

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 R / 310 143 2

(22) 09.12.87

(44) 10.05.89

(71) VEB Nachrichtenelektronik Greifswald, Brandteichstraße 25, Greifswald, 2200, DD

(72) Stenzel, Gerd-Joachim, DD

(54) Schwellenlose Vollweggleichrichterschaltung

(55) Vollweggleichrichter, schwellenlos, Operationsverstärker, Potentialverschiebung, Nullpunktstabilisierung, Linearität

(57) Die Erfindung betrifft eine schwellenlose Vollweggleichrichterschaltung mit Operationsverstärkern, die sich aufgrund ausgezeichneter Linearität, Symmetrie, Verstärkung und Nullpunkt Konstanz besonders als Präzisionsgleichrichter für die elektronische Meßtechnik eignet. In jedem der beiden Signalwege befindet sich ein Eingangsoperationsverstärker, der über eine potentialverschiebende Anordnung aus einem während der Signalübertragungsphase vom konstanten Strom durchflossenen nichtlinearen Zweipol den für beide Signalwege wirksam und als Impedanzwandler geschalteten dritten Operationsverstärker ansteuert. Der Impedanzwandler dient zur niederohmigen Signalauskopplung des Vollweggleichrichters und ist gemeinsamer Bestandteil der sich bildenden Regelreise für die Signalanteile unterschiedlicher Polarität. Für jeden Signalweg ist ein separater Rückkopplungszweig vom Ausgang des Impedanzwandlers auf die Eingangsoperationsverstärker angeordnet. Durch die definierte Potentialverschiebung im Signalweg, die über die jeweilige Rückkopplung ausgeglichen wird, entstehen schaltungsintern in Nullpunktnähe der Eingangsspannung stabile Zustände. Die Umschaltung der Signalwege erfolgt in gegenseitig unterstützender Art, wenn das Eingangssignal den Nullpunkt mit entgegengesetzter Polarität verläßt in bezug zur vorhergehenden Polarität des Eingangssignals. Fig. 1

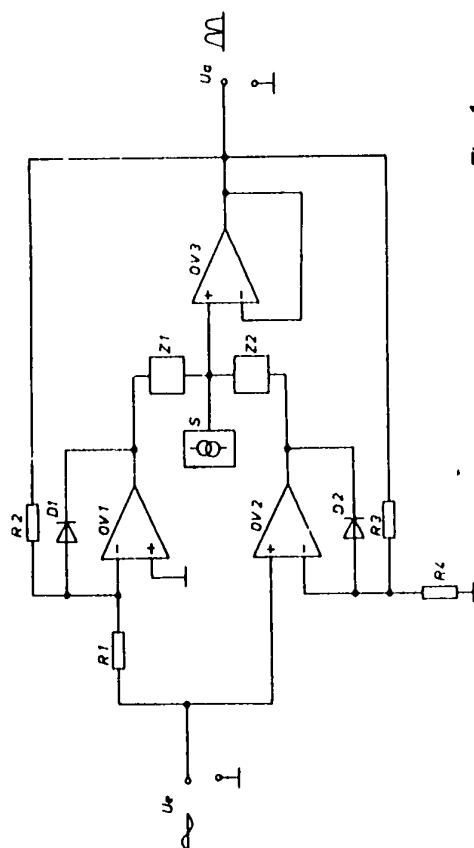


Fig. 1

Patentanspruch

1. Schwellenlose Vollweggleichrichterschaltung mit zwei Eingangsoperationsverstärkern für Eingangsspannungen unterschiedlicher Polarität, dadurch gekennzeichnet, an die Ausgänge der beiden Eingangsoperationsverstärker (OV1, OV2) jeweils ein nichtlinearer Zweipol (Z1, Z2) zur konstanten Potentialanhebung über den Aussteuerbereich der Eingangsspannung angeschlossen ist, daß die Zweipole zusammengeschaltet an den Eingang eines dritten, als Impedanzwandler arbeitenden Operationsverstärkers (OV3) geführt sind und daß der invertierende Eingang beider Eingangsoperationsverstärker jeweils über einen Rückkopplungszweig (R2, R3) mit dem Ausgang des Impedanzwandlers verbunden ist.

Hierzu 1 Seite Zeichnung

Titel der Erfindung

Schwellenlose Vollweggleichrichterschaltung

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft einen schwellenlosen Vollweggleichrichter mit verbesserten Eigenschaften hinsichtlich Symmetrie und nutzbarer Bandbreite und ist vorzugsweise für den Einsatz als Präzisionsgleichrichter in Meßanordnungen der Nachrichtentechnik vorgesehen.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Es ist allgemein bekannt, daß sich in der Meßtechnik insbesondere schwellenlose Vollweggleichrichter zur Wandlung von bipolaren Signalen in ein unipolares Signal eignen. In diesen Anordnungen wird bewußt die Wirkung der Flußspannungen der Gleichrichterdioden in den Übertragungswegen der Signalkomponenten beider Vorzeichen in der Nähe des Nullpunktes der Eingangssignale unterdrückt. Durch die DE-AS 2527658 ist eine Vollweggleichrichterschaltung mit Operationsverstärkern in voneinander getrennten Übertragungswegen, die den Eingangssignalen mit unterschiedlicher Polarität zugeordnet sind, bekannt geworden. Die Zusammensetzung des generierten unipolaren Signals erfolgt erst am Ausgang des Vollweggleichrichters.

Nachteilig bei dieser Anordnung ist die ungleiche Anzahl von Verstärkern in den Signalwegen des positiven und negativen Eingangssignals. Dies führt zwangsläufig zu unerwünschten Verzerrungen in der Nullpunktnähe bei kleinen Signalspannungen und hohen Frequenzen. Diese Einschränkung der nutzbaren Bandbreite wird zudem noch dadurch erhöht, daß in der Funktionsweise dieses Vollweggleichrichters jeweils ein Operationsverstärker pro Signalweg nicht gegengekoppelt ist und sich somit in der negativen Übersteuerung befindet.

Weiterhin wird jeweils eine Diode des Gleichrichters vom Laststrom

der Anordnung oder vom Eingangsstrom des Emitterfolgers am Ausgang des Gleichrichters durchflossen. Das hat zur Folge, daß der Arbeitspunkt der Dioden vom fließenden Strom und von der Aussteuerung abhängig ist. Diese nachteilige, von der Schaltdimensionierung abhängige, nichtlineare Gegenkopplung kann nur unterdrückt werden, wenn der Emitterwiderstand des Impedanzwandlers relativ groß gewählt ist, wodurch jedoch wiederum der Ausgangswiderstand der Gesamtanordnung unerwünscht steigt.

Bei dem weiteren bekannten Vollweggleichrichter nach DD-WP 151227 handelt es sich um eine ausgangsseitige Zusammenschaltung von zwei identisch aufgebauten Einweggleichrichtern mit je einem Operationsverstärker. An die beiden Eingänge des Gleichrichters ist das Signal direkt und mit einer 180-Grad-Phasenverschiebung angelegt.

Dieser Nachteil kann nur durch schaltungstechnische Maßnahmen aufgehoben werden. Um einen Signaleingangspunkt dieses Vollweggleichrichters zu erhalten, sind der eine Gleichrichtereingang direkt und der andere Gleichrichtereingang über einen zusätzlichen phasendrehenden Verstärker zusammenzuschalten. Auf Grund der unterschiedlichen Anzahl der Verstärkerstufen in beiden Signalzweigen ergeben sich wiederum ungünstige dynamische Eigenschaften. Eine andere Möglichkeit einen gemeinsamen Signaleingang für diesen Vollweggleichrichter zu schaffen ist eingangsseitig zusätzlich eine Schaltungsanordnung mit gegenphasigen Ausgängen anzuordnen, wie z. B. Differenzverstärker, Phasenumkehrstufe u. a. m., was die Qualität der Symmetrie der Gesamtanordnung unerwünscht beeinflusst.

Weiterhin ist der Ausgang des Gleichrichters nicht entkoppelt, so daß in Abhängigkeit vom angeschlossenen Lastwiderstand und der Aussteuerung die Flußspannung der Dioden am Ausgang und damit die Gegenkopplung beeinflusst werden. Dies verschlechtert im Bereich kleiner Signale die Linearität der Signalübertragung. Beträgt außerdem die Eingangsspannung null Volt, so ist die Gegenkopplung aufgehoben, was sich negativ auf die Nullpunktstabilität auswirkt.

In der DE-OS 3641321 ist ein Vollweggleichrichter beschrieben,

der aus zwei jeweils an ihrem Eingang und Ausgang zusammen geschaltete Einweggleichrichter für das negative und positive Eingangssignal besteht. Dieser Vollweggleichrichter verfügt über gleiche dynamische Bedingungen in beiden Signalzweigen, so daß eine hohe Bandbreite erreicht wird.

Nachteilig ist jedoch die unkonstante Gegenkopplung über den Aussteuerungsbereich. So weist dieser Vollweggleichrichter die gleichen Mängel bei der Nullpunktstabilität wie die Anordnung nach DD-WP 151227 auf.

Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht deshalb darin, mit geringem schaltungstechnischen Aufwand einen integrationsfähigen Präzisionsgleichrichter für die Meßtechnik zu schaffen, der sich durch hohe Zuverlässigkeit auszeichnet.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, die Linearität und Symmetrie bei schwellenloser Vollweggleichrichtung mit Operationsverstärkern über den gesamten Aussteuerbereich zu sichern, wobei hohe Nullpunktstabilität, große Bandbreite und Signalverstärkung gewährleistet sein müssen.

Dabei soll durch zwei schaltungsintern stabile Zustände eine im Nullpunkt wirkende Hysterese Kippschwingungen vermeiden, die durch die Übertragungskonkurrenz der den Eingangsspannungen unterschiedlicher Polarität zugeordneten Signalwege verursacht werden. Weiterhin sollen keine RC-Kompensationsschaltungen bei Verwendung intern kompensierter Operationsverstärker des Vollweggleichrichters zum Einsatz kommen, um die Integrationsfähigkeit der Schaltungsanordnung zu sichern.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß am Ausgang der beiden Eingangsoperationsverstärker des Vollweggleichrichters, die der positiven und der negativen Eingangsspannung zugeordnet sind, jeweils ein nichtlinearer Zweipol zur konstan-

ten Potentialverschiebung über den Aussteuerbereich der Eingangsspannung bzw. zur Entkopplung angeschlossen ist, daß der Verbindungspunkt der beiden Zweipole an den Eingang eines als Impedanzwandler arbeitenden dritten Operationsverstärker geschaltet ist und daß der Ausgang des Impedanzwandlers jeweils über einen Rückkopplungsweig mit den invertierenden Eingängen der Eingangsoperationsverstärker verbunden ist.

Dadurch wird erreicht, daß die für Eingangsspannungen unterschiedlicher Polarität zugeordneten Übertragungswege aus jeweils zwei hintereinanderwirkenden Operationsverstärker weitestgehend gleiche dynamische Übertragungsbedingungen haben, daß der signalübertragende Zweig von der Eingangsspannung gleich null bis zu seiner maximalen Aussteuerung durch einen Regelkreis konstant gegengekoppelt ist. Dieser Regelkreis besitzt auch im Nullpunkt ausreichende Regelreserven und Stabilität durch eine Potentialverschiebung, welche verhindert, daß die regelnde schaltkreisinterne Endstufe des Operationsverstärkers nicht in ihren mit Übernahmeverzerrungen behafteten Umsteuerpunkt kommt. Weiterhin ist der durch die Eingangsspannung abgeschaltete Zustand des anderen Signalzweiges über sein Gegenkopplungsnetzwerk und den gegenkoppelnden nichtlinearen Zweipol stabilisiert und die Übersteuerung dieses Operationsverstärkers verhindert.

Die Zweigumschaltung erfolgt, wenn das Eingangssignal den Nullpunkt mit entgegengesetzter Polarität verläßt. Der einzuschaltende Operationsverstärker wirkt dabei als beschleunigender Komparator. Dieser Prozeß wird durch beide Signalzweige solange unterstützt, bis am Schluß der Umschaltung der andere Regelkreis wirkt. Die Verstärkung des Vollweggleichrichters ist größer als eins und wie die Symmetrie mit den Widerstandsnetzwerken einstellbar. Über den Betrag der konstanten Potentialverschiebung ist die Umschalthysterese und damit die Nullpunktempfindlichkeit bzw. Nullpunkt Konstanz beeinflusbar.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung sichert dem Präzisionsgleichrichter eine hohe Übertragungsbandbreite, Linearität über den Aussteuerbereich sowie niederohmige Signalauskopplung ohne

zusätzliche Kompensationsnetzwerke, da intern kompensierte Operationsverstärker verwendet werden. Die Polarität des gleichgerichteten Signals entspricht der, die das Ausgangssignal der Eingangsoperationsverstärker im signalübertragenden Zustand hat und welche über den entsprechenden nichtlinearen Zweipol auf den Eingang des dritten Operationsverstärkers wirkt.

Ausführungsbeispiel

Nachstehend soll die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. Dabei sind in der dazugehörigen Zeichnung gemäß Fig. 1 der erfindungsgemäße schwellenlose Vollweggleichrichter dargestellt.

Gemäß Fig. 1 ist der Eingang des erfindungsgemäßen schwellenlosen Vollweggleichrichters durch die Zusammenschaltung der Eingänge des als invertierenden Verstärker arbeitenden Operationsverstärkers OV1 mit dem Spannungsteilerwiderstand R1 und des als nichtinvertierenden Verstärker geschalteten Operationsverstärkers OV2 der nichtinvertierende Eingang der Schaltungsanordnung gebildet. Die vom invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV1 ausgehende Gegenkopplung mit dem zweiten Spannungsteilerwiderstand R2 für den Operationsverstärker OV1 sowie die am invertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV2 wirkende Rückkopplung mit dem Spannungsteilerwiderstand R3 für den Operationsverstärker OV2 sind an den Ausgang des impedanzwandelnden Operationsverstärkers OV3 geführt, der den Ausgang des Vollweggleichrichters bildet.

Die wechselseitig zu bildende Regelschleife ist vom Ausgang des Operationsverstärkers OV1 über den nichtlinearen Zweipol Z1 und vom Ausgang des Operationsverstärkers OV2 über den nichtlinearen Zweipol Z2 in Abhängigkeit des Eingangsspannungsverlaufes gesteuert. Das Signal beider Verstärkerzweige wirkt über die nichtlinearen Zweipole Z1 und Z2 auf den nichtinvertierenden Eingang des Operationsverstärkers OV3. Dadurch wird erreicht, daß für den positiven Signalzweig die zwei Operationsverstärker OV1 und OV3 und für den negativen Signalzweig die zwei Operationsverstärker OV2 und OV3 wirksam werden. Durch die gleiche und

geringe Anzahl der Verstärker pro Signalzweig ist eine große Bandbreite und gute Symmetrie bei der Gleichrichtung hoher Frequenzen gesichert. Die Symmetrie wird im übrigen Frequenzbereich nur von der Übereinstimmung des Verhältnisses der Spannungsteilerwiderstände R_1 und R_2 des Eingangsoperationsverstärkers OV1 und der Spannungsteilerwiderstände R_3 und R_4 des Eingangsoperationsverstärkers OV2 bestimmt.

Desweiteren ist an den nichtinvertierenden Eingang des Impedanzwandlers OV3 die Stromsenke S angeschlossen, die im signalübertragenden Zweig mit dem nichtlinearen Zweipol Z_1 oder mit dem nichtlinearen Zweipol Z_2 eine von der Aussteuerung unabhängige konstante Potentialerhöhung erzeugt. Die Stromsenke ist sowohl aktiv als auch passiv ausführbar.

Der nicht an der Signalübertragung beteiligte nichtlineare Zweipol entkoppelt den Eingang des Impedanzwandlers OV3 von den ihm vorgeschalteten Eingangsoperationsverstärkern OV1 bzw. OV2. Der dynamische Innenwiderstand der nichtlinearen Zweipole Z_1 bzw. Z_2 während der Potentialverschiebung ist sehr klein im Verhältnis zum entkoppelnden Betrieb. Die exakte Übereinstimmung der Verschiebepotentiale der Zweipole Z_1 und Z_2 ist nicht erforderlich, da sie Bestandteile von Regelkreisen sind. Die beiden Eingangsoperationsverstärker OV1 und OV2 werden nicht übersteuert, was eine hohe Grenzfrequenz unterstützt. Bei positivem Eingangssignal wird die negative Ausgangsspannung des Operationsverstärkers OV1 durch die Begrenzerdiode D_1 auf den Betrag ihrer Flußspannung begrenzt, wobei ein von der Ausgangsspannung abhängiger und durch den Spannungsteilerwiderstand R_2 begrenzter Strom über die Begrenzerdiode D_1 in den Ausgang des Eingangsoperationsverstärkers OV1 fließt. Hierbei handelt es sich um eine zustandshaltende Mitkopplung. Eine negative Eingangsspannung führt zur Durchsteuerung der Begrenzerdiode D_2 des Eingangsoperationsverstärkers OV2. Damit ist der Eingangsoperationsverstärker OV2 mit dem aus der Begrenzerdiode D_2 und dem Spannungsteilerwiderstand R_3 so gebildeten Spannungsteiler gegengekoppelt und seine negative Ausgangsspannung auf den um die Flußspannung der Begrenzerdiode D_2 erhöhten Betrag der Eingangsspannung geregelt. Es fließt ein zu-

standsstabilisierender und ausgangssignalabhängiger Strom über den Spannungsteilerwiderstand R3 und die Begrenzerdiode D2 in den Ausgang des Eingangsoperationsverstärkers OV2.

Durch die niederohmige Signalauskopplung mit dem Impedanzwandler OV3 ist die Bandbreite nicht lastabhängig.

Für die Nullpunktkonstanz ist das hysteresesebehaftete, für eine hohe Auflösung das schnelle und empfindliche Umschalten der Übertragungswege maßgebend. Das Umschalten der Zweige erfolgt immer dann, wenn der Nullpunkt in Richtung der anderen Polarität überschritten wird im Bezug auf das Vorzeichen der Eingangsspannung vor Erreichen des Nullpunktes. Das wesentliche dieser Umschaltung geht aus der prinzipiellen Funktion hervor. Ist die Eingangsspannung null Volt und war das Eingangssignal vorher negativ, regelt der Eingangsoperationsverstärker OV1 über den nichtlinearen Zweipol Z1 und den Impedanzwandler OV3 das Ausgangssignal des schwellenlosen Vollweggleichrichters auf null Volt, wobei die Ausgangsspannung des Eingangsoperationsverstärkers OV1 um den Betrag der Potentialverschiebung größer ist. Durch das angehobene Ausgangspotential des Eingangsoperationsverstärkers OV1 liegt ein stabil arbeitender Regelkreis vor, welcher ausreichende Regelreserve bei Abweichungen des Ausgangssignals des Vollweggleichrichters für beide Polaritäten besitzt, ohne das die schaltkreisinterne Endstufe des regelnden Eingangsoperationsverstärkers OV1 in ihren mit Übernahmeverzerrungen behafteten Umsteuerpunkt kommt. Wird die Eingangsspannung positiver, folgt über den Eingangsoperationsverstärker OV1 die Unterschreitung des Nullpunktes am Ausgang des Vollweggleichrichters. Dabei wirken die steigende Eingangsspannung des Vollweggleichrichters auf den nichtinvertierenden und die fallende Ausgangsspannung des Vollweggleichrichters über den Spannungsteiler R3 und R4 auf den invertierenden Eingang des noch über den nichtlinearen Zweipol Z2 entkoppelten Eingangsoperationsverstärker OV2. Bereits im Nullpunkt war die Begrenzerdiode D2 hochohmig und die Differenzspannung des Eingangsoperationsverstärkers OV2 gleich null Volt. Die

Ausgangsspannung des Eingangsoperationsverstärkers OV2 erreicht aber noch nicht den zu überwindenden Betrag der Potentialverschiebung. Dieser Eingangsoperationsverstärker ist im Nullpunkt nicht mehr gegengekoppelt, so daß die nun über beide Eingänge des Eingangsoperationsverstärkers OV2 sich ergänzende Aussteuerung als Folge der steigenden Eingangsspannung mit der höchsten Verstärkung analog eines Komparators solange das Ausgangssignal des Eingangsoperationsverstärkers OV2 erhöht, bis über den nichtlinearen Zweipol Z2 und den Impedanzwandler OV3 der Regelkreis geschlossen ist und nun der Eingangsoperationsverstärker OV2 das Ausgangssignal des Vollweggleichrichters entsprechend dem Eingangssignal des Vollweggleichrichters ausregelt. Das positive Eingangssignal des Vollweggleichrichters und die über den nun regelnden Signalzweig ansteigende Ausgangsspannung des Vollweggleichrichters erhöhen die Differenzspannung des abschaltenden Eingangsoperationsverstärkers OV1, so daß dadurch beschleunigt die Ausgangsspannung des Eingangsoperationsverstärkers OV1 kleiner wird. Die Umschaltung erfolgt für beide Zweige in gegenseitig unterstützender Art, was einer hohen Empfindlichkeit und Stabilität dient. Ist die Eingangsspannung gleich null Volt und war sie vorher positiv, erzeugt der Eingangsoperationsverstärker OV2 über den nichtlinearen Zweipol Z2 und den Impedanzwandler OV3 das Ausgangssignal. Auch dieser Regelkreis arbeitet stabil mit ausreichender Regelreserve. Der Eingangsoperationsverstärker OV1 ist durch die hochohmige Begrenzerdiode D1 und mit dem entkoppelnden nichtlinearen Zweipol Z1 als Komparator geschaltet. Er schließt mit negativ werdender Eingangsspannung des Vollweggleichrichters seinen Regelkreis. Die negative Eingangsspannung des Vollweggleichrichters und die über den sich jetzt bildenden Signalweg ansteigende Ausgangsspannung des Vollweggleichrichters führt über die Spannungsteilerwiderstände R3 und R4 zum schnellen Anschalten des noch wirksamen Signalzweiges mit dem Eingangsoperationsverstärker OV2.

Die Spannungsteiler aus den Widerständen R1, R2 und R3, R4 bestimmen die Zweigverstärkungen, welche im allgemeinen Anwendungsfall für symmetrische Gleichrichtung im Teilungsverhältnis überein-

stimmen. Es lassen sich damit in einfacher Art und Weise Verstärkung und Symmetrie beeinflussen.

Die Linearität des Vollweggleichrichters ist von der Konstanz der Potentialverschiebung über den Aussteuerbereich der Signalamplitude zwischen dem regelnden Eingangsoperationsverstärker OV1 bzw. OV2 und dem Impedanzwandler OV3 abhängig. Damit kann die Linearität durch den Einsatz von Potentialverschiebeanordnungen, gebildet durch die Konstantstromsenke S und dem nichtlinearen Zweipol Z1 bzw. Z2, unterschiedlicher Güte den Forderungen angepaßt werden. Dementsprechend sind die nichtlinearen Zweipole Z1 und Z2 jeweils durch eine Diode oder durch eine Transistorstufe mit Emitterwiderstand oder anderen geeigneten Schaltungsanordnungen realisierbar.

Es treten keine Grenzwertüberschreitungen der Bauelementeparameter auf, wenn die Dimensionierung den aus der Meßtechnik bekannten Richtlinien entspricht.

Durch die Umpolung der Begrenzerdioden D1 und D2, der Änderung der Stromsenke S in eine Stromquelle und der Übertragungsrichtung der nichtlinearen Zweipole erzeugt der Vollweggleichrichter ein negatives Ausgangssignal.

Im praktischen Anwendungsfall ist es vorteilhaft die exemplarischen Unterschiede der Eingangsoperationsverstärker selbst auf einem Chip durch geeignete Kompensationsmaßnahmen in Übereinstimmung zu bringen.

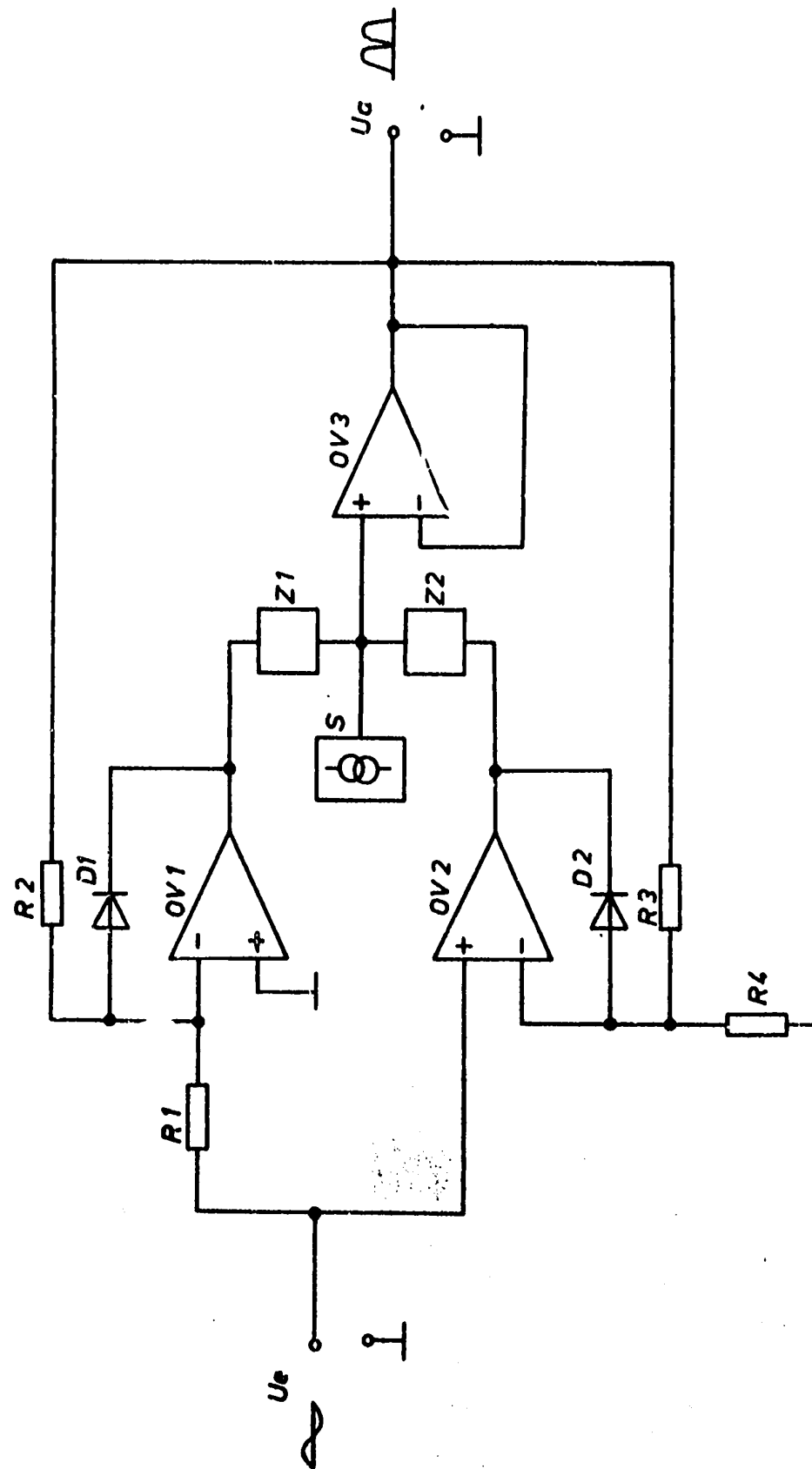


Fig. 1