

Beschreibung

STROMREGELUNGSSYSTEM UND VERFAHREN ZUR REGELUNG EINES STROMES

[0001] Die Erfindung betrifft ein Stromregelungssystem, welches zumindest einen Längszweig mit einem linearen Längsregler zur Bildung eines Stellgrößensignals umfasst, wobei der Längsregler mit einem Halbleiterstellelement verbunden ist, welches an eine auf eine Masse bezogene Speisespannung angeschlossen ist und an dem ausgangsseitig eine auf die Masse bezogene Ausgangsspannung anliegt. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines Stromes.

[0002] Es gibt zahlreiche elektrische und elektronische Anwendungen, die eine Stromregelung erforderlich machen. Beispielsweise kennt man Stromversorgungen, die zur Abgabe eines konstanten Stromes an eine oder mehrere angeschlossene Lasten eine Stromregelung aufweisen.

[0003] Des Weiteren sind elektronische Sicherungen bekannt, mittels derer ein oder mehrere an eine Stromversorgung angeschlossene Lastzweige abgesichert werden. Tritt in einem Lastzweig ein Fehler (z.B. Kurzschluss) auf, begrenzt die elektronische Sicherung für kurze Zeit (z.B. wenig Millisekunden) den Strom mittels Stromregelung und schaltet dann ab. Die anderen Lastzweige werden weiterhin von der Stromversorgung versorgt. Auch für kurzzeitige Überströme, z.B. infolge eines Einschaltvorgangs, begrenzen elektronische Sicherungen den Strom auf einen vorgegebenen Wert.

[0004] Bei derartigen Anwendungsfällen, die nur eine kurzzeitige Strombegrenzung bzw. Stromregelung vorsehen, werden zumeist einfache lineare Längsregler eingesetzt. Solche Längsregler steuern ein Halbleiterstellelement, welches kurzzeitig Energie aufnimmt, um den Strom durch eine angeschlossene fehlerhafte Last auf einem vorgegebenen Wert zu halten. Der schematische Aufbau eines entsprechenden Stromregelungssystems ist in Fig. 1 dargestellt. An eine Speisespannung ist dabei ein Längszweig zur Regelung eines Stromes durch eine angeschlossene Last vorgesehen.

[0005] Ein Referenzwert bzw. Sollwert für die Stromregelung bezieht sich ebenso wie ein Strommesswert auf die Ausgangsspannung, welche an der angeschlossenen Last abfällt. Der Längsregler wird dabei von einer Hilfsspannung versorgt, welche als Bezugspotenzial ebenfalls die Ausgangsspannung aufweist. Die Hilfsspannung dient zur Erzeugung eines ausreichend hohen Stellgrößensignals zwischen einem Steueranschluss (Gate) und einem Ausgangsanschluss (Source) des Halbleiterstellelements.

[0006] Sind beispielsweise mehreren Längszweigen parallel an eine Speisespannung geschalteten, muss für jeden Längsregler eine eigene Hilfsspannung vorgesehen werden, da jede Hilfsspannung in der Regel eine andere Ausgangsspannung als Bezugspotenzial aufweist.

[0007] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, für ein Stromregelungssystem der eingangs genannten Art eine Verbesserung gegenüber dem Stand der Technik anzugeben. Des Weiteren soll ein entsprechend verbessertes Stromregelungsverfahren angegeben werden.

[0008] Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst mit einem Stromregelungssystem gemäß Anspruch 1 und einem Verfahren gemäß Anspruch 7.

[0009] Dabei beziehen sich ein dem Längsregler zugeführtes Referenzsignal, ein Strommesssignal und das Stellgrößensignal auf die Masse, wobei das Stellgrößensignal einem Differenzbildner zugeführt ist, welcher zum Stellgrößensignal die Ausgangsspannung addiert und die Speisespannung subtrahiert und wobei das auf diese Weise gebildete Ausgangssignal des Differenzbildners dem Halbleiterstellelement als korrigiertes Stellgrößensignal zugeführt ist. Auf diese Weise wird ausgeschlossen, dass das Stromregelungssystem aufgrund von Impedanzen in der Regelstrecke zu schwingen beginnt. Die Frequenz einer derartigen Schwingung würde über der Grenzfrequenz des Längsreglers liegen. Da die Korrektur des Stellgrößensignals mittels Differenzbildner aufgrund der einfachen Rechenoperation nahezu unverzögert geschieht, wird

durch die Ansteuerung des Halbleiterstellelements mit dem korrigierten Stellgrößensignal ein Schwingen der Regelstrecke verhindert, indem die Spannung zwischen Steueranschluss und Ausgangsanschluss des Halbleiterstellelements im Wesentlichen unverändert bleibt, bis der Längsregler ein verändertes Stellgrößensignal vorgibt.

[0010] In einer einfachen Ausführung ist der Längsregler an eine Hilfsspannung angeschlossen, welche sich auf die Masse bezieht. Dabei ist es vorteilhaft, wenn die Hilfsspannung an einer Hilfsversorgung anliegt, welche in Serie zur Speisespannung angeordnet ist. Auf diese Weise wird die Speisespannung zur Versorgung des Längsreglers mitgenutzt, um für das Stellgrößensignal einen höheren Pegel als die Speisespannung zu erreichen. Ein solcher höherer Pegel ist für die Ansteuerung des Halbleiterstellelements erforderlich.

[0011] Zur Bildung des Strommesssignals ist vorteilhafterweise ein Stromverstärker vorgesehen, der an die Hilfsspannung angeschlossen ist und der mit Messpunkten vor und nach einem dem Halbleiterstellelement nachgeschalteten Shuntwiderstand verbunden ist. Ein Shuntwiderstand bildet eine einfache Möglichkeit, eine genaue und reaktionsschnelle Strommessung durchzuführen, welche von äußeren Faktoren wie einer Umgebungstemperatur unabhängig ist.

[0012] Das Halbleiterstellelement ändert seinen Durchgangswiderstand in Abhängigkeit des am Steueranschluss anliegenden Stellgrößensignals. Von Vorteil ist dabei der Einsatz einfacher Bauelemente wie gewöhnliche Bipolartransistoren, Feldeffekttransistoren (z.B. MOS-FET) oder Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (IGBT).

[0013] Besonders vorteilhaft ist es, wenn mehrere Längszweige vorgesehen sind, welche an eine Speisespannung angeschlossen sind und eine gemeinsame Hilfsspannung zur Versorgung der jeweiligen Längsregler aufweisen. Durch den gemeinsamen Bezug der Strommesssignale und Referenzsignale auf die Masse ist es nicht mehr erforderlich, jeden Längsregler mit einer eigenen Hilfsspannung zu versorgen.

[0014] Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Regelung eines Stromes sieht vor, dass einem Längsregler ein Strommesssignal und ein Referenzsignal zugeführt werden und in Abhängigkeit der Differenz dieser beiden Signale eine Stellgröße gebildet wird, wobei der zu regelnde Strom durch eine Widerstandsänderung eines zwischen einer Speisespannung und einer Ausgangsspannung angeordneten Halbleiterstellelements beeinflusst wird. Des Weiteren beziehen sich das Referenzsignal und das Strommesssignal auf eine Masse und die Stellgröße wird mittels eines Differenzbildners in der Weise korrigiert, dass die Differenz der Speisespannung weniger der Ausgangsspannung von der Stellgröße abgezogen wird.

[0015] Die Bildung der korrigierten Stellgröße geschieht dabei nahezu unverzögert, wodurch auch bei schnellen Änderung der Ausgangsspannung oder Speisespannung der Regelkreis stabil gehalten wird, wenn aufgrund des Bezugs des Strommesssignals und des Referenzsignals auf die Masse eine Mitkopplung einer Leitungsimpedanz im Längszweig auftritt.

[0016] Die Erfindung wird nachfolgend in beispielhafter Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Figuren erläutert. Es zeigen in schematischer Darstellung:

[0017] Fig. 1 Stromregelungssystem mit einem Längsregler nach dem Stand der Technik

[0018] Fig. 2 Stromregelungssystem mit erfindungsgemäßer Stellgrößenkorrektur

[0019] Fig. 3 Stromregelungssystem mit zwei Längszweigen

[0020] Bei dem in Fig. 1 dargestellten bekannten Stromregelungssystem ist eine Gleichstromquelle DC vorgesehen, welche mit einem Anschluss an eine Masse angeschlossen ist und an deren anderem Anschluss eine Speisespannung U_{in} anliegt. Parallel zur Gleichstromquelle ist ein Kondensator C_{in} zur Spannungsglättung angeordnet.

[0021] An die Speisespannung U_{in} ist ein Halbleiterstellelement 2 angeschlossen, wobei die Leitung zwischen der Gleichstromquelle DC und dem Halbleiterstellelement 2 eine Impedanz Z_L aufweist. Das Halbleiterstellelement 2 ist beispielsweise als normal sperrender n-Kanal MOS-FET mit einem Gate-Anschluss G, einem Drain-Anschluss D und einem Source-Anschluss S

ausgebildet. Der Source-Anschluss S ist dabei über eine parasitäre Diode mit dem Drain-Anschluss D verbunden. In diesem Fall ist der Drain-Anschluss an die Speisespannung U_{in} angeschlossen.

[0022] Am Gate-Anschluss G liegt ein Stellgrößensignal eines Linearreglers 1 an. Der Source-Anschluss S ist mit einem Ausgang verbunden, an dem eine Ausgangsspannung U_{out} anliegt und an den ein Anschluss einer Last 4 angeschlossen ist. Ein zweiter Anschluss der Last 4 ist mit der Masse verbunden. Zwischen dem Source-Anschluss S und dem Ausgang ist ein Shuntwiderstand R_{Sh} zur Strommessung angeordnet.

[0023] Vor und nach dem Shuntwiderstand R_{Sh} sind Kontaktpunkte mit den Eingängen eines Stromverstärkers 3 verbunden. Der Stromverstärker 3 liefert an seinem Ausgang ein Strommesssignal, das dem Längsregler 1 zugeführt ist.

[0024] Versorgt werden der Stromverstärker 3 und der Längsregler 1 mittels einer Hilfsversorgung U_H , welche sich auf die Ausgangsspannung U_{out} bezieht.

[0025] Dem Linearregler 1 ist zudem ein Referenzsignal zur Vorgabe eines Sollstromwertes I_{soll} zugeführt, wobei sich dieses Referenzsignal ebenfalls auf die Ausgangsspannung U_{out} bezieht.

[0026] Das Halbleiterschaltelement 2 ist im störungsfreien Betrieb selbstleitend, sodass die Ausgangsspannung U_{out} unter Vernachlässigung der Bauteil- und Leitungsverluste in etwa der Speisespannung U_{in} entspricht. Das Stellgrößensignal liegt dabei unterhalb der Schwellspannung des Halbleiterschaltelements 2.

[0027] Steigt infolge einer Störung der Strom über den vorgegebenen Stromsollwert I_{soll} an, beginnt der Regler zu arbeiten. Das Stellgrößensignal steigt über die Schwellspannung des Halbleiterschaltelements 2, sodass der Durchgangswiderstand vom Drain- zum Sourceanschluss des Halbleiterschaltelements 2 ansteigt. Es versteht sich von selbst, dass die maximal zulässige Dauer einer derartigen Strombegrenzung von den thermischen Gegebenheiten abhängt. Üblicherweise ist es möglich, auf diese Weise einen Strom über mehrere Sekunden hinweg auf einen vorgegebenen Sollwert zu regeln, bevor das Halbleiterschaltelement 2 Schaden nimmt.

[0028] Um beispielsweise mehrere parallel angeordnete Längszweige mittels einer Hilfsspannung zu versorgen ist es wünschenswert, die Hilfsspannung sowie die einzelnen Referenz- und Strommesssignale auf eine gemeinsame Masse zu beziehen. Damit ist zwar die gewünschte Unabhängigkeit von den in der Regel unterschiedlich großen Ausgangsspannungen der einzelnen Längszweige erreicht, allerdings bewirkt eine Ausgangsspannungsänderung in einem Längszweig wegen der Leitungsimpedanz Z_L eine Mitkopplung in der Regelschleife.

[0029] Sinkt zum Beispiel bei einem Lastsprung die Ausgangsspannung bzw. die Spannung am Source-Anschluss des entsprechenden Halbleiterbauelements ab, steigt dadurch zwangsläufig die Spannung zwischen Gate- und Source-Anschluss, weil das auf die Masse bezogene Stellwertsignal infolge der Leitungsimpedanz Z_L nicht synchron zur Ausgangsspannung abfällt. Diese Mitkopplung führt zu einem instabilen Regelkreis und verursacht eine dauernde Schwingung des Stromes.

[0030] Um den Einfluss der Mitkopplung im Regelkreis auszuschalten, wird erfindungsgemäß eine Stellgrößenkorrektur vorgenommen. Eine entsprechende Anordnung ist in Fig. 2 dargestellt.

[0031] Die Grundschaltung besteht aus einem Längskreis, wobei eine Last 4 über ein Hilfsschaltelement 2 an eine Speisespannung U_{in} angeschlossen ist. Der Stromkreis schließt sich über eine Masse als gemeinsames Bezugspotenzial der Speisespannung U_{in} und der an der Last 4 abfallenden Ausgangsspannung U_{out} .

[0032] Das Hilfsschaltelement 2 ist wie in Fig. 1 zum Beispiel als MOS-FET ausgebildet, wobei der Drain-Anschluss D mit der Speisespannung U_{in} und der Source-Anschluss S mit dem Ausgang, an dem die Ausgangsspannung U_{out} anliegt, verbunden ist. Dabei ist zwischen dem Source-Anschluss S und dem Ausgang ein Shuntwiderstand R_{Sh} angeordnet. Die Kontaktpunk-

te vor und nach dem Shuntwiderstand sind mit den Eingängen eines Stromverstärkers 3 verbunden. Versorgt wird der an die Masse angeschaltete Stromverstärker 3 mit einer Hilfsspannung, welche an einer zur Speisespannung in Serie angeordneten Hilfsversorgung U_H anliegt. Das Strommesssignal am Ausgang des Stromverstärkers 3 bezieht sich somit ebenso wie die Hilfsspannung auf die Masse als gemeinsames Bezugspotenzial der Speisespannung U_{in} und der an der Last 4 abfallenden Ausgangsspannung U_{out} .

[0033] Einem Längsregler 1, der wie der Stromverstärker 3 mit der Hilfsspannung versorgt wird, sind eingangsseitig das Strommesssignal und ein Referenzsignal zugeführt. Das Referenzsignal bezieht sich ebenso wie das Strommesssignal auf die Masse und gibt den Sollstromwert I_{soll} vor. Am Ausgang des Längsreglers 1 liegt somit ein auf die Masse bezogenes Stellgrößensignal u an, welches einem Differenzbildner 5 zugeführt ist. Der Differenzbildner 5 ist zudem mit der Speisespannung U_{in} und der Ausgangsspannung U_{out} verbunden und erzeugt ein korrigiertes Stellgrößensignal u' gemäß folgender Beziehung:

$$\mathbf{[0034]} \quad u' = u - (U_{in} - U_{out})$$

[0035] Erfindungsgemäß ist der Gate-Anschluss G des Halbleiterstellelements 2 mit diesem korrigierten Stellgrößensignal u' beaufschlagt.

[0036] Der Differenzbildner 5 ist günstigerweise als einfache analoge Schaltung aufgebaut, sodass eine nahezu verzögerungsfreie Korrektur des Stellgrößensignals u erfolgt, sobald eine Änderung der Ausgangsspannung U_{out} oder der Speisespannung U_{in} auftritt. In jedem Fall erfolgt die Korrektur um ein Vielfaches schneller als eine Anpassung des Stellgrößensignals u durch den Längsregler 1.

[0037] Die Mitkopplung der Impedanz Z_L wird also durch die sofortige Korrektur des Stellgrößensignals u vermieden. Die Korrektur entspricht dabei der durch die Impedanz Z_L hervorgerufenen Differenz der Speisespannung U_{in} weniger der Ausgangsspannung U_{out} , wodurch die Spannung zwischen Gate- und Source-Anschluss des Halbleiterstellelements 2 im Wesentlichen unverändert bleibt, bis der Längsregler 1 ein verändertes Stellgrößensignal u vorgibt. Der Regelkreis ist somit stabil und es kommt zu keinem Schwingen des Stromes.

[0038] In Fig. 3 sind zwei Längszweige mit unterschiedlichen Ausgangsspannungen U_{1out} , U_{2out} dargestellt. Die Längskreise werden von einer gemeinsamen Speisespannung U_{in} versorgt, zu welcher eine Hilfsversorgung U_H in Reihe geschaltet ist. Jeder Längskreis umfasst ein eigenes Halbleiterstellelement 2_1 bzw. 2_2 , welches den Strom im Falle eines Kurzschlusses der jeweils angeschlossenen Last 4_1 bzw. 4_2 oder im Falle einer kurzzeitigen Überlast auf einen vorgegebenen Stromsollwert I_{1soll} bzw. I_{2soll} begrenzt. Zur Strommessung umfasst jeder Längszweig einen eigenen Shuntwiderstand R_{1Sh} bzw. R_{2Sh} .

[0039] Gesteuert wird jedes Halbleiterstellelement 2_1 bzw. 2_2 mittels eines korrigierten Stellgrößensignals u_1' bzw. u_2' , welches am Ausgang eines jeweiligen Differenzbildners 5_1 bzw. 5_2 anliegt. Der jeweilige Differenzbildner 5_1 bzw. 5_2 korrigiert das vom jeweiligen Längsregler 1_1 bzw. 1_2 vorgegebene Stellgrößensignal u_1 bzw. u_2 entsprechend der jeweiligen im Längszweig auftretenden Impedanz Z_{1L} bzw. Z_{2L} .

[0040] Infolge dessen, dass alle Strommesssignale, Referenzsignale und Stellwertsignale u_1 , u_2 auf eine gemeinsame Masse bezogen sind, wird bei mehreren parallel geschalteten Längszweigen nur mehr eine einzigen Hilfsspannung benötigt, an die alle Längsregler 1_1 , 1_2 und Stromverstärker 3_1 , 3_2 angeschlossen sind. Dabei versteht es sich von selbst, dass auf diese Weise mehr als die zwei in Fig. 3 dargestellten Längszweige parallel geschaltet werden können.

Patentansprüche

1. Stromregelungssystem, welches zumindest einen Längszweig mit einem linearen Längsregler (1, 1₁, 1₂) zur Bildung eines Stellgrößensignals (u , u_1 , u_2) umfasst, wobei der Längsregler (1, 1₁, 1₂) mit einem Halbleiterstellelement (2, 2₁, 2₂) verbunden ist, welches an eine auf eine Masse bezogene Speisespannung (U_{in}) angeschlossen ist und an dem ausgangseitig eine auf die Masse bezogene Ausgangsspannung (U_{out} , U_{1out} , U_{2out}) anliegt **dadurch gekennzeichnet**, dass sich ein dem Längsregler (1, 1₁, 1₂) zugeführtes Referenzsignal, ein Strommesssignal und das Stellgrößensignal (u , u_1 , u_2) auf die Masse beziehen, dass das Stellgrößensignal (u , u_1 , u_2) einem Differenzbildner (5, 5₁, 5₂) zugeführt ist, welcher vom Stellgrößensignal (1, 1₁, 1₂) die Differenz der Speisespannung (U_{in}) weniger der Ausgangsspannung (U_{out} , U_{1out} , U_{2out}) abzieht und dass das auf diese Weise gebildete Ausgangssignal des Differenzbildners (5, 5₁, 5₂) dem Halbleiterstellelement (2, 2₁, 2₂) als korrigiertes Stellgrößensignal (u' , u_1' , u_2') zugeführt ist.
2. Stromregelungssystem nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Längsregler (1, 1₁, 1₂) an eine Hilfsspannung angeschlossen ist, welche sich auf die Masse bezieht.
3. Stromregelungssystem nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Hilfsspannung an einer Hilfsversorgung (U_H) anliegt, welche in Serie zur Speisespannung (U_{in}) angeordnet ist.
4. Stromregelungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, dass zur Bildung des Strommesssignals ein Stromverstärker (3, 3₁, 3₂) vorgesehen ist, der an die Hilfsspannung angeschlossen ist und der mit Messpunkten vor und nach einem dem Halbleiterstellelement (2, 2₁, 2₂) nachgeschalteten Shuntwiderstand (R_{Sh} , R_{1Sh} , R_{2Sh}) verbunden ist.
5. Stromregelungssystem nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Halbleiterstellelement (2, 2₁, 2₂) ein bipolarer Transistor, ein Feldeffekttransistor oder ein Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode vorgesehen ist.
6. Stromregelungssystem nach einem der Ansprüche 2 bis 5, **dadurch gekennzeichnet**, dass mehrere Längszweige vorgesehen sind, welche an eine Speisespannung (U_{in}) angeschlossen sind und eine gemeinsame Hilfsspannung zur Versorgung der jeweiligen Längsregler (1₁, 1₂) aufweisen.
7. Verfahren zur Regelung eines Stromes, bei welchem einem linearen Längsregler (1, 1₁, 1₂) ein Strommesssignal und ein Referenzsignal zugeführt werden und in Abhängigkeit der Differenz dieser beiden Signale eine Stellgröße gebildet wird, wobei der zu regelnde Strom durch eine Widerstandsänderung eines zwischen einer Speisespannung (U_{in}) und einer Ausgangsspannung (U_{out} , U_{1out} , U_{2out}) angeordneten Halbleiterstellelements (2, 2₁, 2₂) beeinflusst wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass sich das Referenzsignal und das Strommesssignal auf eine Masse beziehen und die Stellgröße mittels eines Differenzbildners (5, 5₁, 5₂) in der Weise korrigiert wird, dass die Differenz der Speisespannung (U_{in}) weniger der Ausgangsspannung (U_{out} , U_{1out} , U_{2out}) von der Stellgröße abgezogen wird.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

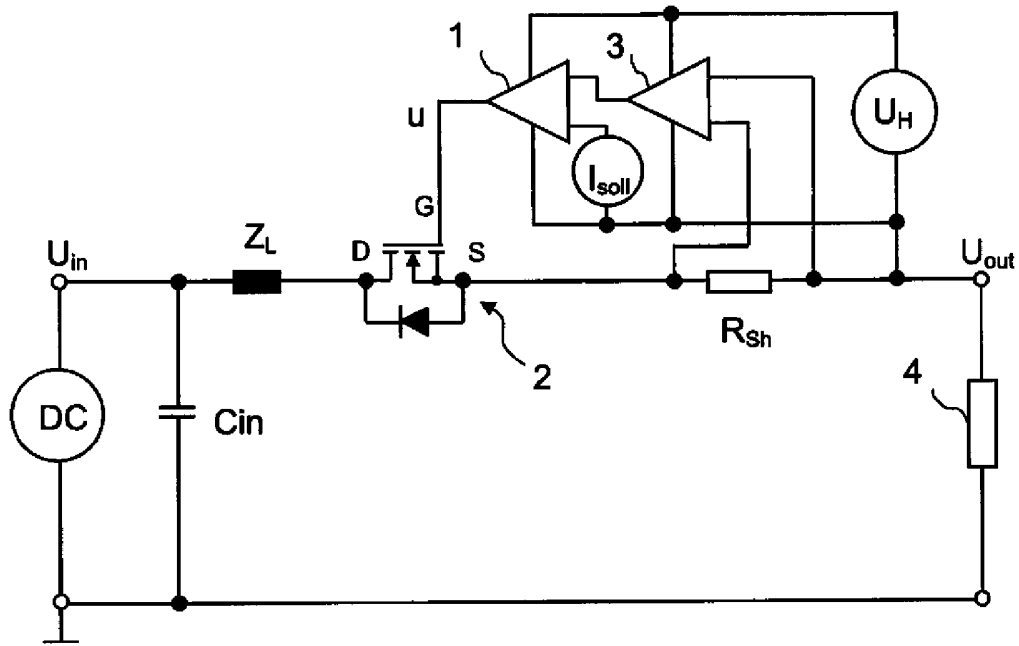


Fig. 1 (Stand der Technik)

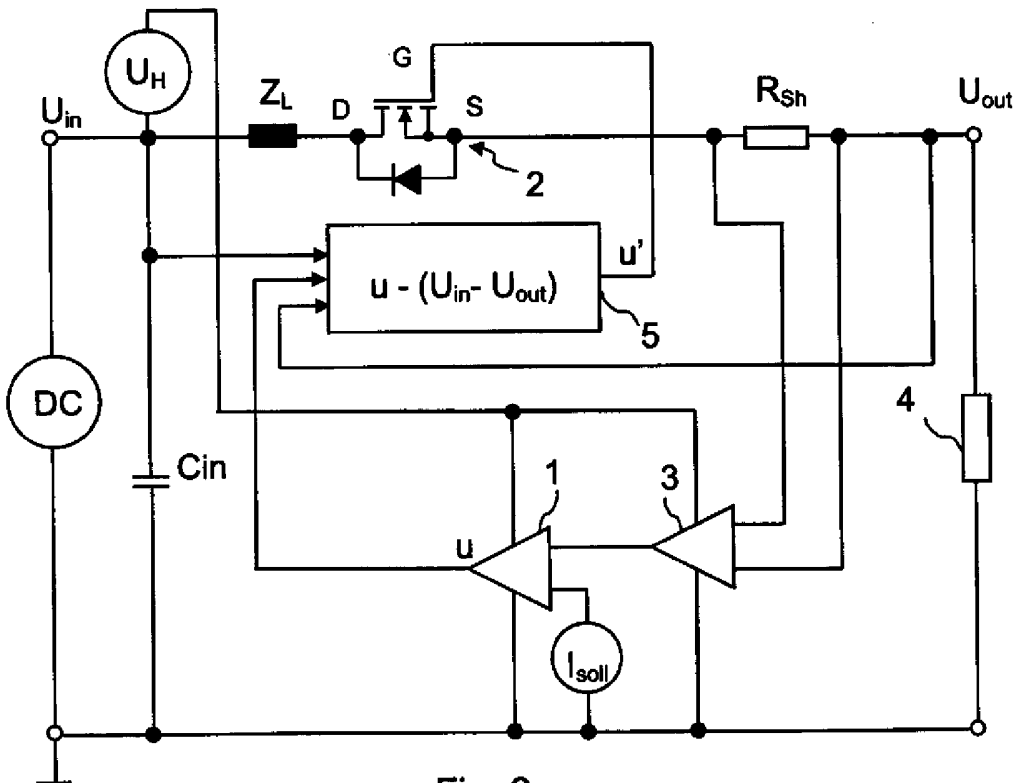


Fig. 2

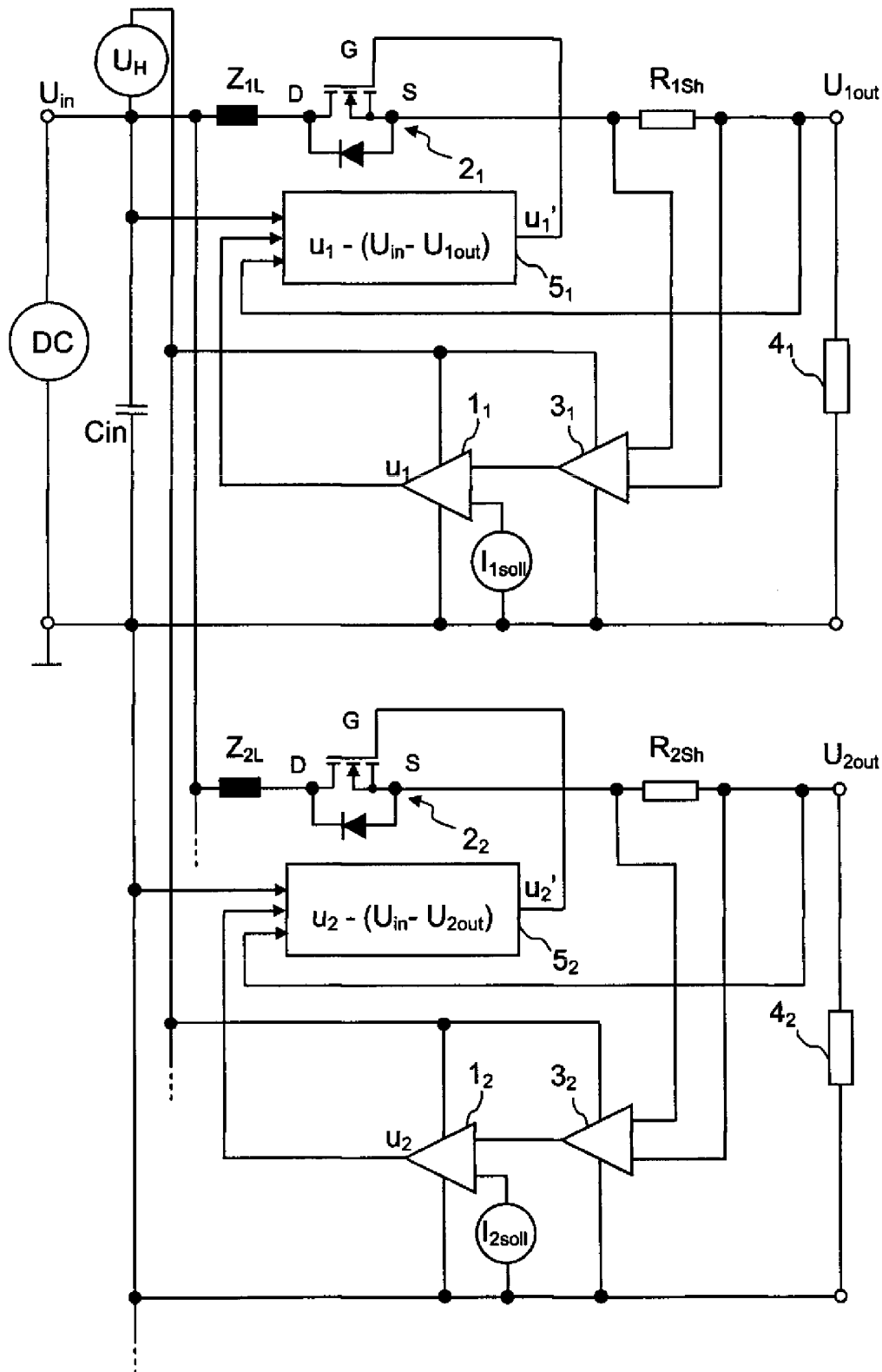


Fig. 3