung (F, LR, OV1, O, T, +U, KR, R) aus der temperaturabhängigen Änderung des Innenwiderstandes des Sensors (H) ein Temperaturkoeffizient des Steuerstroms (I_H) gebildet ist, der so bemessen ist, dass er den invertierten Temperaturkoeffizienten der die Empfindlichkeit bestimmender physikalischen Größen der Konstanten (K) und des Magnetfeldes (B) kompensiert.

2. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der durch die Kompensationsschaltung (F, LR, OV1, O, T, +U, KR, R) gebildete positive Temperaturkoeffizient des Steuerstroms (I_H) dem Betrage nach der Summe der negativen Temperaturkoeffizienten der physikalischen Größen der Konstanten (K) und des Magnetfeldes (B) entspricht.

3. Sensorvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das der Empfindlichkeit zu Grunde liegende Sensorausgangssignal (U_H) sich aus dem Produkt der die negativen Temperaturkoeffizienten aufweisenden physikalischen Größen mit dem Steuerstrom ergibt.

4. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Schwellwert-Temperaturgang des mit dem positiven Temperaturkoeffizienten versehenen Steuerstroms (I_H) aus einem temperaturfreien Anteil eines Spannungsteilers (KR, R) und einem temperaturberhafteten Anteil des Sensors (H) zusammengesetzt ist.

5. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Kompensationsschaltung (F, LR, OV1, O, T, +U, KR, R) einen Differenzverstärker (OV1) aufweist, an dessen invertierendem Eingang (–) eine Vorspannung angelegt ist und zu dem von dem Eingang (E) des Sensors (H) ein Rückkopplungszweig mit einem Rückkopplungswiderstand (LR) geführt ist, dass der nichtinvertierende Eingang (+) des Differenzverstärkers (OV1) mit dem steuerseitigen Ausgang (A) des Sensors (H) verbunden ist, der über einen Fühlerwiderstand (F) auf Masse liegt, und dass der Ausgang des Differenzverstärkers (OV1) mit einem Steuerglied (T) für den Steuerstrom (I_H) verbunden ist.

6. Sensorvorrichtung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuerglied aus einem PNP-Transistor (T) besteht und dass der Ausgang des Differenzverstärkers (OV1) über einen Widerstand (O) mit der Basis des Transistors (T) verbunden ist, dessen Emitter an einer Versorgungsspannung (+U) liegt und dessen Kollektor an dem Eingang (E) des Sensors (H) angeschlossen ist. 5

7. Sensorvorrichtung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorspannung zwischen zwei Widerständen eines an der Versorgungsspannung (+U) liegenden Spannungsteilers (KR, R) abgegriffen ist, und dass der Temperaturkoeffizient des Steuerstroms (I_H) durch Dimensionierung des Rückkopplungswiderstandes (LR) und des an dem positiven Potenzial der Versorgungsspannung angeschlossenen Widerstand (KR) des Spannungsteilers (KR, R) einstellbar ist. 10 15

8. Sensorvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Sensor (H) ein Hallensorelement (HE) aufweist. 20

25

30

35

40

45

50

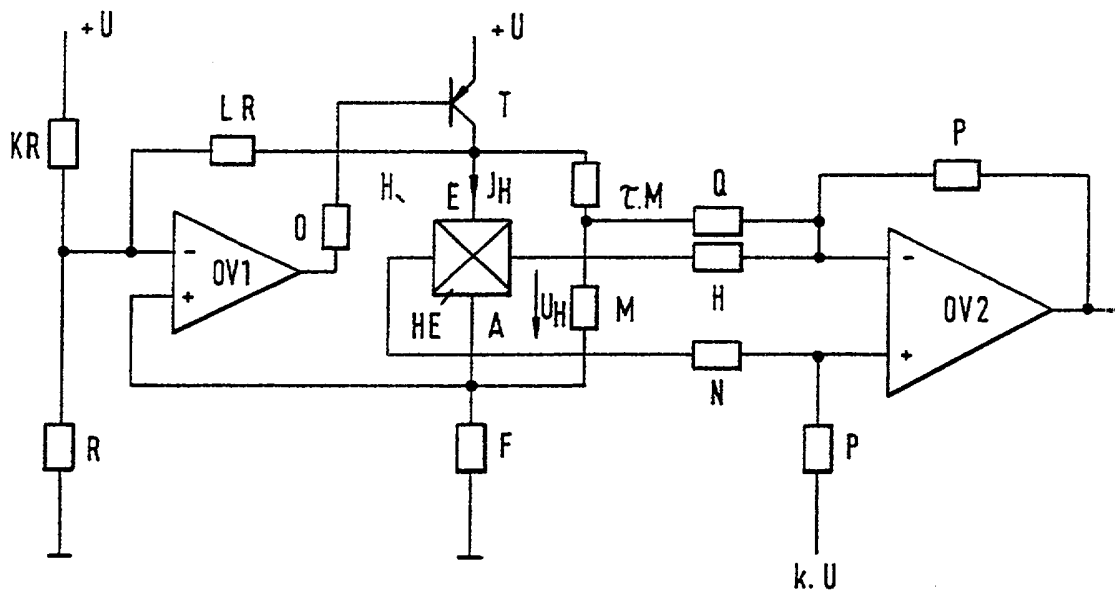
55

60

65

5

Fig.1



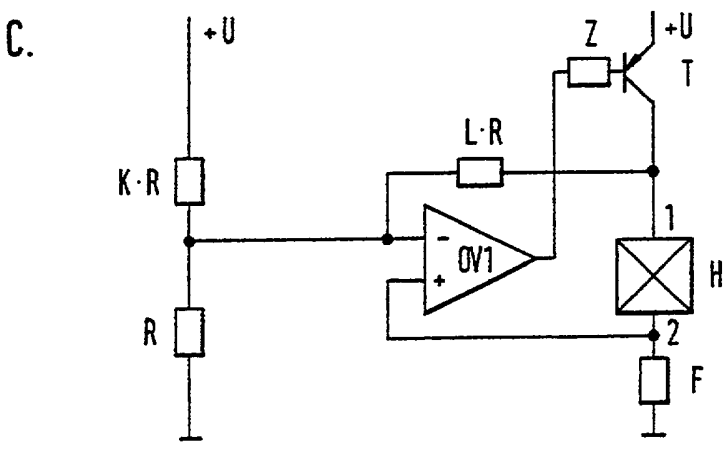
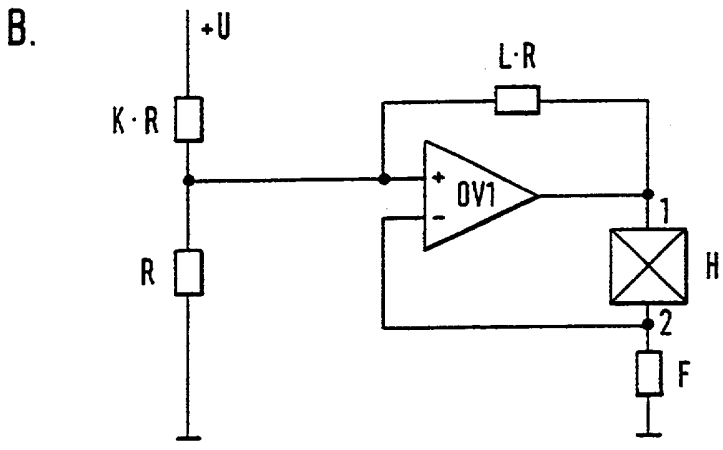
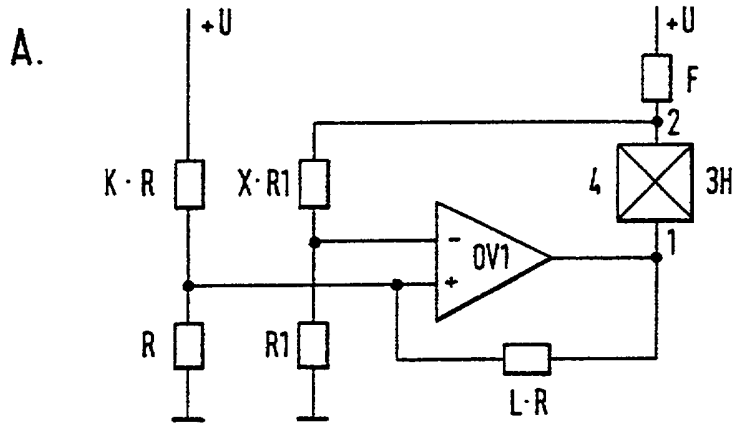


Fig.2