



(19)

REPUBLIK
ÖSTERREICH
Patentamt

(10) Nummer: **AT 410 867 B**

(12)

PATENTCHRIFT

(21) Anmeldenummer: A 560/2001
(22) Anmeldetag: 06.04.2001
(42) Beginn der Patentdauer: 15.12.2002
(45) Ausgabetag: 25.08.2003

(51) Int. Cl.⁷: **H02H 7/00**

(73) Patentinhaber:
SIEMENS AG ÖSTERREICH
A-1210 WIEN (AT).

(72) Erfinder:
HALLAK JALAL DIPL.ING.
WIEN (AT).
SCHWEIGERT HARALD ING.
WIEN (AT).

(54) SPANNUNGSVERSORGUNG MIT ABSCHALTSICHERUNG

AT 410 867 B

(57) Spannungsversorgung, bei welcher eine Speisespannung (U_s) über zumindest einen Längszweig zu zumindest einem Ausgang geführt ist, wobei der zumindest eine Zweig eine als gesteuerten Halbleiterschalter (SW1) ausgebildete Abschaltsicherung aufweist und eine Überwachungseinheit (UWE) dazu eingerichtet ist, bei Änderungen von Spannungen oder Strömen über vorgebbare Toleranzwerte an den Halbleiterschalter ein Abschaltesignal (s_1) zu liefern, bei welcher dem Halbleiterschalter (SW1) zumindest ein von der Überwachungseinheit (UWE) angesteuerter Hilfs-Halbleiterschalter (H1A) parallel geschaltet ist, welcher im Überlastfall einen wesentlichen Anteil des in dem Zweig vorhandenen Überlaststroms übernimmt.

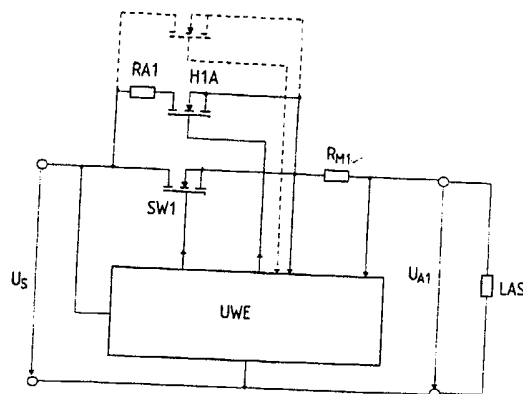


Fig. 2

Die Erfindung bezieht sich auf eine Spannungsversorgung, bei welcher eine Speisespannung über zumindest einen Längszweig zu zumindest einem Ausgang geführt ist, wobei der zumindest eine Zweig eine als gesteuerten Halbleiterschalter ausgebildete Abschaltsicherung aufweist und eine Überwachungseinheit dazu eingerichtet ist, bei Änderungen von Spannungen oder Strömen über vorgebbare Toleranzwerte an den Halbleiterschalter ein Abschaltesignal zu liefern.

In Industrieanlagen und in automatisierten Anlagen ist es von besonderer Bedeutung, dass die Speisespannungen den einzelnen Verbrauchern oder Verbrauchergruppen nach besonderen Sicherheitskriterien zugeführt werden. Insbesondere müssen informationsverarbeitende Teile eines Steuerungssystems, z.B. Mikroprozessorbaugruppen, im Fehlerfall vorrangig mit der benötigten Energie versorgt werden. Bei vielen Industrieanwendungen beträgt die Speisespannung 24-Volt-Gleichspannung, doch sind auch andere Gleichspannungswerte üblich und auch Wechselspannungen, z.B. 115, 230 oder 24 Volt, in Verwendung.

Bei Kurzschlüssen oder Überlasten in Teilbereichen eines Steuerungssystems, z.B. in der Ausgabeperipherie, kann es leicht zu einem, meist zwar nur kurzen Gesamtausfall der Speisespannung des Steuerungssystems kommen, was oft zu einem Datenverlust in den von der Speisespannung versorgten zentralen Steuerungseinheiten führt.

Der zunehmende Einsatz von Schaltnetzteilen, d.h. getakteter Stromversorgungen, aktualisiert dieses Problem, da wegen der empfindlichen Elektronik die internen Regelkreise den Ausgangsstrom auf Werte begrenzen, welche nur geringfügig über dem Nennstrom liegen. Insbesondere besteht das Problem, dass übliche Sicherungen für die einzelnen Ausgänge nicht in ausreichend kurzer Zeit abschalten können. Zum raschen Abschalten benötigen Sicherungen oder Leistungsschutzschalter oft ein Vielfaches ihres Nennstromes. Diesen können die Schaltnetzteile jedoch nicht zusätzlich zu der übrigen Last liefern, sodass die gesamte Speisespannung einbricht - noch bevor eine Sicherung auslöst und der fehlerhafte Ausgang bzw. Zweig weggeschaltet wird.

Gemäß der älteren Anmeldung PCT/AT 00/00318 der Anmelderin wird daher die eingangs erwähnte Verwendung von gesteuerten Halbleiterschaltern vorgesehen. Eine derartige Schaltung ist nachstehend anhand der Fig. 1 erläutert.

Gemäß Fig. 1 liefert ein getakteter Spannungswandler SPW eine Ausgangs- oder Speisespannung U_s , beispielsweise 24 Volt, gegen Masse. Solche Spannungswandler oder Schaltnetzteile sind dem Fachmann in einer Vielzahl von Ausführungen bekannt und bilden an sich nicht den Gegenstand der Erfindung. Meist wird eine Eingangswechselspannung, z.B. 230 Volt, gleichgerichtet und die entstehende Gleichspannung wird über einen getakteten Schalter einer Primärwicklung eines Transformators zugeführt. Sekundärseitig erfolgt wieder eine Gleichrichtung auf die Speisespannung. Der Spannungswandler SPW arbeitet beispielsweise als Sperr- oder Flusswandler und ist meist auf konstante Ausgangsspannung geregelt. Es soll aber betont werden, dass die Erfindung nicht auf bestimmte Wandler eingeschränkt ist und dass die Speisespannung beispielsweise auch eine geregelte oder ungeregelte Wechselspannung sein kann.

Die Speisespannung U_s ist einem ersten Ausgang A_1 über eine herkömmliche Sicherung $Si1$, einen gesteuerten Schalter $SW1$ und über einen Messwiderstand R_{M1} zugeführt. An dem Ausgang A_1 liege die Ausgangsspannung U_{A1} . In gleicher Weise ist die Speisespannung U_s einem Ausgang $A2$ sowie einem Ausgang A_3 zugeführt. Die Sicherungen $S_{i1} - S_{i3}$ sind z.B. Schmelzsicherungen und sind vor allem dann vorgesehen, wenn dies übliche Sicherheitsbestimmungen, vor allem hinsichtlich des Brandschutzes, verlangen. Für die Funktion der Erfindung sind sie jedoch ohne Belang.

Einer Überwachungseinheit UWE ist einerseits die Speisespannung U_s zugeführt, die in einem Komparator KOM mit einer Referenzspannung U_{Ref} verglichen wird, andererseits jede der an den Messwiderständen auftretenden, den Ausgangsströmen proportionalen Spannungen, z. B. U_{i3} , zum Vergleich in Schaltverstärkern, z.B. SV_3 . Die gezeigte Schaltung ermöglicht, verbunden mit einer hier nicht gezeigten Folgesteuerung, ein selektives Abschalten von Ausgängen bei Einbrüchen der Speisespannung, entsprechend vorgegebenen Prioritäten, bzw. ein Abschalten einzelner Zweige bei Überstrom. Es ist auch möglich, zusätzlich oder alternativ die Ausgangsspannungen $U_{A1} \dots U_{A3}$ zu überwachen und für Abschaltvorgänge heranzuziehen. Der jeweilige Schaltzustand kann z.B. durch Lämpchen $L1 \dots L3$ angezeigt werden.

Im normalen Betrieb befindet sich ein Schalttransistor eines Längszweiges in einem Betriebszustand, in dem ein nur geringer Spannungsabfall an ihm auftritt, d. h. der Transistor befindet sich

in der Sättigung mit einer Längsspannung von z.B. deutlich unter einem Volt. Entsprechend ist die Verlustleistung des Transistors nicht allzu groß. Auf eine solche Dauerverlustleistung ist auch die Kühlung ausgelegt.

5 Falls nun der eingestellte Grenzstrom überschritten wird, beginnt der Transistor - zusammen mit der Überwachungsschaltung - den Ausgangsstrom konstant zu halten, um die Speisequelle nicht zu sehr zu belasten und damit einen Absturz des Gesamtsystems zu provozieren. Der Sättigungszustand wird verlassen und dadurch wird nun eine hohe Verlustleistung in dem Transistor umgesetzt, nämlich im Extremfall der Kurzschlussstrom mal Speisespannung. Da der Transistor, z.B. vom MOSFET-Typ, bereits im Normalbetrieb erwärmt wurde, ist die Aufnahme der zusätzli-
10 chen Verlustleistung im Begrenzungszustand problematisch. Dazu kommt, dass der Begrenzungszustand eine kurze Zeitspanne, beispielsweise 50 -100 ms, andauert, dann tritt das Abschalten ein. In dieser kurzen Zeit kann die Wärme gar nicht an einen Kühlkörper weitergeleitet werden und muss daher von dem Transistor-Chip aufgenommen werden.

Um eine Zerstörung des Schalttransistors vor dem Abschalten zu vermeiden, müssen daher
15 Transistoren mit sehr großen Chipflächen eingesetzt werden, was zu hohen Kosten führt.

Eine Aufgabe der Erfindung liegt somit in der Schaffung einer Spannungsversorgung, bei welcher die Problematik einer teuren Überdimensionierung des Halbleiterschalters nicht mehr gegeben ist.

20 Diese Aufgabe wird, ausgehend von einer Spannungsversorgung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass dem Halbleiterschalter zumindest ein von der Überwachungseinheit angesteuerter Hilfs-Halbleiterschalter parallel geschaltet ist, welcher im Überlastfall einen wesentlichen Anteil des in dem Zweig vorhandenen Überlaststromes übernimmt.

Dank der Erfindung wird somit der thermische "Stoss" vor dem Abschalten kurzfristig auf den
25 Hilfstransistor übergeleitet, der zu diesem Zweck ohne die erwähnte Grunderwärmung zur Verfügung steht.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn in Serie mit dem Hilfs-Halbleiterschalter ein Ballastwiderstand geschaltet ist. Dadurch wird der größte Teil der Wärme in dem Ballastwiderstand umgesetzt und der Hilfs-Halbleiterschalter kann auf eine geringere Verlustleistung dimensioniert werden und
30 daher billiger sein. Dabei ist es empfehlenswert, wenn der vorgebbare Kurzschlussstrom des Zweiges im wesentlichen durch den Ballastwiderstand und die Speisespannung bestimmt ist, sodass $R1A \approx U_s/I_K$.

In der Praxis ist es zweckmäßig und kostengünstig, dass die Halbleiterschalter vom FET-Typ sind. Auf diese Weise kann die Ansteuerung durch die Überwachungseinheit vereinfacht werden. Dabei ergibt sich schaltungstechnisch eine besonders einfache Lösung, wenn die Halbleiterschalter vom selbstsperrenden FET-Typ sind, wobei das Gate des Haupt-Halbleiterschalters mit der
35 Source verbunden und von einem Ausgang der Überwachungseinheit über eine Zenerdiode und das Gate des Hilfs-Halbleiterschalters von dem selben Ausgang direkt angesteuert ist. Zur Aufnahme der im Abschaltfall auftretenden Leistungsimpulse eignet sich besonders ein Ballastwiderstand, der als Massewiderstand ausgebildet ist.

40 Die Erfindung samt weiteren Vorteilen ist im folgenden anhand beispielsweise Ausführungsformen näher erläutert, die in der Zeichnung veranschaulicht sind. In dieser zeigen

- Fig. 1 eine weiter oben bereits beschriebene Schaltung einer Spannungsversorgung gemäß der älteren Anmeldung PCT/AT 00/00318,
- Fig. 2 eine Schaltung einer ersten Ausführungsform der Erfindung, und
- 45 ▪ Fig. 3 eine Schaltung einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

Gemäß Fig. 2, welche lediglich einen Zweig einer Schaltung nach Fig. 1 betrifft, liegt die Last LAS über einen Halbleiterschalter SW1, hier ein selbstsperrender n-Kanal-IGFET, an der Speisespannung U_s . Wie bereits im Zusammenhang mit Fig. 1 erläutert, sorgt eine Überwachungseinheit UWE durch ein entsprechendes Signal an das Gate des Schalters SW1 für dessen Öffnen, falls
50 z. B. der mit Hilfe des Widerstandes R_{M1} gemessene Strom einen vorgebbaren Maximalwert überschreitet. Varianten der Abschaltbedingungen sind möglich, z. B. ein Abschalten in Abhängigkeit von der Ausgangsspannung oder der Eingangsspannung sowie Kombinationen solcher Abschaltbedingungen.

Die Grundfunktion einer solchen elektronischen Sicherung ist es, zu verhindern, dass durch
55 einen Zweig der Schaltung ein beliebig großer Strom fließen kann. De facto ist dies die übliche

Funktion eines Leitungsschutzschalters mit der zusätzlichen Eigenschaft, dass vor dem vollständigen Unterbrechen der Stromzufuhr noch ein Betriebszustand der Strombegrenzung eingenommen wird.

Eine Anlage mit mehreren Lastzweigen, die über eine derartige elektronische Sicherung versorgt werden, ist vor einem Einbrechen der gesamten Versorgungsspannung auf diese Weise gesichert.

Wie erwähnt, kann beispielsweise als Reaktion auf ein Sinken der Speisespannung U_s , z.B. 24 V ein Abschalten der einzelnen Zweige nach einer vorgegebenen Reihenfolge durchgeführt werden.

Zusätzlich kann man auch vorsehen, dass bei Unterschreiten eines bestimmten Wertes der Speisespannung, z. B. 22V, jener Ausgang oder jene Ausgänge abgeschaltet werden, die zu diesem Zeitpunkt des Unterschreitens mehr als 100 % des eingestellten Sollstroms führen.

Die Erfindung sieht nun vor, dass dem Halbleiterschalter SW1 ein Hilfs-Halbleiterschalter H1A parallel geschaltet ist, im vorliegenden Fall der Fig. 2 gleichfalls ein selbstsperrender n-Kanal Feldeffekttransistor. Hier liegt in Serie mit dem Hilfsschalter H1A noch ein Ballastwiderstand RA1, der jedoch, wie noch zu erläutern ist, auch entfallen kann.

Im Normalbetrieb ist der Schalter SW1 leitend und der gesamte Strom fließt im wesentlichen über den Schalter SW1 und über den Messwiderstand R_{M1} in die Last LAS'. Im Falle eines Kurzschlusses, kurzschlussähnlichen Zustandes oder ganz allgemein bei Überschreiten des vorgebbaren Maximalstroms würde bis zu dem Abschalten, wofür z.B. eine Zeitdauer von 50 - 100 ms vorgesehen sein kann, der entsprechend hohe Strom fließen. Um ein Zerstören des im Normalbetrieb bereits erwärmten Schalters SW1 zu vermeiden, wird bei Überlast der Transistor SW1 gesperrt und der Strom fließt nun über den Hilfsschalter H1A und den Ballastwiderstand RA1, bis auch der Hilfsschalter H1A ein Abschalt(Sperr-)signal seitens der Überwachungseinheit UWE erhält.

Davon ausgehend, dass der Ballastwiderstand RA1 einen vergleichsweise höheren Widerstandswert aufweist, als der Durchlasswiderstand der Schalter H1A und SW1, wird die wesentliche Energie bis zum Abschalten in dem Ballastwiderstand RA1 vernichtet. Dadurch ist nicht nur der Hauptschalter SW1 vor thermischer Zerstörung gesichert - es wurde bereits abgeschaltet -, sondern auch der Hilfsschalter H1A.

Der Widerstand RA1 ermöglicht es auch, eine geeignete Dimensionierung vorausgesetzt, dass auch der Hilfsschalter H1A im Normalbetrieb ständig eingeschaltet bleiben kann. Dieser Fall liegt jedenfalls dann vor, wenn die Serienschaltung Ballastwiderstand RA1 - Hilfsschalter H1A (eingeschaltet) einen Widerstandswert aufweist, der groß ist gegen den Durchlasswiderstand des Hauptschalters SW1. In der Praxis wurden z.B. im Strombegrenzungsfall ca. 80 % der anfallenden Verlustleistung in dem Ballastwiderstand RA1 vernichtet.

Bei einem Ausführungsbeispiel beträgt die Speisespannung 24 V, der maximale Kurzschlussstrom 13 A. Der Gesamtwiderstand des Hilfszweiges ergibt sich dann als

$$R_{ges} = \frac{24V}{13A} = 1,84 \text{ Ohm}$$

Der Widerstand des Hilfsschalters R_{on} betrage z.B. 0,1 Ohm, so dass sich der Ballastwiderstand RA1 zu 1,74 Ohm ergibt. Für den Hauptschalter SW1, welcher den Dauerstrom führen muss, wird beispielsweise ein teurerer Transistor mit einem Wert R_{on} von z. B. 5 mOhm gewählt. Besonders zweckmäßig ist ein Massewiderstand, z.B. ein Kohlemassewiderstand, da ein solcher, bezogen auf die Impulsleistung, wesentlich leistungsfähiger ist, als ein Schicht- oder Drahtwiderstand.

In Fig. 2 ist strichliert ein weiterer FET-Schalter angedeutet, welcher parallel zu dem Hauptschalter SW1 liegt. Damit soll zweierlei zum Ausdruck gebracht werden:

Erstens kann ein solcher Hilfsschalter H1B zusätzlich zu dem Hauptschalter SW1 und dem Hilfsschalter H1A vorgesehen sein, gegebenenfalls mit einem nicht gezeigten Serien-Ballastwiderstand, um sequentiell mit dem Hilfsschalter H1A oder parallel mit diesem den Stromstoss samt Joule'scher Wärme aufzufangen.

Zweitens könnte ein solcher Hilfsschalter H1B ohne Ballastwiderstand an Stelle der Serienschaltung R1A - H1A eingesetzt werden, damit der Hilfsschalter H1B bei Abschalten des Haupt-

schalters SW1 den Strom/Wärmestoß aufnehmen kann. Zu diesem Zweck sind der Hauptschalter SW1 und der Hilfsschalter H1B durch die Überwachungsschaltung UWE so anzusteuern, dass im Überlastfall sofort der Hilfsschalter H1B eingeschaltet und der Hauptschalter SW1 ausgeschaltet werden.

5 Die Variante gemäß Fig. 3 stellt eine besonders einfache Möglichkeit für eine automatische Ansteuerung von zwei parallelen Schaltern, nämlich dem Hauptschalter SW1 und dem Hilfsschalter H1A unter Verwendung einer Zenerdiode dar, wobei die Schaltung im übrigen vollständig jener nach Fig. 2 entspricht.

10 Eine solche Schaltung ist besonders dann angezeigt, wenn der Hilfsschalter einen wesentlich höheren Innenwiderstand besitzt, als der Hauptschalter, z. B. $R_{on} = 5 \text{ mOhm}$ für den Hauptschalter und $R_{on} = 100 \text{ mOhm}$ für den Hilfsschalter.

Die Überwachungseinheit UWE weist beispielsweise eine Operationsverstärkerschaltung mit einem PI-Reglerverhalten auf, sodass sie wie die Ansteuerung einer elektronischen Stromquelle wirkt. Solange der Begrenzungsstrom noch nicht erreicht ist, versucht die Überwachungseinheit 15 bzw. deren Operationsverstärker, den Begrenzungsstrom noch weiter zu erhöhen, in dem die Gatespannung der Schalter bzw. Transistoren SW1, H1A weiter erhöht wird.

Da der Ausgangsstrom der Spannungsversorgung durch die angeschlossene Last LAS bestimmt wird, wird der Ausgang des erwähnten Operationsverstärkers im normalen Betrieb in der positiven Sättigung verharren, z.B. bei 15 Volt. Bei Überschreiten des eingestellten Begrenzungsstroms, dies können z.B. 130 % des mit einem Potentiometer auf einer Skala eingestellten Nennstroms sein, wird der Operationsverstärker aktiv und die Überwachungseinheit UWE senkt nun ihr 20 Ausgangssignal, nämlich die Gatespannung der MOSFET-Transistoren SW1, H1A ab, um den Ausgangsstrom nicht weiter steigen zu lassen.

Wie ersichtlich, ist der Ausgang der Überwachungsschaltung UWE mit dem Gate des Hilfsschalters H1A direkt und mit dem Gate des Hauptschalters SW1 über eine Zenerdiode ZD1 verbunden. Die Gatespannung des Hauptschalters erreicht nun wegen der Zenerdiode die Schwellspannung früher, d. i. jene Spannung, ab welcher ein FET mit nur geringfügig sinkender Gate- 25 spannung bereits signifikant hochohmiger wird, d. h. der Beginn des linearen Betriebsfalls, in welchem der Transistor wie ein veränderbarer Widerstand wirkt. Auf diese Weise ist sichergestellt, dass der Hilfstransistor H1A im Begrenzungsfall immer so viel Strom von dem Hauptschalter SW1 übernimmt, wie sie eigener Innenwiderstand und der in Serie geschaltete Ballastwiderstand RA1 30 erlauben.

Im normalen Dauerbetrieb ist die von der Überwachungseinheit UWE erzeugte Steuerspannung, d. h. die den Gates der Schalter zugeführte Spannung, so zu dimensionieren, dass der 35 Hauptschalter SW1 voll durchgeschaltet werden kann, der Hilfsschalter H1A aber nicht zerstört wird. In der Praxis erhält man eine günstige Dimensionierung, wenn die Zenerspannung der Diode ZD1 etwa der Schwellspannung der verwendeten Transistoren, hier der MOSFET-Transistoren, entspricht, d.h. ca. 3 Volt beträgt.

Der Integralanteil der Regelcharakteristik der Überwachungseinheit UWE ist auch zweckmäßig, 40 um den Unstetigkeitspunkt beim Überwinden der Zenerdiodenschwelle ohne zu große Abweichungen der Ausgangsspannung UA1 zu kompensieren.

PATENTANSPRÜCHE:

45

1. Stromversorgung, bei welcher eine Speisespannung (U_s) über zumindest einen Längs- 50 zweig zu zumindest einem Ausgang geführt ist, wobei der zumindest eine Zweig eine als gesteuerten Halbleiterschalter (SW1) ausgebildete Abschaltsicherung aufweist und eine Überwachungseinheit (UWE) dazu eingerichtet ist, bei Änderungen von Spannungen oder Strömen über vorgebbare Toleranzwerte an den Halbleiterschalter ein Abschaltesignal (s_1) zu liefern,

dadurch gekennzeichnet, dass

- dem Halbleiterschalter (SW1) zumindest ein von der Überwachungseinheit (UWE) ange- 55 steuertes Hilfs-Halbleiterschalter (H1A) parallel geschaltet ist, welcher im Überlastfall einen wesentlichen Anteil des in dem Zweig vorhandenen Überlaststromes übernimmt.

2. Stromversorgung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** in Serie mit dem Hilfs-Halbleiterschalter (H1A) ein Ballastwiderstand (RA1) geschaltet ist.
3. Stromversorgung nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterschalter (SW1, H1A) vom FET-Typ sind.
- 5 4. Stromversorgung nach Anspruch 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Halbleiterschalter (SW1, H1A) vom selbstsperrenden FET-Typ sind, wobei das Gate des Haupt-Halbleiterschalters (SW1) mit der Source verbunden und von einem Ausgang der Überwachungseinheit (UWE) über eine Zenerdiode (ZD1) und das Gate des Hilfs-Halbleiterschalters (H1A) von dem selben Ausgang direkt angesteuert ist.
- 10 5. Stromversorgung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Ballastwiderstand (RA1) als Massewiderstand ausgebildet ist.

HIEZU 2 BLATT ZEICHNUNGEN

15

20

25

30

35

40

45

50

55

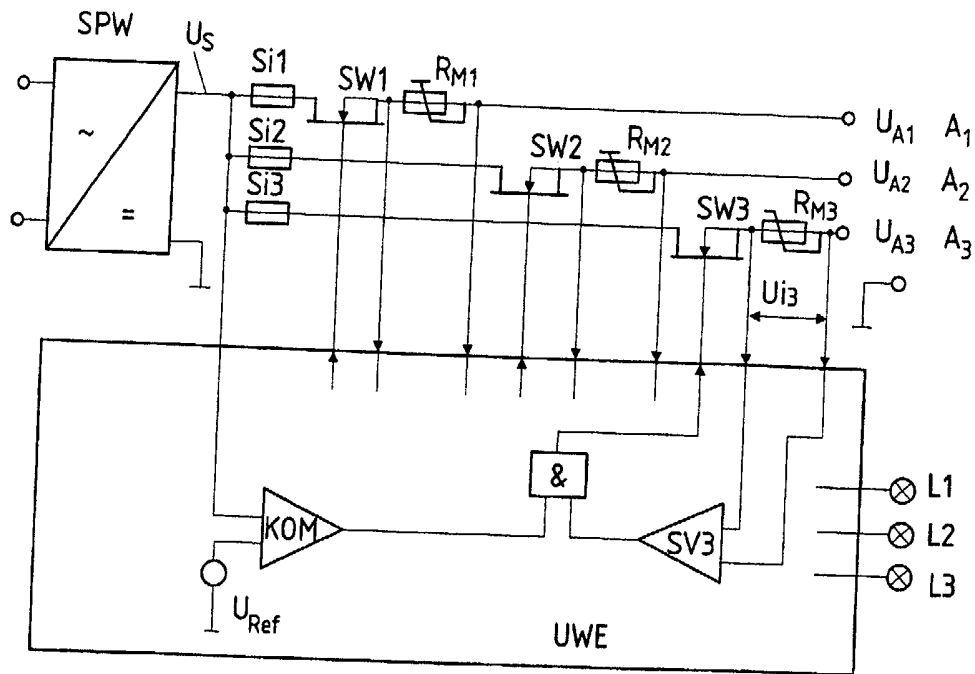


Fig. 1

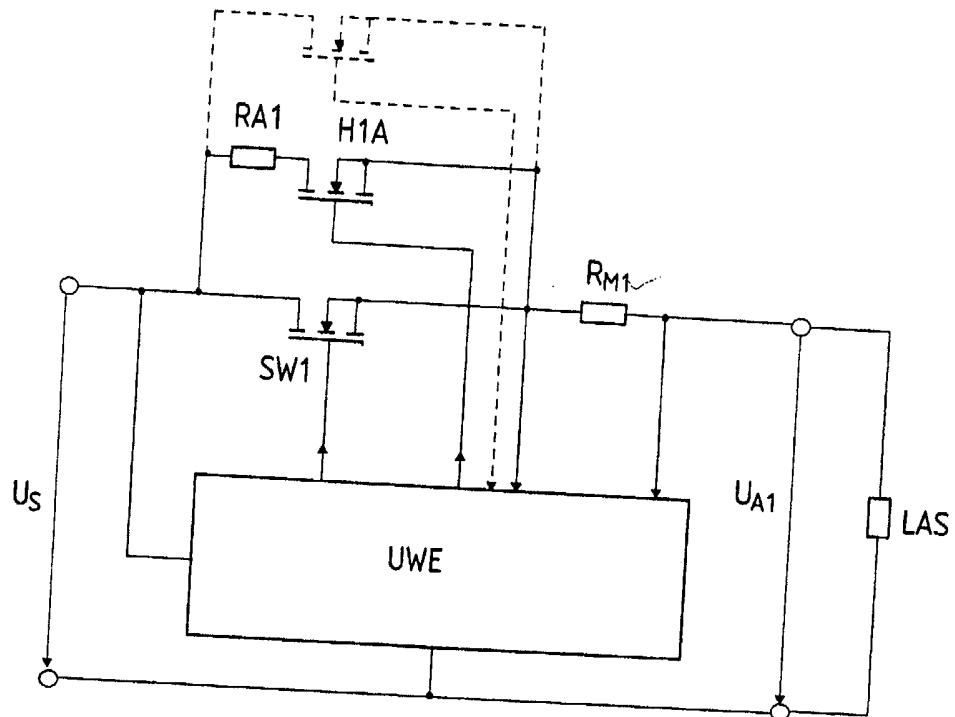


Fig. 2

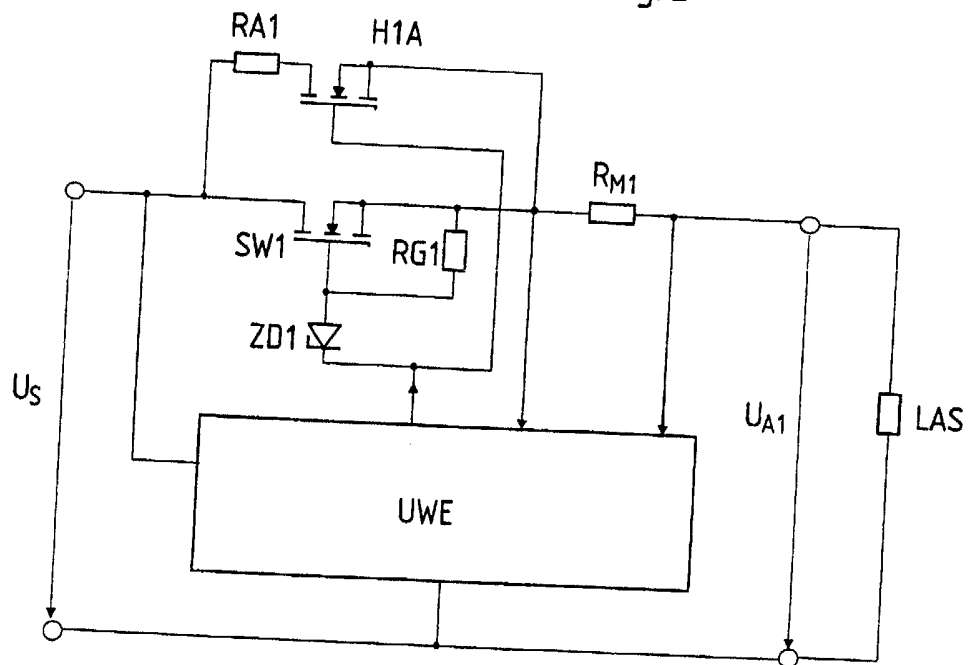


Fig. 3