



Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

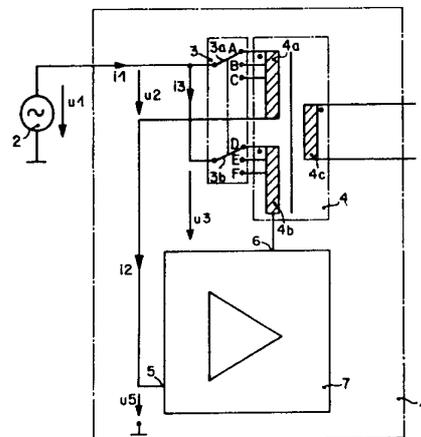
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

⑫ PATENTSCHRIFT A5

| | |
|---|--|
| <p>⑳ Gesuchsnummer: 2994/83</p> <p>㉒ Anmeldungsdatum: 01.06.1983</p> <p>㉔ Patent erteilt: 14.08.1987</p> <p>④⑤ Patentschrift veröffentlicht: 14.08.1987</p> | <p>⑦③ Inhaber: LGZ Landis & Gyr Zug AG, Zug</p> <p>⑦② Erfinder: Halder, Mathis, Baar</p> |
|---|--|

⑤④ Messspannungswandler hoher Genauigkeit.

⑤⑦ Der Messspannungswandler (1) wird von einer Referenzwechselspannung (u_1) gespeist und besteht aus einem Transformator (4) und einem Regelverstärker (7). Der Transformator (4) besitzt eine Rückkopplungs-Wicklung (4a), eine Magnetisierungs-Wicklung (4b) und eine Ausgangs-Wicklung (4c). Die beiden ersten Wicklungen (4a, 4b) bilden zusammen mit dem Regelverstärker (7) einen Regelkreis, der die Eingangsspannung (u_5) des Regelverstärkers (7) auf Null regelt. Letzterer besteht aus zwei Verstärkern, die bei einer ersten Variante in Kaskade geschaltet sind und bei einer zweiten Variante die beiden Pole der Primärwicklung eines weiteren Transformators speisen, dessen Sekundärwicklung den Ausgang des Regelverstärkers (7) bildet. In der ersten Variante besitzt der zweite Verstärker eine positive und eine gleich starke negative Rückkopplung und in der zweiten Variante ist das Übertragungsverhältnis des weiteren Transformators gleich gross wie der Verstärkungsfaktor des zweiten Verstärkers.



PATENTANSPRÜCHE

1. Messspannungswandler hoher Genauigkeit, der eine Referenzwechselfspannung enthält, die über eine Rückkopplungs-Wicklung mit dem Eingang eines Regelverstärkers verbunden ist, und der zusätzlich zum Regelverstärker noch einen Transformator enthält, der die Rückkopplungs-Wicklung, eine Magnetisierungs-Wicklung und eine Ausgangs-Wicklung besitzt, wobei der Ausgang des Regelverstärkers über die Magnetisierungs-Wicklung auf die Rückkopplungs-Wicklung dermassen induktiv wirksam ist, dass die resultierende Eingangsspannung des Regelverstärkers annähernd Null ist, und der Spannungsabfall über die Rückkopplungs-Wicklung in eine den Windungszahlen der Ausgangs- und der Rückkopplungs-Wicklung entsprechende Ausgangs-Spannung an der Ausgangs-Wicklung übersetzt ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Magnetisierungswicklung (4b) einerseits am Ausgang des Regelverstärkers (7) angeschlossen ist und andererseits von der Referenzwechselfspannung (2) gespeist ist.

2. Messspannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelverstärker (7) einen ersten Verstärker (8) und einen zweiten Verstärker (9) enthält, der Eingang des Regelverstärkers (7) gleichzeitig der Eingang des ersten Verstärkers (8) ist, und beide Verstärker (8, 9) miteinander in Kaskade geschaltet sind, dass ferner innerhalb des zweiten Verstärkers (9), dessen Eingang über einen ersten Widerstand (R1) mit dem invertierenden Eingang eines Regeloperationsverstärkers (10) verbunden ist, dessen Ausgang gleichzeitig der Ausgang des zweiten Verstärkers (9) ist und über eine Parallelschaltung (R2; C1) eines zweiten Widerstandes (R2) und eines Kondensators (C1) zur Bildung einer negativen Rückkopplung mit dem invertierenden Eingang sowie über einen dritten Widerstand (R3) zur Bildung einer positiven Rückkopplung mit dem nichtinvertierenden Eingang des Regeloperationsverstärkers (10) verbunden ist, wobei der letzte Eingang noch zusätzlich über einen vierten Widerstand (R4) an Masse liegt, und dass die positive und die negative Rückkopplung des zweiten Verstärkers (9) gleich stark sind.

3. Messspannungswandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Verstärker (8) einen Verstärkungsfaktor Eins besitzt und als Spannungsfolger beschaltet ist.

4. Messspannungswandler nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Verstärker (8) einen Verstärkungsfaktor besitzt, welcher sehr viel grösser als Eins ist.

5. Messspannungswandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Regelverstärker (7) einen ersten Verstärker (8), einen zweiten Verstärker (9) und einen weiteren Transformator (12) enthält, der Eingang (5) des Regelverstärkers (7) gleichzeitig der Eingang des ersten Verstärkers (8) ist, der Ausgang (6) des Regelverstärkers (7) mit dem Eingang des zweiten Verstärkers (9) verbunden ist, und die Ausgänge der beiden Verstärker (8, 9) je auf einen Pol der Primärwicklung (12a) des weiteren Transformators (12) geführt sind, dessen Sekundärwicklung (12b) den Ausgang des Regelverstärkers (7) bildet und dessen Übertragungsverhältnis (u_4/u_6) gleich dem Verstärkungsfaktor (k_2) des zweiten Verstärkers (9) ist.

6. Messspannungswandler nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Verstärker (8) einen Verstärkungsfaktor besitzt, welcher sehr viel grösser als Eins ist.

Anwendungsgebiet und Zweck

Die Erfindung bezieht sich auf einen Messspannungswandler hoher Genauigkeit gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Solche Messspannungswandler werden benutzt z.B. in Prüf-

stationen für Elektrizitätszähler, in Prüfzählern und in Verrechnungszählern. Sie dürfen nur einen sehr kleinen Eigenfehler aufweisen.

5 *Stand der Technik*

Ein Messspannungswandler der genannten Art ist bekannt aus der GB-OS 2 034 998 A.

Bei Verwendung von Transformatoren sind die Eigenfehler von Messspannungswandlern sehr stark abhängig vom verwendeten magnetischen Material, also von den Transformator-Lamellen. Diese Abhängigkeit wird im angegebenen Stand der Technik vermieden, indem die massgeblichen Wicklungen des Transformators durch keinen nennenswerten Strom durchflossen werden, so dass Kupferwiderstand und Streuinduktivität nicht wirksam sind. Dies bedingt das Vorhandensein einer Magnetisierungs-Wicklung auf dem Transformator, die den Transformator erregt, so dass eine benötigte innere Spannung an einer negativen Rückkopplung erzeugenden Rückkopplungs-Wicklung erscheint, in der jedoch kein nennenswerter Strom fliesst, da sie mit dem hochohmigen Eingangswiderstand eines Verstärkers belastet ist. Eine aktive Kompensation, d.h. eine Regelung, sorgt dafür, dass diese innere Spannung sich so einstellt, dass eine den Messspannungswandler speisende Referenzwechselfspannung an den Klemmen der Rückkopplungs-Wicklung erscheint. Ein Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass die Magnetisierungsleistung nicht vollständig von einem Regelverstärker geliefert werden muss, sondern dass der Hauptteil von der Referenzwechselfspannungsquelle geliefert wird und nur ein kleiner Teil von höchstens 1% vom Regelverstärker aufzubringen ist. Dies hat den Vorteil, dass der Regelverstärker und dessen Speisung nicht so stark dimensioniert sein müssen, die Verstärkung kleiner sein kann bei gleich gutem Regelresultat und die «Offset»-Spannung, welche den Transformator leicht in die Sättigung bringen kann, besser beherrschbar ist.

Aufgabe und Lösung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Schaltung des Messspannungswandlers dermassen abzuändern, dass weniger Transformator-Wicklungen benötigt werden und der Einfluss der «Offset»-Spannung des Regelverstärkers vermieden wird, ohne dass dabei der Regelkreis in Schwingungen gerät. Auch ist die Tatsache zu umgehen, dass der Regelverstärker seinen ganzen Strom im nichtüblichen Arbeitsgebiet käuflicher Operationsverstärker liefern muss, wozu diese Operationsverstärker nicht ausgelegt sind. Auch besitzt die Speisung des Regelverstärkers unter diesen Arbeitsbedingungen einen sehr schlechten Wirkungsgrad, was es ebenfalls zu vermeiden gilt.

Die genannte Aufgabe wird erfindungsgemäss durch die im Kennzeichen des Anspruchs 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 ein Schaltbild eines Messspannungswandlers,

Fig. 2 ein Schaltbild einer ersten Variante eines Regelverstärkers und

Fig. 3 ein Schaltbild einer zweiten Variante des Regelverstärkers.

Gleiche Bezugszahlen bezeichnen in allen Figuren der Zeichnung gleiche Teile.

Der Eingang des Messspannungswandlers 1 gemäss der Fig. 1 wird von einer niederohmigen Wechselfspannungsquelle 2 mit einer Referenzwechselfspannung u_1 gespeist und ist gleichzeitig in der angegebenen Reihenfolge einerseits über einen ersten Schaltkontakt 3a und mit Hilfe einer Anzapfung A, B oder C über eine Rückkopplungs-Wicklung 4a mit einem Eingang 5 und andererseits über einen zweiten Schaltkontakt 3b und mit Hilfe einer Anzapfung D, E oder F für eine Magnetisierungs-Wicklung 4b mit einem Ausgang eines Regelverstärkers 7 ver-

bunden. Die beiden Wicklungen 4a und 4b können natürlich auch mehr als drei Anzapfungen besitzen. Die beiden Schaltkontakte 3a und 3b gehören zu einem gemeinsamen dreistelligen zweipoligen Umschalter 3 und die beiden identisch aufgebauten Wicklungen 4a und 4b zu einem gemeinsamen Transformator 4, der noch eine dritte Wicklung, nämlich eine Ausgangs-Wicklung 4c, besitzt. Die beiden Pole dieser Ausgangs-Wicklung 4c bilden den zweipoligen Ausgang des Messspannungswandlers 1.

Eine erste Variante des Regelverstärkers 7 gemäss der Fig. 2 besteht aus einem ersten Verstärker 8 und einem zweiten Verstärker 9. Der Eingang 5 des Regelverstärkers 7 ist gleichzeitig der Eingang des ersten Verstärkers 8. Der erste Verstärker 8 ist in dieser ersten Variante mit dem zweiten Verstärker 9 in Kaskade geschaltet, wobei dessen Eingang im Verstärker 9 selber über einen ersten Widerstand R1 mit dem invertierenden Eingang eines Regeloperationsverstärkers 10 verbunden ist, dessen Ausgang, der gleichzeitig der Ausgang des Verstärkers 9 ist, über eine Parallelschaltung R2; C1 zur Bildung einer negativen Rückkopplung mit dem invertierenden Eingang und über einen dritten Widerstand R3 zur Bildung einer positiven Rückkopplung mit dem nichtinvertierenden Eingang des Regeloperationsverstärkers 10 verbunden ist, wobei der letzte Eingang noch zusätzlich über einen vierten Widerstand R4 an Masse liegt. Die Parallelschaltung R2; C1 besteht aus einem zweiten Widerstand R2 und einem Kondensator C1.

Der Widerstand R1 ist annähernd gleich dem Widerstand R4 und der Widerstand R2 annähernd gleich dem Widerstand R3, d.h. beide Rückkopplungen sind gleich stark.

Der Verstärker 8 besitzt einen Verstärkungsfaktor grösser als Eins oder in einer bevorzugten Anordnung einen Verstärkungsfaktor Eins und ist dann gemäss der Fig. 2 mittels eines weiteren Operationsverstärkers 11 auf bekannte Weise als Spannungsfolger beschaltet, indem der Ausgang des Operationsverstärkers 11, der gleichzeitig der Ausgang des ersten Verstärkers 8 ist, und dessen invertierender Eingang direkt mittels einer Kurzschlussverbindung miteinander verbunden sind, während sein nichtinvertierender Eingang den Eingang des Verstärkers 8 bildet.

Die zweite in der Fig. 3 dargestellte Variante besteht ebenfalls aus einem ersten Verstärker 8 und einem zweiten Verstärker 9. Sie enthält allerdings zusätzlich noch einen weiteren, eine Primärwicklung 12a und eine Sekundärwicklung 12b aufweisenden Transformator 12. Der Eingang 5 des Regelverstärkers 7 ist wieder gleich dem Eingang des Verstärkers 8; der Ausgang 6 des Regelverstärkers 7 ist dagegen mit dem Eingang des Verstärkers 9 verbunden. Der Ausgang eines jeden der beiden Verstärker 8 und 9 ist in dieser Variante auf je einen Pol der Primärwicklung 12a geführt, während die Sekundärwicklung 12b einpolig an Masse liegt und ihr anderer Pol mit dem Ausgang 6 des Regelverstärkers 7 verbunden ist und somit den Ausgang des Regelverstärkers 7 bildet. Das Übertragungsverhältnis u_4/u_6 des weiteren Transformators 12 ist gleich dem Verstärkungsfaktor k_2 des Verstärkers 9 zu wählen. u_4 bezeichnet die Primärspannung und u_6 die Ausgangsspannung des Regelverstärkers 7, die hier gleich der Sekundärspannung des weiteren Transformators 12 ist.

Die beiden Verstärker 8 und 9 der zweiten Variante sind z.B. identisch aufgebaut. Sie können jedoch durch die Wahl von unterschiedlichen Widerstandswerten unterschiedliche Verstärkungen besitzen. Sie bestehen z.B. aus je einem Operationsverstärker 13 bzw. 14, der auf bekannte Weise als nichtinvertierender Verstärker mit einem Massewiderstand R5 bzw. R6, einem Rückkopplungs-Widerstand R7 bzw. R8 und einem Rückkopplungs-Kondensator C2 bzw. C3 beschaltet ist, wobei der Rückkopplungs-Widerstand R7 bzw. R8 jeweils parallel zum zugehörigen Rückkopplungs-Kondensator C2 bzw. C3 und die Rückkopplung jeweils zwischen Ausgang des Operationsverstär-

kers 13 bzw. 14 und dessen invertierenden Eingang liegt, während der Massewiderstand R5 bzw. R6 jeweils den invertierenden Eingang an Masse legt.

5 Funktionsbeschreibung

In beiden Varianten bildet die Magnetisierungs-Wicklung 4b, der Regelverstärker 7 und die Rückkopplungs-Wicklung 4a einen Regelkreis, der dermassen wirkt, dass die Eingangsspannung u_5 des Regelverstärkers 7 annähernd gleich Null ist, d.h. dass der Spannungsabfall über die Rückkopplungs-Wicklung 4a annähernd gleich der Referenzwechselspannung u_1 ist.

Dies geschieht folgendermassen:

Da der Eingangswiderstand des ersten Verstärkers 8 in beiden Varianten hochohmig ist, ist auch der Eingangswiderstand des Regelverstärkers 7 immer hochohmig, d.h. der Strom i_2 , der die Rückkopplungs-Wicklung 4a durchfliesst, ist annähernd Null, so dass $i_1 = i_2 + i_3 \approx i_3$ gilt, wobei i_1 der von der Wechselspannungsquelle 2 gelieferte und i_3 der die Magnetisierungs-Wicklung 4b durchfliessende Strom ist. Der Strom i_3 durchfliesst bei der ersten Variante die Magnetisierungs-Wicklung 4b (siehe Fig. 1) und über den Ausgang 6 des Regelverstärkers 7 im zweiten Verstärker 9 (siehe Fig. 2) den niederohmigen Ausgangswiderstand des Regeloperationsverstärkers 10. In der zweiten Variante durchfliesst der Strom i_3 ebenfalls die Magnetisierungs-Wicklung 4b (siehe Fig. 1) und über den Ausgang 6 des Regelverstärkers 7 im zweiten Verstärker 9 (siehe Fig. 3) die Sekundärwicklung 12b des weiteren Transformators 12.

In beiden Varianten induziert dieser Strom i_3 über den Kern des Transformators 4 eine stromlose Spannung u_2 in der Rückkopplungs-Wicklung 4a, die der Referenzwechselspannung u_1 entgegenwirkt.

Es gelten folgende Gleichungen:

$$u_1 = u_2 + u_5 = u_3 + u_6 \quad (1),$$

wobei u_3 der Spannungsabfall über die Magnetisierungs-Wicklung 4b ist, und

$$u_6 = k \cdot u_5 \quad (2),$$

wobei k der Verstärkungsfaktor des Regelverstärkers 7 ist.

In der ersten Variante gemäss Fig. 2 gilt, da die Eingangsdifferenzspannung eines jeden Operationsverstärkers immer Null sein muss, unter Vernachlässigung der Eingangsströme der hochohmigen Eingänge des Regeloperationsverstärkers 10:

$$k_1 \cdot u_5 + (u_6 - k_1 \cdot u_5) \cdot R_1 / (R_1 + R_2) - u_6 \cdot R_4 / (R_3 + R_4) = 0,$$

oder mit $R_1 = R_4$ und $R_2 = R_3$,

$$k_1 \cdot u_5 - k_1 \cdot u_5 \cdot R_1 / (R_1 + R_2) = 0.$$

Da $R_1 / (R_1 + R_2)$ immer verschieden von Eins ist, muss demnach, wie bereits erwähnt, $u_5 = 0$ sein.

k_1 bezeichnet in obigen Gleichungen den Verstärkungsfaktor des ersten Verstärkers 8 und ist z.B. gleich Eins.

In der zweiten Variante gilt dagegen:

$$u_4 = k_2 \cdot u_6 - k_1 \cdot u_5 \text{ und}$$

$$u_6 = u_4 / k_3,$$

wobei k_2 den Verstärkungsfaktor des zweiten Verstärkers 9 und k_3 das Übertragungsverhältnis u_4/u_6 des weiteren Transformators 12 darstellt.

Somit gilt: $u_6 = u_4 / k_3 = (k_2 \cdot u_6 - k_1 \cdot u_5) / k_3$.

Mit der Wahl $k_2 = k_3$ ergibt sich:

$$u_6 = u_6 - (k_1 / k_2) \cdot u_5, \text{ d.h. auch hier gilt } u_5 = 0.$$

In beiden Varianten wirkt somit der Ausgang des Regelverstärkers 7 über die Magnetisierungs-Wicklung 4b dermassen in-

duktiv auf die Rückkopplungs-Wicklung 4a ein, dass die resultierende Eingangsspannung u_5 des Regelverstärkers 7 Null ist.

Da ausserdem für beide Varianten gemäss Gleichung (2) $u_6 = k \cdot u_5$ gilt, ist auch u_6 in beiden Varianten annähernd Null oder zumindest sehr klein, so dass gemäss Gleichung (1) annähernd $u_1 = u_2 = u_3$ gilt.

Der Spannungsabfall über die Rückkopplungs-Wicklung 4a wird anschliessend in eine den Windungszahlen der Ausgangs-

und Rückkopplungs-Wicklung 4c und 4a entsprechende Ausgangsspannung an der Ausgangs-Wicklung 4c übersetzt.

Der Umschalter 3, die Anzapfung A, B und C der Rückkopplungs-Wicklung 4a und die Anzapfung D, E und F der Magnetisierungs-Wicklung 4b dienen nur dazu, am Ausgang des Messspannungswandlers 1 für verschiedene Werte der Referenzwechselspannung u_1 immer eine gleich grosse Ausgangsspannung zu erhalten.

Fig. 1

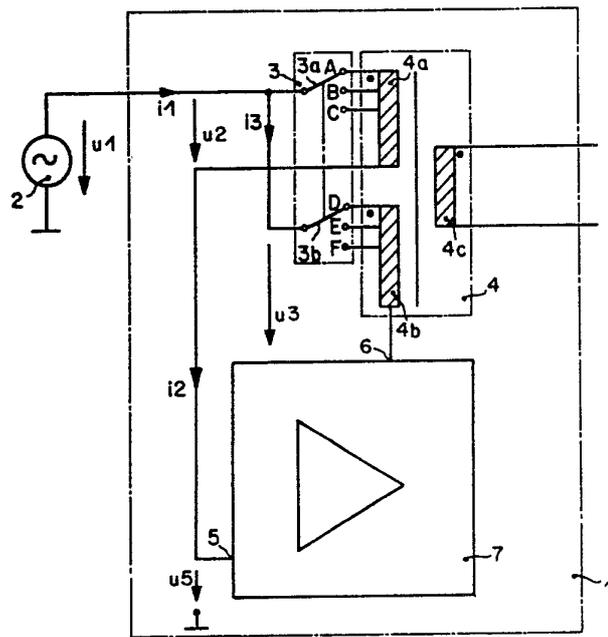


Fig. 2

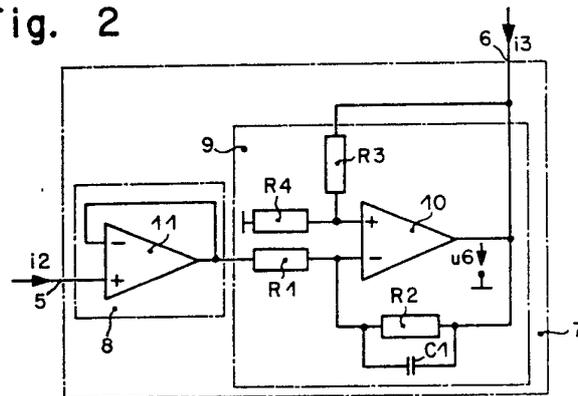


Fig. 3

