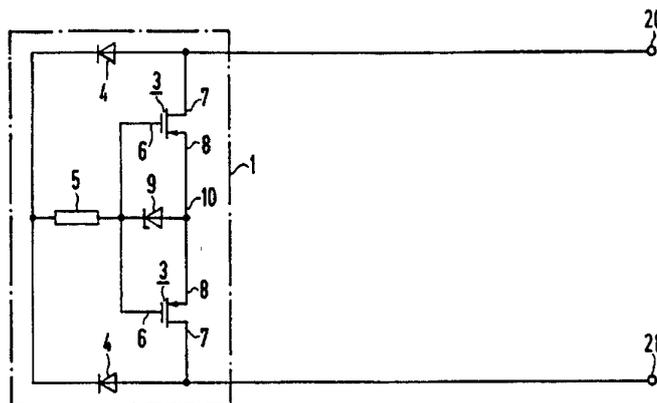




<p>(51) Internationale Patentklassifikation<sup>6</sup> : <b>H02H 9/02, H03K 17/08</b></p>	<b>A1</b>	<p>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer: <b>WO 95/07570</b></p> <p>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum: 16. März 1995 (16.03.95)</p>
<p>(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE93/00824</p> <p>(22) Internationales Anmeldedatum: 8. September 1993 (08.09.93)</p> <p>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelbacherplatz 2, D-80333 München (DE).</p> <p>(72) Erfinder; und (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): RÖSCH, Helmut [DE/DE]; Schulterbreitenstrasse 6, D-93161 Sinzing (DE). ZIERHUT, Hermann [DE/DE]; Regentalweg 7, D-93073 Neutraubling (DE).</p>	<p>(81) Bestimmungsstaaten: AU, CA, CZ, FI, HU, JP, KR, NO, PL, RU, SK, UA, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).</p> <p><b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht.</i></p>	

(54) Title: CURRENT LIMITING DEVICE

(54) Bezeichnung: STROMBEGRENZER



(57) Abstract

The invention relates to a device for limiting overload currents using a semiconductor element (1) with at least one controllable semiconductor (3) with electron source (source), electron acceptor (drain) and electron-flow control electrode (gate) that has characteristic curves typical of a field effect transistor (FET;3). In the case of alternating voltage, two FETs are connected antiserially. Means are provided so that the control voltage needed to drive the semiconductor element (1) can be derived internally from at least a part of the load current and/or from at least a part of the voltage drop over the semiconductor element.

**(57) Zusammenfassung**

Zum Begrenzen von Überströmen mittels eines Halbleiterelements (1) mit mindestens einem steuerbaren Halbleiter (3) mit Elektronenquelle (Source), Elektronensammler (Drain) und den Elektronenfluß steuernder Steuerelektrode (Gate), der Kennlinien nach Art eines Feldeffekttransistors (FET;3) aufweist. Im Fall von Wechselspannung werden zwei FETs antiseriell geschaltet. Es sind Mittel vorgesehen zur internen Gewinnung der zur Ansteuerung des Halbleiterelements (1) erforderlichen Steuerspannung aus zumindest einem Teil des Laststroms und/oder aus zumindest einem Teil des Spannungsfalls am Halbleiterelement.

**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Codes zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	GA	Gabon	MR	Mauretanien
AU	Australien	GB	Vereinigtes Königreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GE	Georgien	NE	Niger
BE	Belgien	GN	Guinea	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GR	Griechenland	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	HU	Ungarn	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	IE	Irland	PL	Polen
BR	Brasilien	IT	Italien	PT	Portugal
BY	Belarus	JP	Japan	RO	Rumänien
CA	Kanada	KE	Kenya	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KG	Kirgisistan	SD	Sudan
CG	Kongo	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KR	Republik Korea	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	KZ	Kasachstan	SK	Slowakei
CM	Kamerun	LI	Liechtenstein	SN	Senegal
CN	China	LK	Sri Lanka	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LU	Luxemburg	TG	Togo
CZ	Tschechische Republik	LV	Lettland	TJ	Tadschikistan
DE	Deutschland	MC	Monaco	TT	Trinidad und Tobago
DK	Dänemark	MD	Republik Moldau	UA	Ukraine
ES	Spanien	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
FI	Finnland	ML	Mali	UZ	Usbekistan
FR	Frankreich	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## Strombegrenzer

Die Erfindung bezieht sich auf einen Strombegrenzer zum  
5 Begrenzen von Überströmen mittels eines Halbleiterelements  
mit mindestens einem steuerbaren Halbleiter, der Kennlinien  
nach Art eines Feldeffekttransistors (FET) aufweist.

Bei Schutzschaltgeräten, wie Leistungsschaltern, Motor-  
10 schutzschaltern oder Leitungsschutzschaltern, allgemein bei  
Selbstschaltern, ist es wünschenswert, auftretende Über-  
lastströme, insbesondere Kurzschlußströme, rasch zu er-  
fassen und sie auf möglichst kleine Werte zu begrenzen und  
schließlich abzuschalten. Bei im wesentlichen mechanischen  
15 Selbstschaltern, beispielsweise bei Leitungsschutzschal-  
tern, verwendet man sogenannte Schnellauslöser, bei denen  
sowohl der Magnetkreis optimal ausgelegt ist als auch ein  
Magnetanker, oft ein Tauchanker, das Kontaktsystem schnell  
und kräftig aufschlägt. Trotzdem hat man in der Praxis noch  
20 keine kürzeren Kontaktöffnungszeiten als etwa eine Millise-  
kunde erreicht. Der Kurzschlußstrom steigt hierbei bis zur  
Kontaktöffnung ungehindert an. Erst nach der Kontaktöffnung  
entsteht ein Lichtbogen, der rasch in eine Lichtbogenkammer  
geführt wird und an Löschblechen bei Aufteilung des Licht-  
25 bogens gekühlt wird. Durch die hierbei hohen Lichtbogen-  
spannungen wird der Kurzschlußstrom begrenzt und schließ-  
lich abgeschaltet.

Bei bekannten Selbstschaltern erreicht man bei einem pro-  
30 spektiven Kurzschlußstrom von 6 kA,  $\cos \Phi = 0,6$  und  $\Psi = 60^\circ$   
kaum kleinere Stromzeitwerte als :

Schaltstrom von 4000 A Anstiegszeit bis zum Scheitelwert  
von 4 Millisekunden und einem Integral des Stromquadrats  
35 über die Zeit von 30.000 A<sup>2</sup>s.

Mitunter wurde schon vorgeschlagen, für die Strombegrenzung in Schutzschaltgeräten Halbleiter einzusetzen. Dies wird in der Praxis durch verschiedenartige Gegebenheiten erschwert oder verhindert:

5

- Halbleiterelemente weisen in der Regel ein unzureichende Strombegrenzende Wirkung auf und eine zu geringe zulässige Energieaufnahme.

10

- Halbleiterlemente haben in der Regel im Normalbetrieb einen Durchlaßwiderstand oberhalb von 10 Milliohm bei 16 A.

- In der Regel weisen Halbleiterlemente auch eine zu geringe Spannungsfestigkeit auf.

15

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Strombegrenzer aus einem Halbleiterelement mit zumindest einem steuerbaren Halbleiter zu entwickeln, bei den die bisher üblichen Nachteile der Halbleiterschaltungen bis auf ein technisch brauchbares Ausmaß verringert werden.

20

Die Lösung der geschilderten Aufgabe erfolgt nach der Erfindung durch einen Strombegrenzer nach Patentanspruch 1. Hierbei wird die zur Ansteuerung des Halbleiterelements erforderliche Steuerspannung aus zumindest einem Teil des Laststrom gewonnen, der das Halbleiterlement durchfließt.

25

Die Steuerspannung kann auch aus zumindest einem Teil des Spannungsfalls am Halbleiterelement gewonnen werden. Man kann die Steuerspannung auch aus beiden Vorkehrungen kombiniert erzielen.

30

Das Mittel zur Ansteuerung aus Spannungsfall kann jeweils eine an Drain und Gate des Halbleiters angeschlossene Ansteuerschaltung sein. Als Mittel zur Ansteuerung aus Laststrom eignet sich jeweils ein im Laststrom liegender Strom- Spannungswandler.

35

Die Ansteuerschaltung bei Gleichspannung kann im einfachsten Fall aus einem Widerstand bestehen, der zwischen Drain-Anschluß und Gate-Anschluß eines FETs angeschlossen ist. Eine Ansteuerschaltung bei Wechselspannung kann in  
5 einfachster Weise so aufgebaut sein, daß die Drain-Anschlüsse zweier antiseriell geschalteter FETs über jeweils ein Ventil und über einen Widerstand mit den Gate-Anschlüssen verbunden sind. Eine derartige Schaltung eignet sich in Verbindung mit FETs des Enhancement-Typs, also mit selbstsperrenden FETs, die einen n-Kanal aufweisen, als Anlaufschaltung, die es dem Strombegrenzer ermöglicht, sich in  
10 den Betriebszustand hochzufahren. Eine derartige Anlaufschaltung ist nicht erforderlich, wenn man selbstleitende FETs mit n-Kanal, also des Depletion-Typs einsetzt und insbesondere eignen sich Depletion MOSFETs.  
15

Als Ansteuerschaltung bei Gleichspannung eignet sich auch eine Konstantstromquelle, die zwischen Drain-Anschluß und Gate-Anschluß angeschlossen wird. Eine Ansteuerschaltung  
20 bei Wechselspannung kann vorteilhaft so aufgebaut werden, daß die Drain-Anschlüsse zweier antiseriell geschalteter FETs über jeweils ein Ventil und über eine Konstantstromquelle mit den Gate-Anschlüssen verbunden sind.

25 Als Stromspannungswandler zur Ansteuerung aus Laststrom eignet sich insbesondere ein Übertrager, an dessen Sekundärwicklung ein in beiden Polaritätsrichtungen spannungsbegrenzendes Element, insbesondere zwei antiseriell geschaltete Zenerdioden, angeschlossen ist, bzw. sind, dessen  
30 Ausgänge über eine Gleichrichterschaltung mit den Gate-Anschlüssen verbunden sind. Als antiseriell geschaltete Zenerdioden werden hier alle Elemente zusammengefaßt, die die Wirkung einer spannungsbegrenzenden Zenerdiode aufweisen. Bei Wechselspannung werden dann Kennlinien im ersten

und dritten Quadranten eines Diagramms mit dem Drain-Source-Strom auf der Ordinate über der Drain-Source-Spannung auf der Abzisse auf einen gewünschten Drain-Source-Strom begrenzt.

5

Der Einsatz eines Übertragers zwischen zwei antiseriell geschalteten FETs als Induktivität zur Begrenzung von Kurzschlußstrom ist Gegenstand einer eigenen europäischen Patentanmeldung mit älteren Zeitrang (Aktenzeichen 92 116 10 358.0, Figur 4, Figur 7). Hierbei dient der Übertrager zugleich zum Einbinden einer extern anzulegenden Steuerspannung.

Beim Strombegrenzer mit einem Übertrager in der Ausführung 15 als Strom-Spannungswandler gewinnt man die Ansteuerspannung aus dem Laststrom, also intern. Man erzielt weiter den Vorteil, daß der Laststrom in einer niederohmigen Primärwicklung mit wenigen Windungen geführt werden kann und daß sich die Sekundärseite mit vielen Windungen hochohmig 20 ausführen läßt, um aus den Laststrom eine Spannung für die Ansteuerung abzuleiten. Durch das spannungsbegrenzende Element wird hierbei sichergestellt, daß der Drain-Source-Strom auf einer Kurve mit dem entsprechenden Parameter der Gate-Source-Spannung verlustarm begrenzt wird.

25

Es ist vorteilhaft, einen Übertrager an einer Sekundärwicklung eine Gleichrichterschaltung anzuschließen und einen Kondensator zwischen Gleichspannungspotentialpunkten für die Ansteuerspannung einzuschalten, im einzelnen nach 30 Anspruch 7. Der Kondensator kann gegebenenfalls aus der Gate-Source-Kapazität des FET gebildet werden, wenn diese eine ausreichende Größe aufweist. Es ist bei Einsatz spannungsbegrenzender Element vorteilhaft, diese aus Zenerdioden in Brückenschaltung anzuordnen, im einzelnen nach 35 Anspruch 8.

Die Gleichrichterschaltung kann vorteilhaft auch als Spannungsvervielfacherschaltung nach Anspruch 9 ausgeführt werden.

5 Schließlich kann der Strom-Spannungswandler nach Anspruch  
10 ein Zerhacker mit nachgeschaltetem  
Spannungsvervielfacher sein, wodurch man ohne einem  
Übertrager die Ansteuerspannung aus dem Laststrom gewinnen  
kann.

10

Die erfindungsgemäßen Lösungen und ihre Vorteile lassen  
sich weiter fördern, wenn die FETs aus Siliziumkarbid, SiC,  
angefertigt sind. Hierbei unterstützen sich wechselseitig  
die an sich bekannten Vorteile eines FETs aus Siliziumkar-  
15 bid und die eines Strombegrenzers nach einem der Patentan-  
sprüche.

Eine Strombegrenzung in Verbindung mit Mitteln zur Ansteue-  
rung aus Spannungsfall oder aus Laststrom läßt sich allge-  
20 mein durch eine Schaltung nach Anspruch 12 erzielen.

Zusätzlich zur internen Gewinnung der Ansteuerspannung ist  
es auch möglich, nach Anspruch 13 am Halbleiterelement eine  
Ansteuereinrichtung zur zusätzlichen externen Ansteuerung  
25 vorzusehen. Es können dann von außen korrigierende  
Steuerspannungen angelegt werden. Es ist auch möglich,  
durch eine Ansteuerung von außen nach Anspruch 14 bei  
Erhalt eines vorgesehenen Eingangssignals eine das  
Halbleiterelement sperrende Spannung zu generieren. Ein  
30 derartiger Strombegrenzer wirkt dann als Ausschalter. Ein  
derartiger Strombegrenzer läßt sich allgemein mit  
Halbleitern aufbauen, die die geschilderten besonderen  
Eigenschaften aufweisen. Der Strombegrenzer kann als  
integrierte Schaltung auf einen Chip, mit diskreten  
35 Bauelementen oder in einem Mischaufbau ausgeführt werden.

Es kann für bestimmte Anwendungsfälle vorteilhaft sein, in Reihe zum Halbleiterelement zumindest einen mechanischen Schaltkontakt nach Anspruch 15 anzuordnen. Es genügt dann ein verhältnismäßig einfacher Schaltkontakt ohne besondere Löschmittel, da der Stromanstieg durch den Strombegrenzer begrenzt wird. Andererseits schützt der Schaltkontakt, wenn er geöffnet wurde, den Strombegrenzer gegen Langzeitüberlastung. Dieses Zusammenspiel ermöglicht vorteilhafte Konstruktionen.

10

Ein Schutzschalter in Selbstschalterausführung mit zwei antiseriell angeordneten FETs und einem mechanischen Schaltkontakt ist an sich bekannt (PCT/EP 92/02678). Bei diesem älteren, als Leistungsschalter ausgebildeten Schutzschalter ist eine Einheit aus Relais und Schaltkontakten zu zwei antiseriell verbundenen FETs parallel geschaltet. Die Schaltkontakte sind auch dort zu der Zusammenschaltung der FETs in Serie angeordnet. Der Innenwiderstand des Halbleiterelements weist jedoch bei einer bestimmten Steuerspannung einen niedrigen Wert auf, und mit steigender Spannung an den Arbeitselektroden steigt der Innenwiderstand sprunghaft an, so daß das Auslöseglied des Relais mit Spannung versorgt wird und den Abschaltvorgang einleiten kann.

25

Die Wirkungsweise des Strombegrenzers mit einem in Reihe angeordneten mechanischen Schaltkontakt unterscheidet sich hiervon grundlegend. Der Schaltkontakt kann nach Anspruch 16 direkt oder indirekt über einen Kraftspeicher in Eingriffverbindung mit einem Magnetsystem stehen, das in Abhängigkeit vom Strombegrenzer den Schaltkontakt öffnet.

30

Ein besonders günstiges Zusammenwirken von Halbleiterelement und Magnetsystem für den Schaltkontakt erzielt man durch einen Aufbau nach Anspruch 17. Das Magnetsystem weist eine zur Sekundärwicklung vergleichsweise niederohmige Primärwicklung auf und bildet einerseits den Übertrager zur

35

Gewinnung einer Steuerspannung aus Laststrom. Andererseits bildet das Magnetsystem mit seiner niederohmigen Primärwicklung zugleich die Erregerwicklung für dasjenige Magnetsystem, dessen Anker in Wirkverbindung mit dem Schaltkontakt steht. Man erzielt hierbei eine Mehrfachnutzung von Konstruktionselementen in kombinierter Anordnung. Insbesondere kann der Ankerluftspalt durch ein Hilfsjoch nach Anspruch 18 überbrückt werden, so daß ein gut geschlossener magnetischer Kreis für den Strom-Spannungswandler entsteht und das derart bemessen ist, daß es bereits bei vergleichsweise kleinen Strömen in Sättigung geht. Hierdurch bleibt sowohl die Funktion des Ankers als auch die des magnetischen Kreises für den Strom-Spannungswandler in der Praxis unbeeinträchtigt.

Hierzu ist der Arbeitsluftspalt also durch ein Hilfsjoch überbrückt, das derart bemessen ist, daß es in magnetische Sättigung bereits bei Strömen geht, die kleiner als der gewünschte Ansprechstrom für den Magnetanker ist.

Das Halbleiterelement kann allgemein in einem Selbstschalter, wie beispielsweise einem Leistungsschalter, einem Leitungsschutzschalter oder in einem Motorschutzschalter oder anderen Schutzeinrichtungen, als strombegrenzendes Teil mit der Funktion eines sogenannten Limiters eingesetzt werden. Verständlicherweise können das Halbleiterelement und der mechanische Schaltkontakt jeweils Teil räumlich gesonderter Schalteinrichtungen sein.

Die Erfindung soll nun anhand von in der Zeichnung grob schematisch wiedergegebenen Ausführungsbeispielen näher erläutert werden:

FIG 1 ist ein erstes, vereinfachtes Ausführungsbeispiel für den Strombegrenzer, wobei die Ansteuerung, bzw. die Steuerspannung aus Spannungsfall am Halbleiterelement gewonnen wird.

- FIG 2 veranschaulicht einen Strombegrenzer, dessen Steuer-  
spannung aus dem Laststrom gewonnen ist.
- FIG 3 stellt einen Strombegrenzer dar, dessen Steuerspan-  
nung aus Spannungsfall am Halbleiterelement gewonnen  
5 wird.
- FIG 4 veranschaulicht einen Strombegrenzer, dessen Steuer-  
spannung aus Laststrom und aus Spannungsfall am Halb-  
leiterelement gewonnen ist.
- FIG 5 zeigt eine zweifache Weiterbildung des Strombegren-  
10 zers. Mit einem Strom-Spannungswandler zwischen zwei  
antiseriell verbundenen FETs wird die Steuerspannung  
aus dem Laststrom in besonders vorteilhafter Weise  
gewonnen. Weiter wird ein Schaltkontakt in Reihe zum  
Strombegrenzer eingesetzt.
- 15 FIG 6 stellt einen Strombegrenzer mit Schaltkontakt dar,  
bei dem auf der Sekundärseite des Strom-Spannungs-  
wandlers antiseriell geschaltete Zenerdioden als  
spannungsbegrenzende Elemente in Brückenschaltung  
angeordnet sind. Ein Kondensator ist zwischen den  
20 Gleichspannungspotentialpunkten für die Steuer-  
spannung auf der Sekundärseite eingeschaltet. Ein  
spannungsbegrenzendes Element auf der Primärseite  
erübrigt sich hierbei.
- FIG 7 veranschaulicht schematisch für einen Strombegrenzer  
25 nach Figur 6 den Einsatz einer Spannungsver-  
vielfacher-Schaltung.
- FIG 8 gibt für die Ansteuerung aus Laststrom ein anderes  
Ausführungsbeispiel eines Strombegrenzers wieder,  
wonach der Strom-Spannungswandler als ein Zerhacker  
30 mit nachgeschaltetem Spannungsvervielfacher ausge-  
führt ist.
- FIG 9 veranschaulicht anhand der Darstellungsweise nach FIG  
5 das Prinzip der Steuerspannungsaufbereitung aus  
Laststrom.
- 35 FIG 10 veranschaulicht anhand der Darstellungsweise nach  
FIG 5 orientiert ein weiteres Grundprinzip, wonach  
die Steuerspannungsaufbereitung bei Einsatz eines

Stromspannungswandlers durch eine Hilfsspannungsaufbereitung auf der Sekundärseite und eine Spannungsaufbereitung für die Gates aufgegliedert ist.

FIG 11 stellt anhand der Darstellungsweise nach FIG 10 dar, wie eine zusätzliche externe Ansteuerung erfolgen kann.

FIG 12 gibt eine alternative Ausführung für ein Befehls-element für eine zusätzliche externe Ansteuerung nach FIG 11 wieder.

FIG 13 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Weiterbildung des Strombegrenzers, wonach ein Übertrager als Stromspannungswandler mit dem Magnetsystem zur Betätigung des Schaltkontakts kombiniert ausgeführt ist.

FIG 14 stellt oben das ausführliche Symbol für einen selbstsperrenden FET in Ausführung mit n-Kanal und darunter das hier in der Anmeldung entsprechende verkürzte Symbol dar.

FIG 15 gibt ein Diagramm wieder, anhand dessen die Funktionsweise des Strombegrenzers veranschaulicht werden soll.

FIG 16 stellt ein Magnetsystem für den Strombegrenzer dar, dessen Arbeitsluftspalt durch ein Hilfsjoch überbrückt ist, das derart bemessen ist, daß es in magnetische Sättigung bereits bei Strömen geht, die kleiner als der gewünschte Ansprechstrom für die Magnetanker sind.

Das Halbleiterelement 1 nach FIG 1 arbeitet im Ausführungsbeispiel mit Feldeffekttransistoren 3, nachstehend FETs genannt. Im Ausführungsbeispiel können die FETs 3 entsprechend der oberen Darstellung in FIG 14 als solche des Anreicherungstyps (Enhancement) verstanden werden, die selbstsperrend sind und beispielsweise einen n-Kanal aufweisen. In der unteren Darstellung nach FIG 14 ist das hier benutzte verkürzte Symbol wiedergegeben. In FIG 1 ist ein Strombegrenzer für Wechselspannung

dargestellt, der bei zwei zu schaltenden Polaritäten mit zwei antiseriell geschalteten FETs 3 arbeitet. Zur Ansteuerung des Halbleiterelements, bzw. der FETs, wird die erforderliche Steuerspannung aus Spannungsfall dadurch gewonnen, daß am FET jeweils an seinem Drain-Anschluß 7 eine Serienschaltung aus einem Ventil 4, z.B. eine Diode, und einem Widerstand 5 angeschlossen ist, die andererseits mit dem Gate-Anschluß 6 des FET 3 verbunden ist. Bei Wechselfeldspannung und zwei antiseriell geschalteten FETs ist also an den Drain-Anschlüssen 7 jeweils über ein Ventil 4 und über einen Widerstand 5 eine Verbindung zu den Gate-Anschlüssen 6 hergestellt. Die Source-Anschlüsse 8 der FETs 3 sind miteinander verbunden.

Wenn nur ein Potential zu schalten ist, genügt anhand von FIG 1 orientiert der obere oder untere FET 3 in Verbindung mit dem zugeordneten Ventil 4 und dem Widerstand 5. Der Source-Anschluß 8 kann dann gegen Erde geführt sein.

Im Ausführungsbeispiel nach FIG 1 ist bei zwei antiseriell verbundenen FETs 3 als spannungsbegrenzendes Element 9 zwischen den Gate-Anschlüssen 6 und der Verbindung 10 der Source-Anschlüsse 8 der antiseriell verbundenen FETs 3 eine Zenerdiode eingeschaltet. Die Verbindung 10 führt den Laststrom.

Die Gate-Spannung der antiseriell verbundenen FETs 3 wird also über die Ventile 4 und über den Widerstand 5 gewonnen. Durch das spannungsbegrenzende Element 9 wird die Gate-Spannung begrenzt und damit ein maximal fließender Kurzschlußstrom.

In FIG 2 ist veranschaulicht, wie die Steuerspannung  $U_g$  als Funktion des Laststroms  $I$ ,  $U_g = f(I)$  gewonnen wird. In FIG 3 ist veranschaulicht, daß die Steuerspannung  $U_g$  als Funktion des Spannungsfalls  $U$  am Halbleiterelement erzielt werden kann,  $U_g = f(U)$ . In FIG 4 ist veranschaulicht, wie die

Steuerspannung  $U_G$  als Funktion des Laststroms und als Funktion des Spannungsfalls am Halbleiterelement zu erzielen ist:  $U_G = f(I)$  und  $U_G = f(U)$ .

5 Bei der Weiterbildung nach FIG 5 ist zum Strombegrenzer ein mechanischer Schaltkontakt 2 in Reihe geschaltet. Der Strombegrenzer arbeitet mit zwei antiseriell verbundenen FETs, die mit ihren Source-Anschlüssen über einen Stromspannungswandler 11 über dessen Primärwicklung 12 miteinander verbunden sind. Wesentlich ist hierbei weiter, daß am Strom-Spannungswandler 11 an seiner Sekundärseite, bzw. an seiner Sekundärwicklung 13 ein in beiden Polaritätsrichtungen spannungsbegrenzendes Element 14, insbesondere zwei antiseriell geschaltete Zenerdioden 15, angeschlossen ist. 10 Die sekundärseitig angeschlossenen Zenerdioden 15 begrenzen die Spannung auf der Sekundärseite, wodurch auf der Primärseite infolge des Übersetzungsverhältnisses des Strom-Spannungswandlers 11 nur noch ein Spannungsfall von einigen zehn Millivolt auftritt. Auf der Primärseite auch durch die 15 FETs 3 fließender Laststrom wird somit durch die verlustarme Begrenzung der Spannung auf der Sekundärseite durch den Strom-Spannungswandler begrenzt. Diese Wirkung steht im Zusammenspiel mit der halbleitertechnisch bedingten Begrenzung durch die besondere Ansteuerung der 20 FETs 3. Andererseits ermöglicht das Übersetzungsverhältnis des Strom-Spannungswandlers 11 eine verhältnismäßig hohe Spannung als Gate-Source-Spannung auf die Primärseite zu führen, wodurch der ON-Widerstand verkleinert wird.  $R_{ON}$  erhält man bei großen Gate-Source-Spannungen. Die Wirkung 25 im einzelnen soll später anhand von FIG 15 erläutert werden. 30

35 Beim Ausführungsbeispiel nach FIG 5 ist am Strom-Spannungswandler 11 an seiner Sekundärseite weiter eine Gleichrichterschaltung 16 angeschlossen, die zum einen mit dem Gate-Anschluß 6 der FETs 3 und zum anderen über eine Mittelanzapfung 18 der Primärwicklung 12 angeschlossen ist. Im

Ausführungsbeispiel erfüllt ein Kondensator 19 als Speicherkondensator eine Doppelfunktion:

Zum einen trennt er die Gleichspannungspotentialpunkte 17 für die Steuerspannung und zum anderen stellt er sicher, daß im Strom-Spannungskennfeld des Halbleiterelements 1 mit den antiseriell geschalteten FETs 3 nicht jeweils ein Hochlaufen zum ON-Widerstand zwischen den parameterbedingten Kennlinien für die Gate-Source-Spannung im ersten und dritten Quadranten erforderlich ist, sondern daß auch bei Wechsellspannung zwischen dem ersten und dem dritten am ON-Widerstand gearbeitet werden kann. Dies soll noch anhand von FIG 15 erläutert werden. In dieser zweiten Funktion dient der Kondensator 19 im Ausführungsbeispiel nach FIG 6. Dort sind die Gleichspannungspotentialpunkte 17 der Gleichrichterschaltung 16 auch ohne den Kondensator 19 bereitgestellt.

Beim Strombegrenzer nach FIG 5 wird der Strom-Spannungswandler 11 nicht wie üblich mit einem Widerstand abgeschlossen, sondern durch die Zenerdioden 15 des spannungsbegrenzenden Elements 14. Durch den Abgriff der Gleichspannungspotentialpunkte 17 wird auf die Primärseite des Wandlers eine Gate-Hilfsspannung geführt, welche die Hilfsspannungserzeugung auf der Primärseite, wie sie zu FIG 1 erläutert worden ist, ergänzt bzw. ersetzt. Auf der Sekundärseite des Strom-Spannungswandlers 11 wird beispielsweise bei einer Zenerspannung von etwa 9,1 V und einer Flußspannung von etwa 0,9 V an den Zenerdioden 15 in einer Richtung eine Spannung in der Summe von etwa 10 V erreicht. Wenn also in der Primärwicklung 12 ein ausreichend großer Strom fließt, um den induktiven Widerstand zu überwinden, stellt sich auf der Primärseite infolge der sekundärseitigen 10 V eine Spannung entsprechend dem Übersetzungsverhältnis des Strom-Spannungswandlers 11 ein. Beispielsweise bei einem Übersetzungsverhältnis von 1 zu 1000 tritt also an der Primärwicklung 12 eine Spannung von lediglich 10 mV auf.

Die Schaltung nach FIG 5 funktioniert im einzelnen wie folgt:

5 Wenn an den Anschlußklemmen 20 und 21 des Selbstschalters eine Spannung beispielsweise infolge eines eingeschalteten Verbrauchers anliegt, fließt über die Ventile 4, bzw. die Dioden, ein Strom je nach Polarität der Wechselspannung, und es liegt infolge des Spannungsfalls am Widerstand 5 hinsichtlich der positiven Klemmenspannung bei 20 ein  
10 vermindert positives Potential an den Gate-Anschlüssen 6 an, so daß an den FETs 3 eine öffnende Gate-Source-Spannung anliegt und die Drain-Source-Strecken in den ON-Zustand gebracht werden. Der durch die Primärwicklung 12 des Strom-Spannungswandlers 11 fließende Strom erzeugt an der  
15 hochohmigen Sekundärwicklung eine Spannung, die bei Erreichen der Zenerspannung der oberen oder der unteren Zenerdiode 15 auf die Zenerspannung zuzüglich der Flußspannung der anderen Zenerdiode begrenzt wird, und zwar in beiden der Wechselspannung zugeordneten  
20 Stromflußrichtungen. An der Sekundärwicklung 13 entsteht hierbei eine nahezu rechteckige Wechselspannung, die über die Dioden 22 für die Gleichrichtung in der Schaltung eines Doppelweggleichrichters am Kondensator 19 eine Gleichspannung von der Größe der Zenerspannung jeder der  
25 Zenerdioden 15 erzeugt. Diese Gleichspannung wird den beiden Gate-Source-Strecken der FETs 3 zugeführt, wodurch diese im ON-Zustand gehalten werden, ohne weiter einen Spannungsfall am Widerstand 5 zu benötigen. Mit anderen Worten: Durch den Widerstand 5 fließt dann kein Strom mehr.

30 Im Ausführungsbeispiel nach FIG 6 ist als spannungsbegrenzendes Element 14 eine Brückenschaltung aus vier Zenerdioden 15 ausgebildet. Bei dieser Schaltung erübrigt sich ein strombegrenzendes Element 9 auf der Primärseite des Strom-Spannungswandlers 11. In Reihe ist wieder ein Schaltkontakt  
35 23 angeordnet.

Die Amplituden der Wechselspannung in der Sekundärwicklung 13 des Stromspannungswandlers 11 können kleiner gehalten werden, wenn eine Spannungsvervielfacher-Schaltung 24 dem spannungsbegrenzenden Element 14 nachgeschaltet wird, wie es in FIG 7 veranschaulicht ist.

Zur Ansteuerung aus Laststrom kann der Stromspannungswandler nach FIG 8 als ein Zerhacker 39 mit nachgeschalteter Spannungsvervielfacher-Schaltung 24 ausgeführt sein. Am Zerhacker 39 liegt die an einem Widerstand 55 bei Laststrom auftretende Spannung an. Zur Begrenzung des Spannungsfalls und um die Verlustleistung zu minimieren, ist es vorteilhaft, ein spannungsbegrenzendes Mittel 40 vorzusehen. Im Ausführungsbeispiel können das zwei antiparalell geschaltete Dioden sein, die den Spannungsfall am Widerstand 5 auf den Durchlaßwiderstand der Dioden begrenzen.

In FIG 9 ist die Erzeugung der Steuerspannung zwischen den Gate-Anschlüssen 6 und den Source-Anschlüssen 8 der Feldefekttransistoren 3 schematisch wiedergegeben. Die Erzeugung der Steuerspannung kann aufgeteilt werden auf eine Steuerungspannungserzeugung 25 im Anlauffall und auf eine Hilfsspannungserzeugung 26, wie es im einzelnen anhand von FIG 5 erläutert worden ist.

In FIG 10 ist schematisch der Aufbau eines Strombegrenzers mit Steuerungspannungsversorgung 25 und Hilfsspannungsversorgung 26 veranschaulicht. Die Steuerungspannungsversorgung 25 kann als Anlaufschaltung ausgeführt sein, so daß die Steuerungspannung im Arbeitsbetrieb dann von der Hilfsspannungsversorgung 26 übernommen wird.

Um das Halbleiterelement zusätzlich extern ansteuern zu können, kann man eine externe Ansteuerungseinrichtung 41 nach FIG 11 vorsehen. Wenn Betätigungskontakte 42 geschlossen werden, wird die Gate-Source-Spannung kurzgeschlossen,

so daß ein selbstsperrender FET in den Sperrzustand übergeht.

5 Die externe Ansteuereinrichtung 41 kann auch mit Halbleiterkontakten 43 nach FIG 12 arbeiten.

10 In FIG 13 ist zum einen eine vorteilhafte Ausgestaltung der Anordnung nach FIG 10 veranschaulicht, wobei die Hilfsspannungsaufbereitung als Spannungsvervielfacher-Schaltung ausgeführt ist, und zum anderen ist eine Weiterbildung wiedergegeben, wonach die niederohmige Primärwicklung mit einem Anker 27 in Wirkverbindung steht, der mit dem Schaltkontakt 23 in Eingriffverbindung zu bringen ist. Eine derartige Ausführung ist besonders kostengünstig, da der 15 Strom-Spannungswandler 11 und das Magnetsystem 36, welches über den Anker 27 den Schaltkontakt öffnet, baulich und funktionell zusammengefaßt werden. Zusätzlich kann ein Kraftspeicher 38 nach Art eines Schaltschlosses vorgesehen werden. Auf die niederohmige, den Anker treibende 20 Primärwicklung 12 kann hierbei eine hochohmige Wicklung mit vielen Windungen als Sekundärwicklung 13 aufgebracht werden. Hierbei kann ein kleines Hilfsjoch 37, man vergleiche FIG 16, den magnetischen Kreis für die Funktion des Strom-Spannungswandlers 11 schließen. Dieses Hilfsjoch 25 ist vorteilhaft derart bemessen, daß es bereits bei vergleichsweise kleinen Strömen in Sättigung geht, so daß die Funktion des auf den Schaltkontakt 23 einwirkenden Ankers 27 praktisch nicht beeinflußt wird. Die niederohmige Primärwicklung 12 kann aus wenigen Windungen, 30 beispielsweise zwei bis vier Windungen, bestehen und ein günstiger Spannungsbereich für die Hilfsspannungsaufbereitung kann auf der Sekundärseite bis zu einem gewünschten Spannungswert durch die Spannungsvervielfacher-Schaltung angehoben werden. Die Spannungsvervielfacher-Schaltung 35 besteht aus den Bauelementen: Kondensatoren 28 und 19, wobei die Kondensatoren 19 zugleich die Gleichspannung für die Ansteuerung der FETs 3 bereitstellen, sowie den Dioden

29, die in der wiedergegebenen Schaltung zugleich die Gleichrichtung besorgen.

Die Steuerungsversorgung 25 nach FIG 13 zeigt eine Möglichkeit, eine "Fall-Back"-Kennlinie zu erzeugen. Die wesentlichen Bauteile hierfür sind der Transistor 30 und die Widerstände 31, 32 und 33. Dieses Schaltungsteil arbeitet folgendermaßen:

Wenn infolge erhöhten Stromes, wie er beispielsweise bei Kurzschluß auftritt, die strombegrenzende Wirkung der FETs 3 einsetzt, steigt die Spannung an den Klemmen 20 und 21 an. Diese Spannung erscheint am Brückengleichrichter, der durch die Dioden der Ventile 4 und die Body-Dioden, auch als Inversdiode bezeichnet, der FETs 3 gebildet wird. Als Body-Diode versteht man bekanntlich die jeder Grenzschicht, insbesondere einem MOS-FET eigene innere Diodenwirkung des pn-Übergangs von Source nach Drain. Die Body-Dioden sind mit 31 bezeichnet veranschaulicht. Die am geschilderten Brückengleichrichter anliegende Spannung liegt auch an der Serienschaltung der Widerstände 131 und 133 an, wodurch am Widerstand 133 ein Spannungsfall auftritt, der den Transistor 30 in einen leitenden Zustand aufsteuert. Durch die Größe des Widerstands 132 kann eine Gate-Source-Spannung eingeschaltet werden, die bei steigender Spannung an den Klemmen 20 und 21 immer kleiner wird und damit einen Laststrom durch die FETs 3 reduziert. Das wiedergegebene Ausführungsbeispiel zeigt nur eine Möglichkeit, nach den erfindungsgemäßen Prinzipien eine Fall-Back-Kennlinie zu erzeugen. Bekanntlich kann mit einem Operationsverstärker jede gewünschte Kennlinie erzeugt werden.

In FIG 14 ist in der oberen Darstellung das vollständige Symbol für einen FET wiedergegeben und in der unteren Darstellung das verkürzte Symbol, wie es in der vorliegenden Beschreibung verwendet wird. Eingetragen sind die üblichen Abkürzungen für Drain, Gate und Source, sowie die positive Richtung des Drain-Source-Stromes. Die Darstellung

nach FIG 14 zeigt einen FET des Enhancement-Typs, also einen selbstsperrenden FET, der einen n-Kanal aufweist. Insbesondere ist die Darstellungsweise nach FIG 14 als MOSFET zu verstehen. Verständlicherweise können die  
5 wiedergegebenen Schaltungen nachg den Figuren 1 bis 13 auch durch andere entsprechende Bauelemente, insbesondere durch andere FETs realisiert werden. So ist bei Verwendung von p-Kanal-FETs lediglich die übliche Polaritätsumkehr vorzunehmen. Wesentlich ist, daß Kennlinien realisiert  
10 werden können, wie sie in FIG 15 dargestellt sind, daß also für Gleichspannung unabhängig von der Spannung ein maximaler Strom einstellbar ist und daß für Wechselspannung derartige Verhältnisse in zwei diagonal gegenüberliegenden Quadranten herrschen. Die hier beispielhaft anhand von  
15 bestimmten FETs wiedergegebenen Schaltungen sind in diesem allgemeinen Sinn zu sehen.

Anhand von FIG 15 sollen Wirkungsprinzipien beim Strombegrenzer erläutert werden:

20  
FIG 15 gibt ein Diagramm wieder, wobei auf der Ordinate der Drain-Source-Strom  $I_{DS}$  und auf der Abszisse die Drain-Source-Spannung  $U_{DS}$  abgetragen ist. Ein FET der hier geschilderten Art, wie er zu FIG 14 erläutert ist, weist  
25 von Haus aus eine Kennlinie 32 auf, die bei negativer Drain-Source-Spannung in die Kennlinie 33 der Body-Diode übergeht. Die horizontalen Kennlinien ergeben sich bei einem Parameter Gate-Source-Spannung und begrenzen den Drain-Source-Strom bei entsprechender Beschaltung. Bei  
30 hohen Gate-Source-Spannungen wird ein steiler ON-Widerstand,  $R_{ON}$ , erreicht. Bei antiserieller Schaltung von FETs im Falle von Wechselspannung wird eine symmetrische Arbeitsweise zwischen dem ersten und dritten Quadranten erzielt, wobei die Kennlinie 33 der Body-Diode nicht mehr  
35 zum Tragen kommt. Mit einer Schaltung mit einem Strom-Spannungswandler der geschilderten Beschaltung erreicht man ein Hochlaufen über die Kennlinie 35, die in die Gerade für

den physikalisch vorgegebenen ON-Widerstand des verwendeten FETs einmündet.

5       Einen Hochlauf für jede Polaritätsrichtung einer  
Wechselspannung vermeidet man in einer antiseriellen  
Anordnung von FETs, wenn ein Kondensator 19 als  
Speicher kondensator in der beschriebenen Weise eingesetzt  
wird. Die strombegrenzende Wirkung der antiseriell  
10       geschalteten FETs entfaltet sich dann zwischen einer  
gewählten horizontalen Kennlinie mit der entsprechende  
Gate-Source-Spannung als Parameter im ersten und dritten  
Quadranten in Verbindung mit einem Übergang der Kennlinie  
34 für den ON-Widerstand. Hierbei wirkt sich die Fläche  
zwischen der Kennlinie 32 und einer im ersten Quadranten  
15       links liegenden gewählten Kennlinie als Verlusteinsparung  
aus, wie aus dem Produkt des Drain-Source-Stroms und der  
Drain-Source-Spannung veranschaulicht zu ersehen ist. Die  
Möglichkeiten der geschilderten Prinzipien werden durch  
Einsatz von FETs aus Siliziumkarbid weiter in erheblicher  
20       Weise gefördert. Das Halbleiterelement 1, das mit der  
Schalteinrichtung in Reihe geschaltet ist, kann in den  
verschiedenen Ausführungsarten jeweils insgesamt oder  
teilweise als integrierter Schaltkreis realisiert werden.  
Der Strombegrenzer kann auch ohne Schalteinrichtung  
25       vielfältige Anwendungen finden.

In FIG 16 ist ein Magnetsystem 36 mit Primärwicklung 12 und  
Sekundärwicklung 13 veranschaulicht, das ein Hilfsjoch 37  
und einen Anker 27 aufweist. Ein derartiges Magnetsystem  
30       ist für die bauliche Kombination eines Strombegrenzers mit  
einer Schalteinrichtung vorteilhaft, was bereits erläutert  
worden ist.

## Patentansprüche

1. Strombegrenzer zum Begrenzen von Überströmen mittels eines Halbleiterelements (1) mit mindestens einem steuerbaren Halbleiter (3) mit Elektronenquelle (Source), Elektronensammler (Drain) und den Elektronenfluß steuernder Steuerelektrode (Gate), der Kennlinien nach Art eines Feldeffekttransistors (FET;3) aufweist, wobei gegebenenfalls bei Wechselspannung zwei FETs antiseriell geschaltet sind, und wobei Mittel vorgesehen sind zur internen Gewinnung der zur Ansteuerung des Halbleiterelements (1) erforderlichen Steuerspannung aus zumindest einem Teil des Spannungsabfalls am Halbleiterelement.
2. Strombegrenzer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur Ansteuerung aus Spannungsfall jeweils eine an Drain (7) und Gate (6) des Halbleiters (3) angeschlossene Ansteuerschaltung ist.
3. Strombegrenzer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Mittel zur Ansteuerung aus Laststrom jeweils ein im Laststrom liegender Stromspannungswandler (11) ist.
4. Strombegrenzer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerschaltung bei Gleichspannung aus einem Widerstand (5) besteht, der zwischen Drain-Anschluß (7) und Gate-Anschluß (6) angeschlossen ist, und daß gegebenenfalls bei Wechselspannung die Drain-Anschlüsse (7) der beiden antiseriell geschalteten FETs über jeweils ein Ventil (4) und über einen Widerstand (5) mit den Gate-Anschlüssen (6) verbunden sind.
5. Strombegrenzer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Ansteuerschaltung bei Gleichspannung aus einer Konstantstromquelle bestehen, die zwischen Drain-Anschluß (7) und Gate-Anschluß (6) ange-

geschlossen ist, und daß gegebenenfalls bei Wechselspannung die Drain-Anschlüsse (7) der beiden antiseriell geschalteten FETs über jeweils ein Ventil (4) und über eine Konstantstromquelle mit den Gate-Anschlüssen (6) verbunden sind.

5  
10  
15  
6. Strombegrenzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß als Strom-Spannungswandler ein Übertrager dient, an dessen Sekundärwicklung (13) ein in beiden Polaritätsrichtung spannungsbegrenzendes Element (14), insbesondere zwei antiseriell geschaltete Zenerdioden, angeschlossen ist, bzw. sind, dessen Ausgänge über eine Gleichrichterschaltung (16) mit den Gate-Anschlüssen (6) verbunden sind.

20  
25  
7. Strombegrenzer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß am Übertrager an seiner Sekundärwicklung (13) eine Gleichrichterschaltung (16) angeschlossen ist, deren Gleichspannungspotentialpunkte (17) zum einen mit den Gate-Anschlüssen (6) der FETs (3) und zum anderen über eine Mittelanzapfung (18) der Primärwicklung (12) angeschlossen ist und daß ein Kondensator (19) zwischen den Gleichspannungspotentialpunkten (17) für die Steuerspannung eingeschaltet ist.

30  
8. Strombegrenzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß am Übertrager an seiner Sekundärwicklung (13) ein Brückengleichrichter aus Zenerdioden angeordnet ist, dessen Gleichspannungsausgänge mit den Gates verbunden sind.

35  
9. Strombegrenzer nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gleichrichterschaltung als Spannungsvervielfacherschaltung (24) ausgebildet ist.

10. Strombegrenzer nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Strom-Spannungswandler

ein Zerhacker mit nachgeschaltetem Spannungsvervielfacher ist.

5 11. Strombegrenzer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß die Halbleiter (3) aus Siliziumkarbid (SiC) gefertigt sind.

10 12. Strombegrenzer nach Anspruch 1, 2 oder 3, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß zwischen dem bzw. den Gate-Anschlüssen (6) und dem Source-Anschluß (8) bzw. der Verbindung (10) der beiden Source-Anschlüsse ein Element (9) mit der Wirkung einer strombegrenzenden Zenerdiode eingeschaltet ist, das so dimensioniert ist, daß die Gate-Spannung des Halbleiters bzw. der Halbleiter auf  
15 einen Wert eingestellt ist, bei dem sich die gewünschte Begrenzung des Überlaststromes einstellt.

20 13. Strombegrenzer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß am Halbleiterelement (1) eine Ansteuereinrichtung zur zusätzlichen externen Ansteuerung ausgebildet ist.

25 14. Strombegrenzer nach Anspruch 13, d a d u r c h - g e k e n n z e i c h n e t , daß die Ansteuereinrichtung dafür ausgelegt ist, eine das Halbleiterelement (1) sperrende Spannung zu generieren bei Erhalt eines vorgesehenen Eingangssignals.

30 15. Strombegrenzer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß in Reihe zum Halbleiterelement (1) zumindest ein mechanischer Schaltkontakt (23) geschaltet ist.

35 16. Strombegrenzer nach Anspruch 15, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß der Schaltkontakt (23) direkt oder indirekt über einen Kraftspeicher (38) in Eingriffverbindung mit einem Magnetsystem (36) steht.

17. Strombegrenzer nach Anspruch 16, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß das Magnetsystem (36)  
eine zur Sekundärwicklung (13) vergleichsweise niederohmige  
Primärwicklung (12) aufweist und einerseits den Übertrager  
5 zur Gewinnung einer Steuerspannung aus Laststrom bildet und  
andererseits mit seiner niederohmigen Primärwicklung (12)  
zugleich die Erregerwicklung für das jeweilige Magnetsystem  
bildet, dessen Anker (27) in Wirkverbindung mit dem  
Schaltkontakt (23) steht.

10

18. Strombegrenzer nach Anspruch 17, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß beim Magnetsystem (36)  
sein Arbeitsluftspalt durch ein Hilfsjoch (37) überbrückt  
ist, das derart bemessen ist, daß es in magnetische Sätti-  
15 gung bereits bei Strömen geht, die kleiner als der ge-  
wünschte Ansprechstrom für den Magnetanker (27) sind.

19. Strombegrenzer nach einem der Ansprüche 15 bis 18,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , daß das  
20 Halbleiterelement (1) in einem Selbstschalter, wie Lei-  
stungsschalter, Leitungsschutzschalter oder Motorschutz-  
schalter oder dergleichen als strombegrenzendes Teil mit  
der Funktion eines Limiters eingesetzt ist.

25 20. Strombegrenzer nach Anspruch 15, d a d u r c h  
g e k e n n z e i c h n e t , daß das Halbleiterelement  
(1) und der mechanische Schaltkontakt (23) jeweils Teil  
räumlich gesonderter Schalteinrichtungen sind.

30

1/9

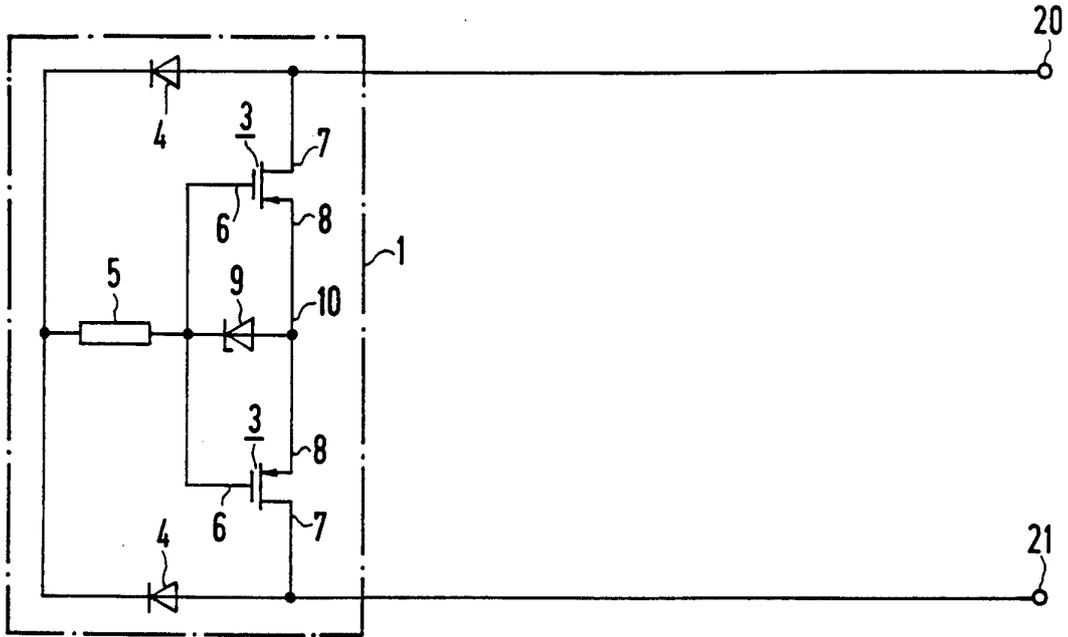


FIG 1

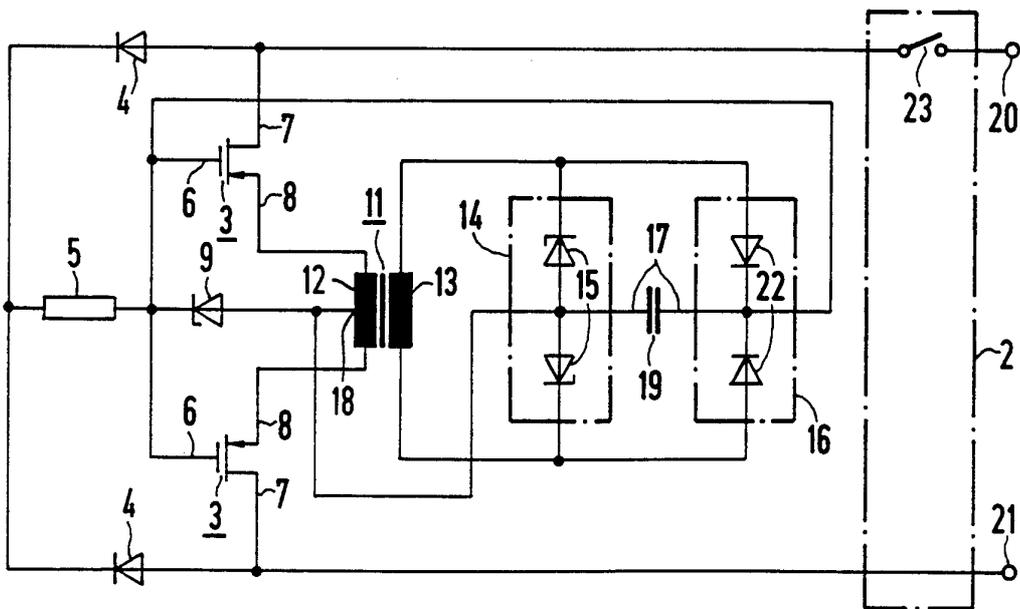


FIG 5

2/9

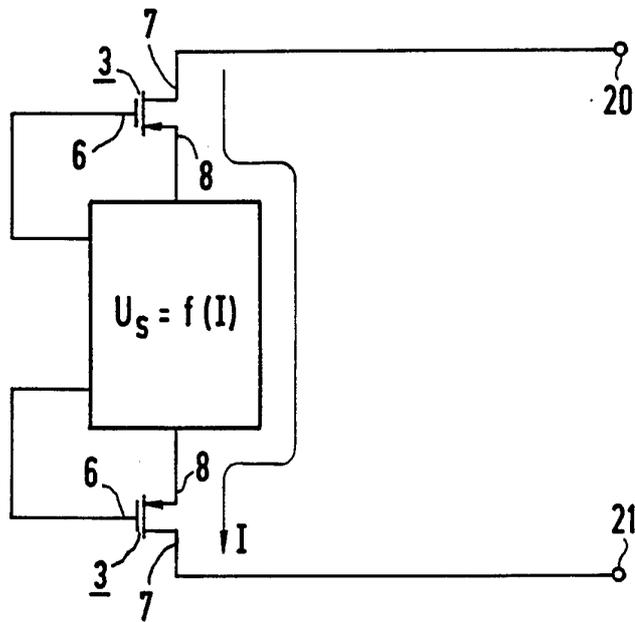


FIG 2

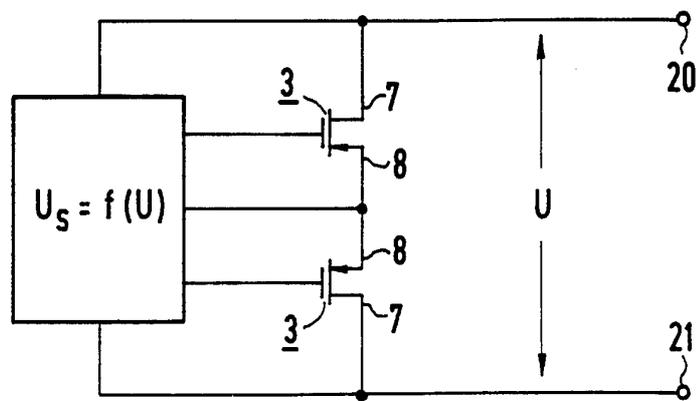


FIG 3

3/9

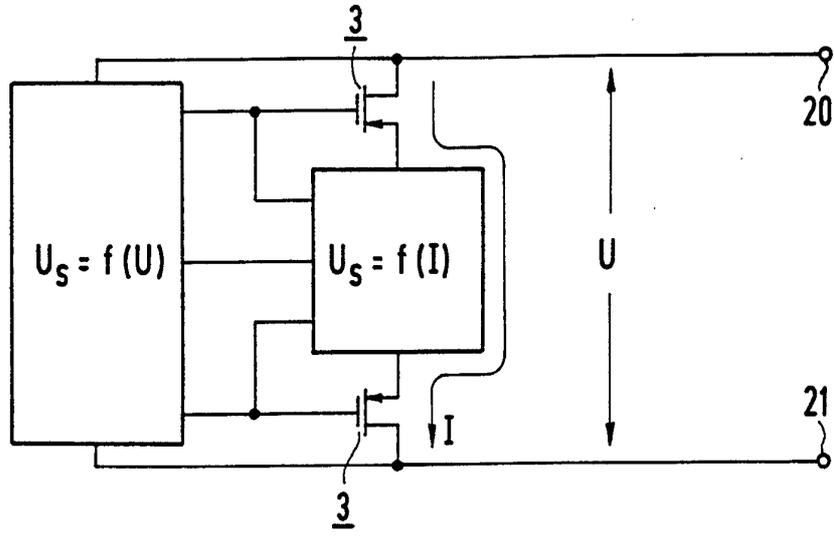


FIG 4

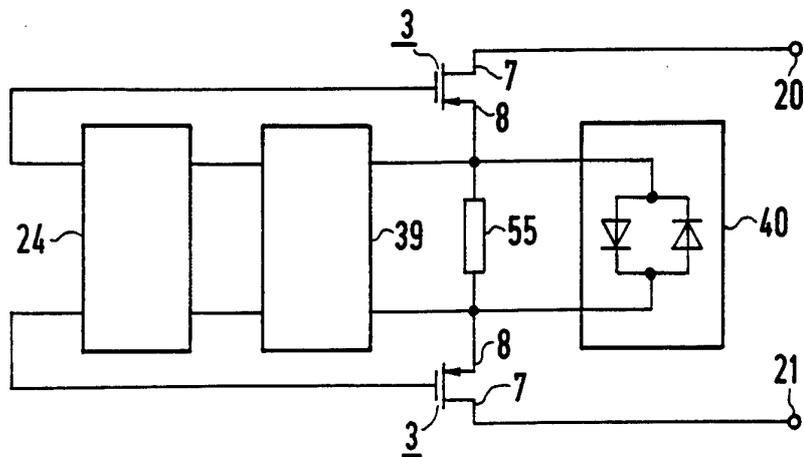


FIG 8

4/9

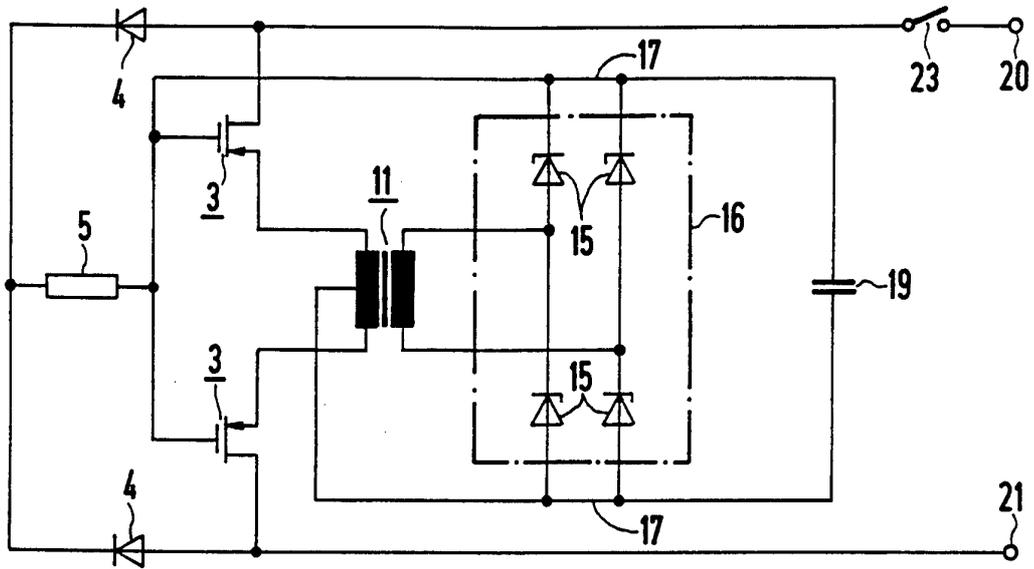


FIG 6

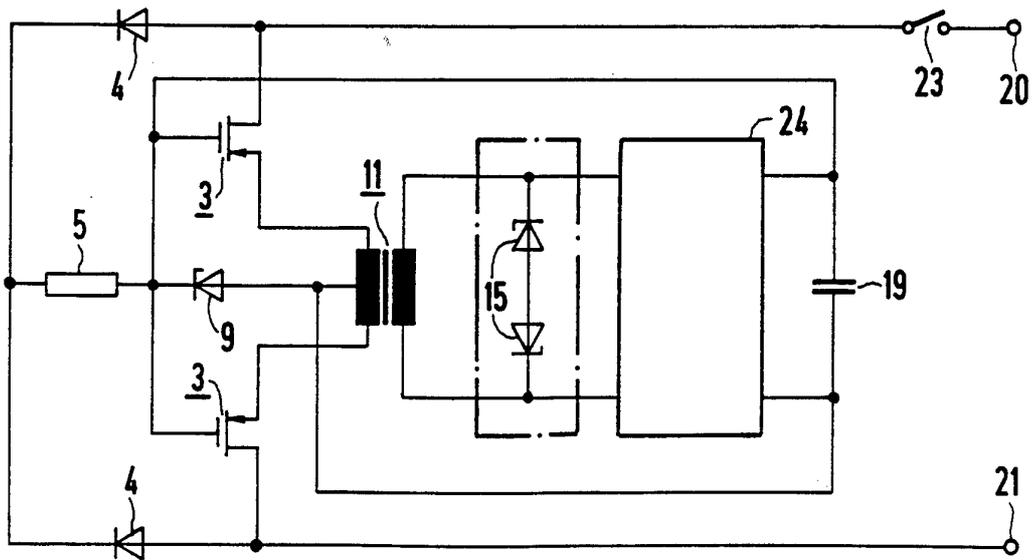


FIG 7

5/9

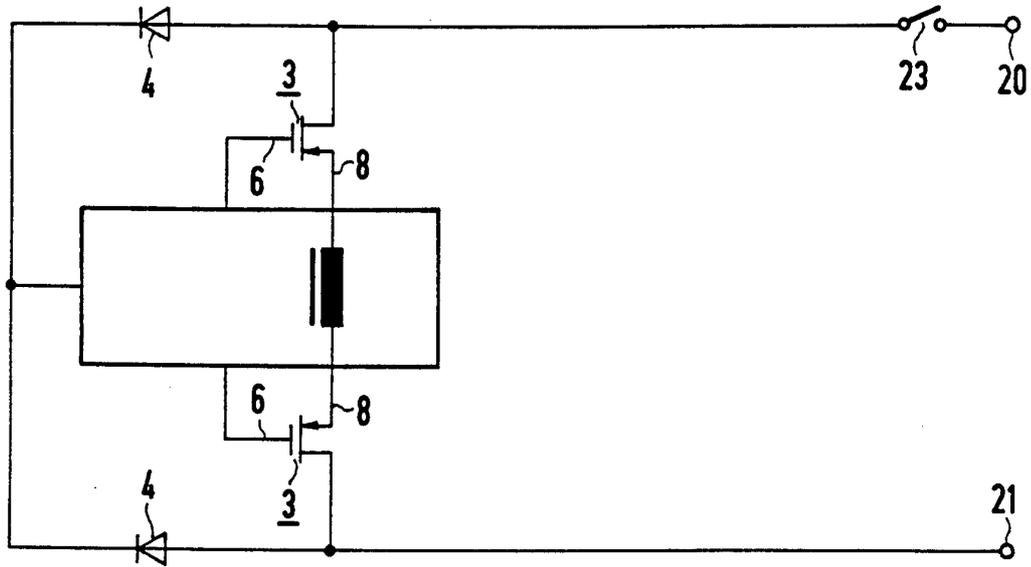


FIG 9

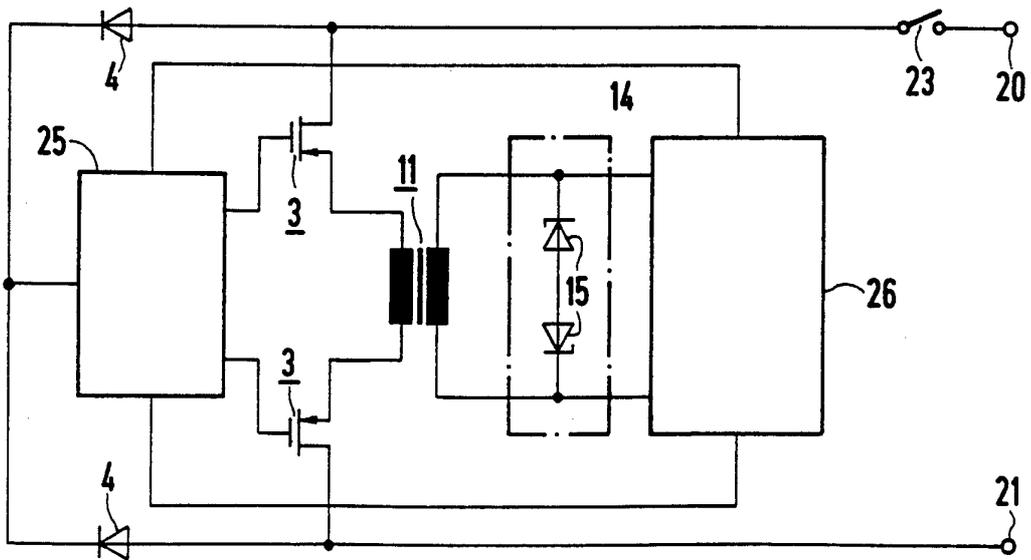


FIG 10

6/9

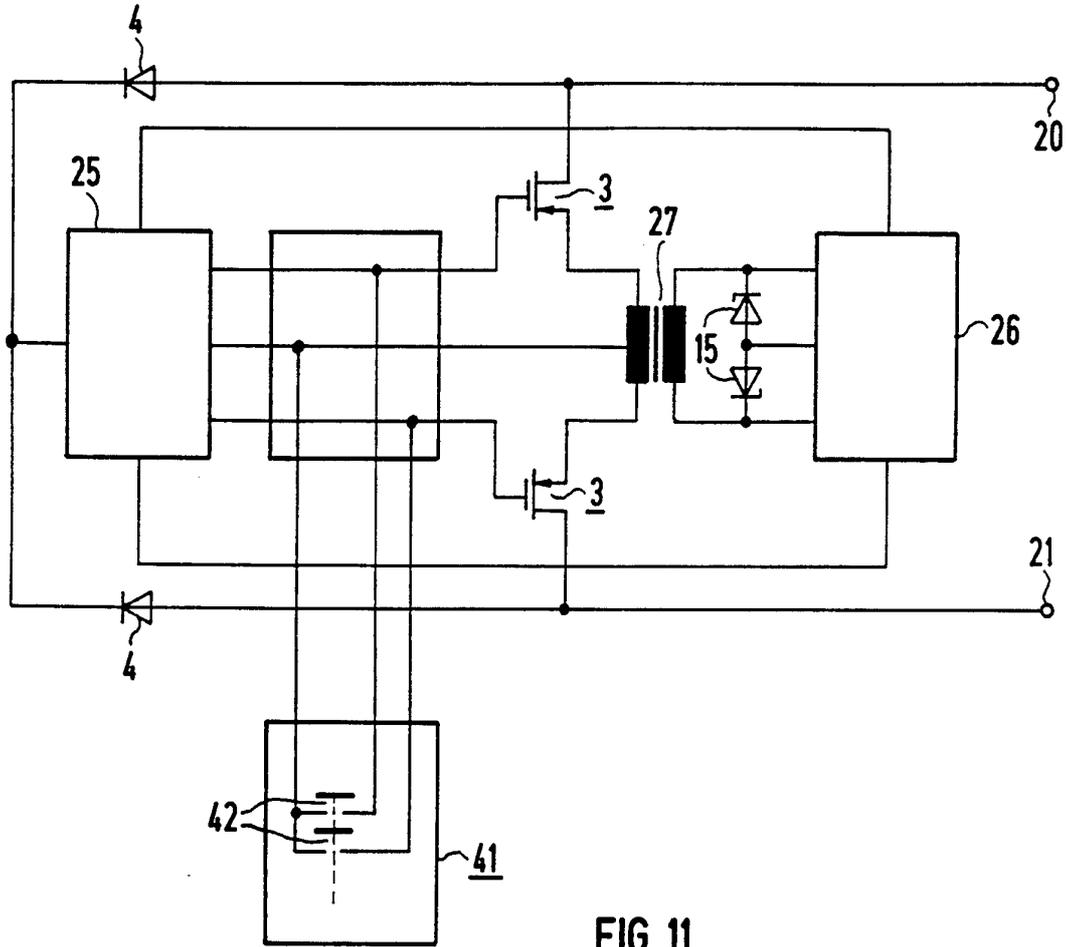


FIG 11

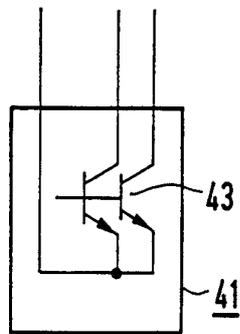


FIG 12

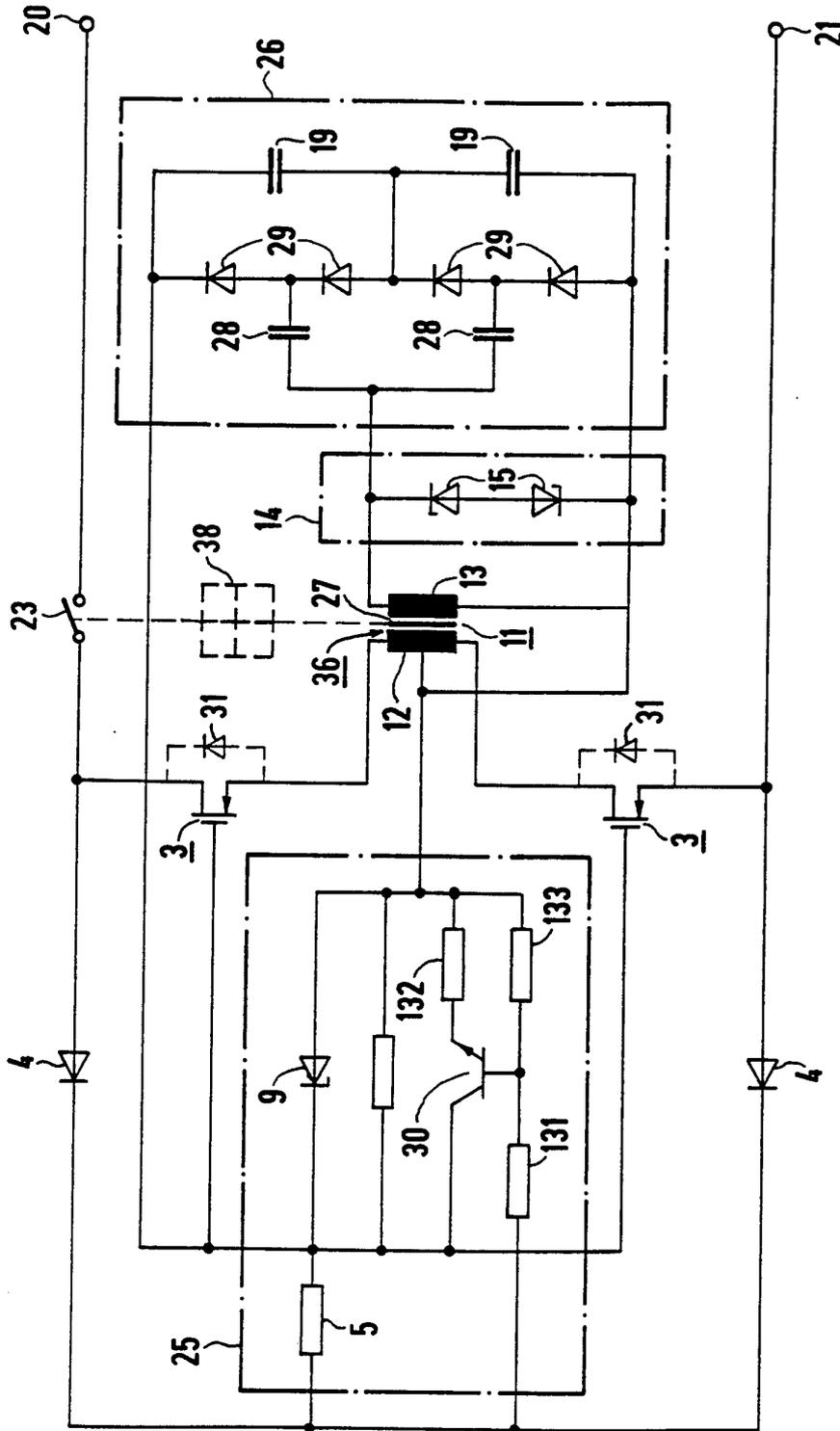


FIG 13

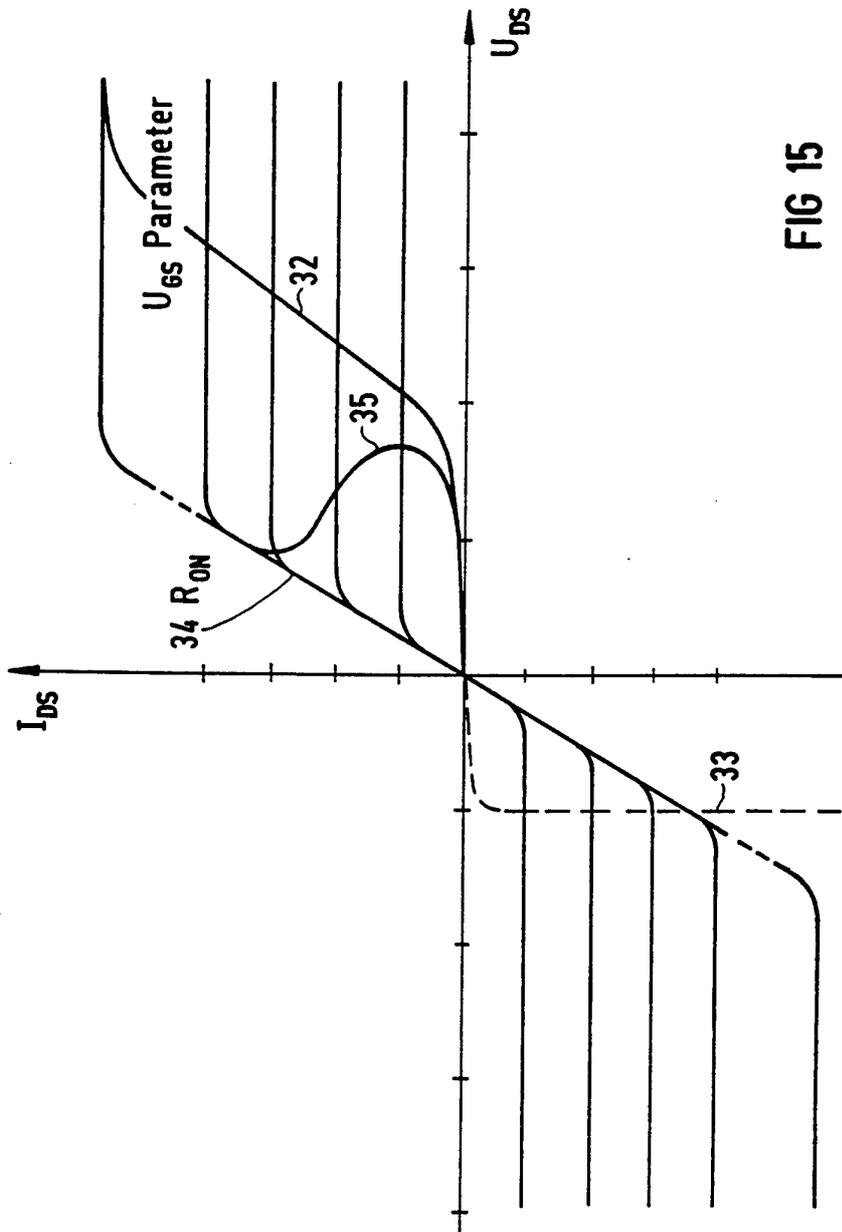


FIG 15

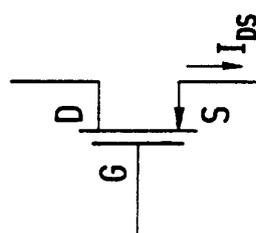
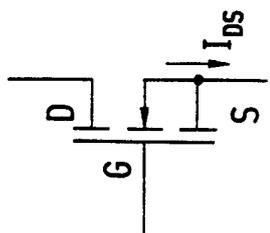


FIG 14

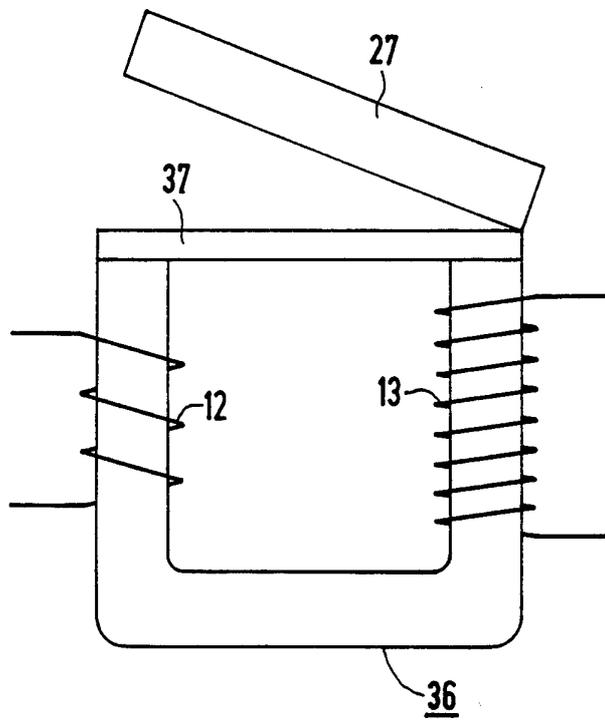


FIG 16

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/DE 93/00824

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
 IPC 6 H02H9/02 H03K17/08

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
 IPC 6 H02H H03K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 142 128 (SIEMENS) 22 May 1985 see page 4, line 35 - page 5, line 9; figure 2 ---	1
A	DE,A,36 34 070 (KABELMETAL ELEKTRO) 14 April 1988 see column 3, line 34 - column 4, line 24; figure 2 ---	1
A	WO,A,93 11608 (SIEMENS) 10 June 1993 cited in the application see abstract -----	1

Further documents are listed in the continuation of box C.

Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the international filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 May 1994

Date of mailing of the international search report

18.05.94

Name and mailing address of the ISA  
 European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+ 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+ 31-70) 340-3016

Authorized officer

Salm, R

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/DE 93/00824

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0142128	22-05-85	DE-A- 3340927 CA-A- 1260535 JP-A- 60118024	23-05-85 26-09-89 25-06-85
DE-A-3634070	14-04-88	NONE	
WO-A-9311608	10-06-93	AU-A- 2944292	28-06-93

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 93/00824

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
 IPK 6 H02H9/02 H03K17/08

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 IPK 6 H02H H03K

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 142 128 (SIEMENS) 22. Mai 1985 siehe Seite 4, Zeile 35 - Seite 5, Zeile 9; Abbildung 2 ---	1
A	DE,A,36 34 070 (KABELMETAL ELEKTRO) 14. April 1988 siehe Spalte 3, Zeile 34 - Spalte 4, Zeile 24; Abbildung 2 ---	1
A	WO,A,93 11608 (SIEMENS) 10. Juni 1993 in der Anmeldung erwähnt siehe Zusammenfassung -----	1

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen

Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- \*A\* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- \*E\* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- \*L\* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- \*O\* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- \*P\* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

\*T\* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

\*X\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

\*Y\* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

\*&\* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Mai 1994

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

18.05.94

Name und Postanschrift der Internationale Recherchenbehörde  
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2  
 NL - 2280 HV Rijswijk  
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Salm, R

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 93/00824

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP-A-0142128	22-05-85	DE-A- 3340927 CA-A- 1260535 JP-A- 60118024	23-05-85 26-09-89 25-06-85
DE-A-3634070	14-04-88	KEINE	
WO-A-9311608	10-06-93	AU-A- 2944292	28-06-93