

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
20. Juni 2002 (20.06.2002)

PCT

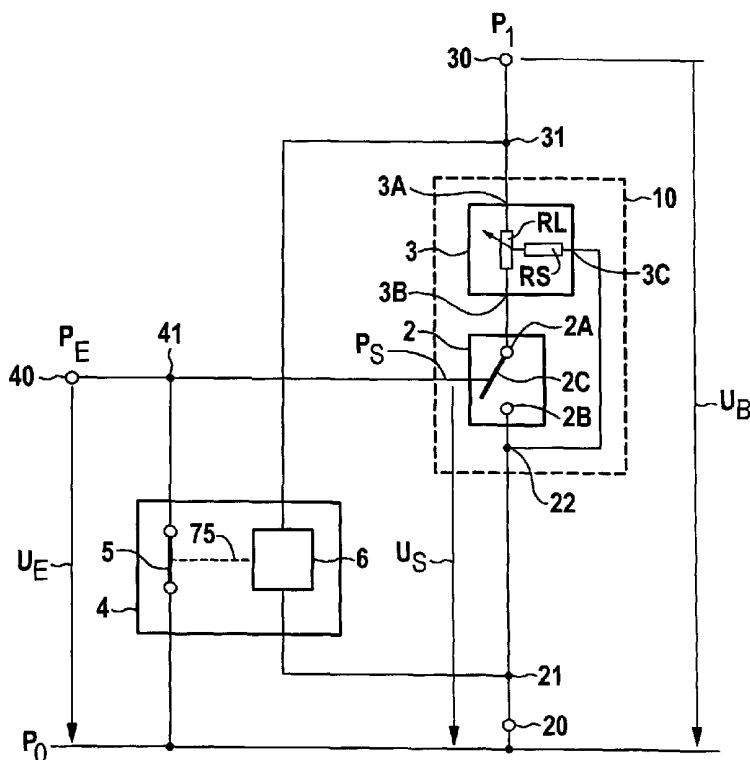
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 02/49215 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: H03K 17/082 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): FRIEDRICHS, Peter [DE/DE]; Trienter Strasse 2b, 90475 Nürnberg (DE). GRIEPENTROG, Gerd [DE/DE]; An der Schafleite 11, 91468 Gutenstetten (DE). MAIER, Reinhard [DE/DE]; Anna-Herrmann-Strasse 54, 91074 Herzogenaurach (DE). MITLEHNER, Heinz [DE/DE]; Danziger Strasse 1a, 91080 Uttenreuth (DE). SCHÖRNER, Reinhold [DE/DE]; Wiesenstrasse 27, 91091 Grossenseebach (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE01/04525
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Dezember 2001 (03.12.2001)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:
100 62 026.4 13. Dezember 2000 (13.12.2000) DE
- (74) Gemeinsamer Vertreter: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT; Postfach 22 16 34, 80333 München (DE).
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): CN, US.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: ELECTRONIC SWITCHING DEVICE

(54) Bezeichnung: ELEKTRONISCHE SCHALTEINRICHTUNG



(57) Abstract: The inventive switching comprises a) a working circuit (10, a1) to which an operating voltage (U_B) can be or is applied and which a2) has at least one electronic switching element (2), this switching element having at least one control terminal for applying a switching signal and being in switched off or switched on depending on said switching signal; and a3) at least one electronic protection element (3) for protecting the switching element in its switched on state from excessive Joule losses in the event of danger, especially in the event of an overload or a short circuit, whereby said protection element bears the predominant part of the operating voltage that is released at the working circuit, and b) switching-off means (4), which, in the event of danger, automatically switch the switching element to the switched off state, using the energy contained in the operating current or the operating voltage, when the operating voltage passing through the working circuit or the voltage that is released at the working circuit or at the protection element exceeds a predetermined upper limit value.

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 02/49215 A1



(84) Bestimmungsstaaten (*regional*): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

Erklärungen gemäß Regel 4.17:

- *hinsichtlich der Berechtigung des Anmelders, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten CN, europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR)*
- *Erfindererklärung (Regel 4.17 Ziffer iv) nur für US*

Veröffentlicht:

- *mit internationalem Recherchenbericht*
- *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen*

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(57) Zusammenfassung: Die Schalteinrichtung umfasst a) eine Arbeitsschaltung (10), a1) an die eine Betriebsspannung (UB) anlegbar oder angelegt ist und diea2) wenigstens ein elektronisches Schaltelement (2), das wenigstens einen Steueranschluss zum Anlegen eines Schaltsignals aufweist und sich abhängig von dem Schaltsignal in einem ausgeschalteten Zustand oder in einem eingeschalteten Zustand befindet, sowiea3) wenigstens ein elektronisches Schutzelement (3) zum Schutz des im eingeschalteten Zustand befindlichen Schaltelements vor zu hohen Jouleschen Verlusten in einem Gefährdungsfall, insbesondere in einem Überlastfall oder Kurzschlussfall, indem das Schutzelement einen überwiegenden Teil der an der Arbeitsschaltung abfallenden Betriebsspannung trägt, aufweist undb) Ausschaltmittel (4), die in dem Gefährdungsfall das Schaltelement unter Ausnutzung der in dem Betriebsstrom bzw. der Betriebsspannung enthaltenen Energie selbsttätig in den ausgeschalteten Zustand bringen, wenn der durch die Arbeitsschaltung fließende Betriebsstrom oder die an der Arbeitsschaltung oder an dem Schutzelement abfallende Spannung einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet.

Beschreibung

Elektronische Schalteinrichtung

5 Die Erfindung betrifft eine Schalteinrichtung.

Zum Versorgen eines elektrischen Verbrauchers (Gerätes, Last) mit elektrischer Energie oder Leistung wird der Verbraucher in der Regel über ein Schaltgerät (eine Schalteinrichtung) mit einem Leitungsabzweig eines elektrisches Versorgungsnetzes verbunden.

Das vor den Verbraucher in den Leitungsabzweig geschaltete Schaltgerät ist zum Ein- und Ausschalten des elektrischen Stromes für den elektrischen Verbraucher vorgesehen. Im normalen Betrieb (Nennbetrieb) schaltet das Schaltgerät die für den elektrischen Verbraucher erforderlichen Nennströme. In besonderen Situationen, beispielsweise beim Einschalten, kann der Verbraucher deutlich höhere elektrische Leistungen benötigen und dadurch der durch das Schaltgerät fließende elektrische Strom deutlich höher als der Nennstrom liegen. Man spricht dann von einem Überlaststrom. Schließlich kann durch einen Kurzschluss im elektrischen Verbraucher oder in den zum Verbraucher führenden Leitungen der Widerstand des Verbrauchers drastisch sinken oder entfallen und dadurch der durch das Schaltgerät fließende elektrische Strom sehr hohe Werte annehmen. Diese hohen Kurzschlussströme führen zu einer hohen Verlustleistung im Schaltgerät und Verbraucher und dadurch sehr schnell zu einer Beschädigung oder Zerstörung des Schaltgerätes oder Verbrauchers. Aus diesem Grund müssen die Schaltgeräte und Verbraucher vor über einen zu langen Zeitraum fließenden Überlastströmen oder Kurzschlussströmen geschützt werden. Dazu werden spezielle Schutzgeräte eingesetzt, die zum Schutz des Verbrauchers vor zu hohen Strömen den Leitungsabzweig vom Versorgungsnetz trennen, falls ein solcher kritischer Strom auftritt. Als Schutzgeräte werden

meistens Schmelzsicherungen Leitungsschutzschalter oder Leistungsschalter verwendet.

5 Zum Schutz vor Überlast- und Kurzschlussströmen sind Schaltgerä-
te wünschenswert, die selbst überlast- bzw. kurzschluss-
sicher sind und deshalb auch als eigensichere Schaltgeräte
bezeichnet werden. Solche eigensicheren Schaltgeräte sollen
sich und den Leitungsabzweig selbsttätig schützen, so dass
10 beim Einsatz solcher Schaltgeräte im Abzweig keinerlei Schä-
den durch Kurzschlussströme oder Überlastströme auftreten
können.

Zum Schalten elektrischer Ströme sind neben den überwiegend
eingesetzten mechanischen Schaltgeräten mit Schaltkontakten
15 auch elektronische Schaltgeräte bekannt, die mit Halbleiter-
bauelementen realisiert werden. Solche Halbleiterbauelemente
kann man unterteilen in stromgesteuerte Halbleiterbauelemen-
te, zu denen bipolare Transistoren und Thyristoren gehören,
einerseits und spannungsgesteuerte Halbleiterbauelemente wie
20 beispielsweise die unipolaren MOS (Metal-Oxide-Semiconductor)-
Feldeffekttransistoren (MOSFET) oder die bipolaren MOS-ge-
steuerten Thyristoren (MCT) oder die MOS-gesteuerten bipola-
ren Transistoren (IGBT) andererseits. Alle genannten Halblei-
terbauelemente können nur Ströme in einer Stromrichtung
25 (Durchlassrichtung), d. h. nur bei einer bestimmten Polarität
der anliegenden Betriebsspannung zwischen einem Durchlasszu-
stand und einem Sperrzustand geschaltet werden (schaltbarer
Zustand). Jedes Halbleiterbauelement kann in seinem Sperrzu-
stand nur bis zu einer maximalen Sperrspannung (Durchbruch-
30 spannung) sperren. Bei höheren Sperrspannungen geschieht ein
Ladungsträgerdurchbruch, der schnell zur Zerstörung des Bau-
elements führen kann.

Aus WO 95/24055 A1 ist eine elektrische Schalteinrichtung be-
35 kannt, bei der ein Halbleiterbauelement mit zwei antiseriell
geschalteten FETs und an beiden Seiten des Halbleiterbauele-
ments jeweils ein Unterbrecherkontakt in einen Leitungszug

geschaltet sind. Die Unterbrecherkontakte werden von einem Auslöseglied, das parallel zum Halbleiterbauelement geschaltet ist, ein- oder ausgeschaltet. Zwischen Gate und Source der beiden FETs liegt eine Steuerspannung einer Steuereinrichtung an. Im Leitungszug ist ein Stromsensor angeordnet, mit dem die Steuereinrichtung verbunden ist. Die Steuereinrichtung prüft, wann ein zulässiger Kurzschlussstrom erreicht bzw. überschritten wird und stellt die Steuerspannung für die beiden FETs dann so ein, dass der zulässige Kurzschlussstrom nicht überschritten wird, indem der Innenwiderstand der FETs über die Steuerspannung erhöht wird. Die Steuereinrichtung erzeugt die Steuerspannung mit Hilfe einer Hilfsenergie (Fremdenergie). Das Signal des Stromsensors dient nur zur Auswertung, wann ein Kurzschlussfall vorliegt oder nicht.

15

Die *WO 95/07571 A1* offenbart einen Wechselstromsteller mit zwei antiseriell geschalteten MOSFETs auf Basis von Siliciumcarbid. Jeder SiC-MOSFET ist über eine eigene Gate-Source-Steuerspannung ansteuerbar. Die Gate-Source-Spannung ist in Durchlassrichtung so groß eingestellt, dass sich eine gewünschte Begrenzung des Drain-Source-Stromes einstellt und im Inversbetrieb nur so groß, dass die inneren Body-Dioden der MOSFETs noch stromlos sind. Durch die Strombegrenzungseigenschaft dieser Schaltung können Kurzschlussströme auf ein akzeptables Niveau begrenzt und durch entsprechend laufend erniedrigte Gate-Source-Spannungen abgesenkt werden. Die Gate-Source-Spannungen werden mit Hilfe einer externen Energiequelle erzeugt.

25

Aus *DE 196 10 135 C1* ist eine elektronische Schalteinrichtung bekannt, die zwei elektrische Anschlüsse zum Anlegen elektrischer Betriebsspannungen, ein Halbleiterbauelement auf Siliciumbasis (Siliciumbauelement) und zusätzlich eine Halbleiteranordnung aufweist. Die Halbleiteranordnung umfasst ein erstes Halbleitergebiet eines vorgegebenen Leitungstyps und wenigstens ein weiteres Halbleitergebiet des entgegengesetzten Leitungstyps, zwischen denen jeweils ein p-n-Übergang ge-

35

bildet ist. Die Halbleitergebiete sind jeweils mit einem Halbleiter mit einer Durchbruchfeldstärke von wenigstens 10^6 V/cm gebildet, insbesondere Diamant, Aluminiumnitrid (AlN), Galliumnitrid (GaN), Indiumnitrid (InN) und vorzugsweise
5 Siliciumcarbid (SiC), insbesondere der Polytypen 3C, 4H und/oder 6H.

Es ist nun wenigstens ein an den p-n-Übergang angrenzendes Kanalgebiet im ersten Halbleitergebiet der Halbleiteranord-
10 nung mit dem Siliciumbauelement elektrisch in Reihe zwischen die beiden Anschlüsse geschaltet. Das Siliciumbauelement weist bei Betriebsspannungen einer vorgegebenen Polarität einen Durchlasszustand und einen Sperrzustand auf. Der p-n-Übergang der Halbleiteranordnung ist elektrisch zwischen die
15 beiden Anschlüsse in Sperrichtung für die Betriebsspannungen geschaltet. Wenn das Siliciumbauelement in seinem Sperrzustand ist, schnürt die Verarmungszone des wenigstens einen p-n-Übergangs das Kanalgebiet im ersten Halbleitergebiet ab oder überdeckt sogar das gesamte Kanalgebiet. Dadurch fällt
20 im Sperrzustand des Siliciumbauelements über der Verarmungszone des p-n-Übergangs bereits der größte Anteil der Betriebsspannung zwischen den beiden Anschlüssen ab. Aufgrund der hohen Durchbruchfeldstärke von wenigstens 10^6 V/cm des für die Halbleitergebiete des p-n-Übergangs vorgesehenen
25 Halbleiters kann der p-n-Übergang der Halbleiteranordnung deutlich höhere Sperrspannungen tragen als ein in Silicium gebildeter p-n-Übergang mit gleichen Ladungsträgerkonzentrationen und Abmessungen. Die Durchbruchfeldstärke von Silicium liegt zum Vergleich bei etwa $2 \cdot 10^5$ V/cm. Das Siliciumbauelement muss deshalb nur für den übrigbleibenden Teil der Sperrspannung zwischen den beiden Anschlüssen ausgelegt werden. Dies wiederum hat eine deutlich reduzierte Verlustleistung des Siliciumbauelements im Durchlassbetrieb zur Folge.
30 Am p-n-Übergang der Halbleiteranordnung liegt ferner im anderen Schaltungszweig die gesamte Betriebsspannung zwischen den beiden Anschlüssen als Sperrspannung an. Im Durchlasszustand des Siliciumbauelements wird das Kanalgebiet im ersten Halb-

leitergebiet der Halbleiteranordnung wieder geöffnet und es kann durch das Kanalgebiet nun ein elektrischer Strom zwischen den beiden Anschlüssen fließen.

5 Als Siliciumbauelement wird ein Leistungs-MOSFET, vorzugsweise vom Normally-off-Typ, oder auch ein MESFET (Metal-Semiconductor-Field-Effect-Transistor) vorgeschlagen. Die Halbleiteranordnung ist vorzugsweise als vertikaler JFET (Junction-Field-Effect-Transistor) ausgebildet. Die Source
 10 des JFET ist mit der Drain des Silicium-MOSFET kurzgeschlossen. Die Drain des JFET ist mit dem zweiten Anschluss der elektronischen Schalteinrichtung elektrisch verbunden. Das Gate des JFET ist mit dem ersten Anschluss der elektronischen Schalteinrichtung und der Source des Silicium-MOSFET elektrisch
 15 kurzgeschlossen. Mit einer solchen bekannten elektronischen Einrichtung, die als Hybrid-Leistungs-MOSFET oder Kaskodeschaltung bezeichnenbar ist, können insbesondere Sperrspannungen bis zu 5000 V und Durchlassströme zwischen 5 A und 5000 A erreicht werden, wenn als Halbleitermaterial für die
 20 Halbleiteranordnung Siliciumcarbid (SiC) verwendet wird. Kombiniert man in einer weiteren Ausführungsform der aus *DE 196 10 135 C1* bekannten elektronischen Einrichtung eine Halbleiteranordnung von einem IGBT-artigen Hybrid auf Basis von Siliciumcarbid (SiC) mit einem Silicium-MOSFET, so können
 25 Sperrspannungen von bis zu 10 000 V und Nennströme bis 100 A/Chip erreicht werden.

Die weitere Druckschrift *DE 198 33 214 C1* offenbart eine als Mesa-Struktur mit Epitaxie-Schichten aufgebaute JFET-Halbleiteranordnung, vorzugsweise auf Basis von Siliciumcarbid
 30 (SiC), als Schaltelement. Diese hochsperrende JFET-Halbleiteranordnung wird besonders für Umrichteranwendungen für drehzahlveränderbare Antriebe oder als Wechselspannungsschalter von Motorabzweigen vorgeschlagen, bei denen die
 35 schaltenden Bauelemente „normally off“ betrieben werden müssen, d. h. bei Stromausfall automatisch in den sperrenden Zustand übergehen sollen. Dazu wird vorgeschlagen, die hoch-

sperrende JFET-Halbleiteranordnung in einer Kaskodeschaltung mit einem Niedervolt-MOSFET bzw. Niedervolt-Smart-MOSFET zu verschalten, wobei der Niedervolt-FET in bekannter Silicium-Technologie hergestellt werden kann.

5

Sowohl bei der aus *DE 196 10 135 C1* bekannten als auch bei der in der *DE 198 33 214 C1* beschriebenen Kaskodeschaltung ist ohne eine zusätzliche Elektronik mit Hilfsenergieversorgung eine Eigensicherheit der Schalteinrichtung nur bedingt erfüllt. Zwar können im Vergleich zu herkömmlichen Halbleiterschaltetelementen auf Siliciumbasis wesentlich längere Überstrom- oder Kurzschlusszeiten erlaubt werden. Die bei einer Überlast oder einem Kurzschluss über längere Zeit aufgenommene Verlustleistung in der Halbleiteranordnung (dem JFET) der Kaskodeschaltung führt jedoch nach einigen Netzperioden (bei Wechselspannung) oder allgemein einiger Zeit des Anliegens des Überlast- oder Kurzschlussstromes dennoch zu einer thermischen Zerstörung des Schutzelements und damit Schaltelements.

20

In der *DE 196 10 135 C1* wird zwar vorgeschlagen, den Silicium-Leistungs-MOSFET durch einen sogenannten Smart-power-Silicium-MOSFET oder ein entsprechendes intelligentes Siliciumbauelement zum Schalten zu ersetzen, um die elektronische Einrichtung ausser mit Schaltfunktionen auch mit Schutzfunktionen, wie z. B. Überspannungsschutz oder Überstromabschaltung, auszustatten. Die *DE 196 101 135 C1* macht allerdings keine konkreten Angaben darüber, wie die Verschaltung in dem Smart-power-Silicium-MOSFET aussehen muss, um die genannten Schutzfunktionen, insbesondere die Überstromabschaltung, zu realisieren, insbesondere da der Sättigungsstrom des JFET im normalen ohmschen Arbeitsbereich des Silicium-MOSFET liegt und deshalb für den MOSFET kein detektierbarer Überstrom ist.

35

Die weitere Druckschrift *DE 34 45 340 A1* offenbart einen Einrichtungs- oder Zweirichtungsschalter, der in einen Leitungs-

abzweig eine Netzspannung von 220 V und 50 Hz mit einer Last in Reihe geschaltet ist. Der Schalter umfasst in der Ausführung als Einrichtungsschalter einen MOSFET und einen dazu in Reihe geschalteten Widerstand (R1) und in einer Ausführung als Zweirichtungsschalter zwei antiseriell geschaltete MOSFETs mit einem zwischen die beiden FETs geschalteten Widerstand (R1). Die an dem Widerstand (R1) abfallende Spannung wird von einer Strombegrenzungsschaltung mit einem weiteren Widerstand und einem bipolaren Transistor im Falle des Einrichtungsschalters und mit zwei Widerständen und zwei bipolaren Transistoren im Falle des Zweirichtungsschalters abgegriffen. Die Strombegrenzungsschaltung ist mit dem Gate jedes MOSFET verbunden und reduziert die zwischen Gate und Source anliegende Steuerspannung am MOSFET, wenn der Spannungsabfall an dem Widerstand (R1) größer als 0,6 V wird. Die Strombegrenzungsschaltung regelt den Strom durch den Widerstand (R1) und damit durch den gesamten Schalter auf einen Wert im Gleichgewichtszustand, der einen Spannungsabfall verursacht, der der Basis-Emitter-Spannung der bipolaren Transistoren der Strombegrenzungsschaltung entspricht. Wegen des immer in Reihe liegenden Widerstandes (R1) der Strombegrenzungsschaltung weist dieser bekannte Schalter jedoch auch im Nennbetrieb hohe elektrische Verluste auf. Die Strombegrenzung geschieht über die MOSFET-Schaltelemente selbst, deren elektrischer Widerstand durch die Veränderung der Gate-Spannung durch die Strombegrenzungsschaltung gesteuert wird.

Der Schalter gemäß DE 34 45 340 A1 weist ferner einen Kurzschlusschutz auf, indem zwei zusätzliche Transistoren (FET3 und FET4) vorgesehen werden. Ein FET (FET4) bildet einen Steuerschalter, der zusammen mit einem Widerstand (R5) zwischen die beiden Pole der Steuerspannung geschaltet ist. Das Gate dieses Steuerschalter-FET ist mit der Source des anderen FET (FET3) verbunden. Die Drain dieses anderen FET wiederum ist über eine Diode (Da) mit einem Pol der Netzspannung verbunden, während sein Gate mit dem Plus-Pol der Steuerspannung verbunden ist. Wenn die Last kurzgeschlossen wird, steigt der

Strom im Einschaltzustand auf den begrenzten Wert an. Wenn dieser erreicht ist, erscheint die momentane Wechselspannung über die Diode Da am Drain des zweiten FET (FET3). Die Gate-Spannung am FET3 ist bei Ansteuerung der Schaltung positiv.

5 Das Spannungsniveau an Source von FET3 ist gleich dem des Gates von FET4 und ebenfalls positiv, so dass der FET4 leitet. Dies bewirkt, dass die Steuerspannung an dem oder den Gates der MOSFETs auf einen kritischen Wert unterhalb der thermischen Gate-Source-Spannung reduziert wird und der

10 Schalter abschaltet.

Allerdings ist diese bekannte Schaltung im Kurzschlussfall sehr gefährdet, da der MOSFET (FET1) Kurzschlussströme nur wenige Mikrosekunden thermisch aushält und danach zerstört

15 wird und die mit den beiden Transistoren FET3 und FET4 gebildete Abschaltung kein derart schnelles Abschalten gewährleisten kann. Gemäß der *DE 34 45 340 A1* soll sowohl die Strombegrenzung als auch die Kurzschlusschutzfunktion mit Abschalten des MOSFET ohne Fremdenergie funktionieren. Das

20 Abgreifen des Spannungsabfalls an dem Schaltelement zum Abschalten des Schaltelementes selbst ist jedoch nicht praktikabel, da der MOSFET mit einem möglichst geringen Durchlasswiderstand ausgelegt werden muss, um Schaltverluste zu minimieren, und deshalb erheblichen thermischen Belastungen aus-

25 gesetzt ist, bis die zum Abschalten erforderliche Überspannung im Kurzschlussfall erreicht ist. Dieser bekannte Schalter ist deshalb nicht eigensicher.

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, eine elektronische Schalteinrichtung und ein Verfahren zum Betreiben einer Schalteinrichtung anzugeben, bei denen auch ohne Zufuhr von Hilfsenergie eine zuverlässige Eigensicherheit der Schalteinrichtung erreicht wird.

35 Diese Aufgabe wird gemäß der Erfindung gelöst durch eine Schalteinrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 bzw. ein

Verfahren zum Betreiben einer Schalteinrichtung gemäß dem fakultativ auf Anspruch 1 rückbezogenen Anspruch 42.

Die in den Ansprüchen 1 und 42 beanspruchte Erfindung geht
5 aus von einer Schalteinrichtung mit einer Arbeitsschaltung
(Betriebsschaltung) aus wenigstens einem elektronischen und
wenigstens einem, im allgemeinen zum Schaltelement elektrisch
in Reihe geschalteten, elektronischen Schutzelement. An die
Arbeitsschaltung ist eine Betriebsspannung anlegbar oder an-
10 gelegt. Das Schaltelement ist über ein an wenigstens einen
Steueranschluss anlegbares Schaltsignal zwischen einem ausge-
schalteten Zustand und einem eingeschalteten Zustand hin- und
herschaltbar. Das Schutzelement schützt das Schaltelement im
eingeschalteten Zustand, also wenn ein Betriebsstrom durch
15 die Schaltung aus Schutzelement und Schaltelement fließt, vor
einer zu hohen thermischen Belastung in einem Gefährdungs-
fall, insbesondere in einem Überlastfall oder im Kurzschluss-
fall, bei dem durch die Arbeitsschaltung wesentlich höhere
Ströme als im normalen Betrieb (Nennbetrieb) fließen oder als
20 prospektive Ströme fließen würden und das Schaltelement durch
die resultierende Joulesche Verlustwärme thermisch gefährden
würden. Dazu trägt (oder: übernimmt, nimmt auf) das Schutz-
element bei eingeschaltetem Schaltelement im Gefährdungsfall
den überwiegenden oder wesentlichen Teil der Betriebsspannung
25 (Spannungsabfall) und übernimmt damit auch entsprechend den
überwiegenden Teil der in der Arbeitsschaltung im Gefähr-
dungsfall auftretenden Jouleschen Verlustleistung. Das
Schutzelement ist entsprechend robust ausgeführt. Eine spe-
zielle Schaltung und Ausführung mit diesen Eigenschaften ist
30 aus der eingangs erwähnten DE 196 101 35 C1 an sich bekannt.

Bei über einen zu langen Zeitraum fließenden hohen Strömen
und somit hohen Verlustenergien (i.e. über die Zeit integ-
rierte Verlustleistung) ist bei einer solchen Schalteinrich-
35 tung aber auch das Schutzelement thermisch gefährdet.

Die Erfindung beruht nun auf dem ersten Gedankenschritt, das Schaltelement im Gefährdungsfall bei Eintreten eines durch Überschreiten eines kritischen Strom- oder Spannungswertes (oder: oberen Grenzwertes, Schwellwertes, Maximalwertes) gekennzeichneten Abschalt- oder Ausschaltkriteriums abzuschalten und so die über dem Schutzelement abfallende Überspannung und zu große thermische Energie zu beseitigen. Zum Ausschalten wird der durch die Arbeitsschaltung fließende Betriebsstrom oder die an der gesamten Arbeitsschaltung oder dem Schutzelement abfallende Betriebsspannung herangezogen und ein entsprechender zugehöriger oberer Grenzwert.

Die Erfindung basiert ferner auf dem zweiten Gedankenschritt, die für das Abschalten des Schaltelements erforderliche Energie nicht von einer externen Fremd- oder Hilfsenergiequelle zu beziehen, sondern direkt aus der an der Arbeitsschaltung zur Verfügung stehenden elektrischen Betriebsenergie. Das Ausschalten des Schaltelements im Gefährdungsfall gemäß der Erfindung geschieht somit völlig autark und kann nicht durch ein Ausbleiben von Hilfsenergie gefährdet werden. Die elektronische Schalteinrichtung und das Verfahren zum Betreiben einer Schalteinrichtung gemäß der Erfindung sind somit vollständig eigensicher. Die gemäß der Erfindung ausgestaltete oder betriebene Schalteinrichtung weist somit die Flexibilität elektronischer Schaltgeräte und zugleich eine Robustheit auf, die mit mechanischen Schaltgeräten vergleichbar ist.

Vorteilhafte Ausgestaltungen, Weiterbildungen und Anwendungen der Schalteinrichtung ergeben sich aus den vom Anspruch 1 abhängigen Ansprüchen.

In einer ersten Ausführungsform weisen die Ausschaltmittel der Schalteinrichtung wenigstens drei Anschlüsse auf, von denen zwei Eingänge sind und einer ein Ausgang ist. Die beiden Eingänge sind mit der Arbeitsschaltung mit Schaltelement und Schutzelement verbunden derart, dass an oder zwischen den Eingängen die Betriebsspannung selbst oder ein über oder in

der Schaltung mit Schaltelement und Schutzelement abfallender Teil der Betriebsspannung oder der durch die Schaltung fließender Betriebsstrom oder ein davon abgezwigter Teil abgreifbar oder abgegriffen ist. Aus dieser an den Eingängen abgegriffenen elektrischen Größe, Spannung oder Strom, bilden die Ausschaltmittel nun ein Schaltsignal, das am Ausgang bereitgestellt wird und damit am Steueranschluss des Schaltelements anlegbar oder angelegt ist. Das Schaltsignal der Ausschaltmittel lässt den Zustand des Schaltelements im Normalbetrieb unberührt, solange der Gefährdungsfall nicht auftritt. Wenn der Gefährdungsfall aber eintritt, dann ändern die Ausschaltmittel mit Hilfe der in Betriebsspannung oder Betriebsstrom vorhandenen elektrischen Energie das Schaltsignal am Ausgang und schalten mit dem geänderten Schaltsignal das Schaltelement aus, bringen das Schaltelement also in den Sperrzustand oder stromlosen Zustand.

Eine besonders vorteilhafte Ausführungsform der Schalteinrichtung ist dadurch ausgezeichnet, dass die Ausschaltmittel einen Steuerschalter zum Ausschalten des Schaltelements umfassen. Der Steuerschalter wird nun zwischen den Steueranschluss des Schaltelements und einen Schaltpunkt geschaltet, an dem ein Signal anliegt, das bei Durchschalten des Steuerschalters auf den Steueranschluss des Schaltelements das Schaltelement ausschaltet, also einem Ausschaltsignal entspricht. Dieses an dem Schaltpunkt anliegende Signal kann insbesondere ein im wesentlichen konstantes elektrisches Potential, vorzugsweise Erdpotential oder Massepotential, sein. An einen Steueranschluss des Steuerschalters wird nun ein Steuersignal angelegt, das aus der Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom erzeugt ist. Das Steuersignal schaltet den Steuerschalter ein, bringt ihn also in seinen Durchlasszustand oder eingeschalteten Zustand, wenn der Gefährdungsfall vorliegt. Umgekehrt, wenn also der Gefährdungsfall nicht vorliegt, wird der Steuerschalter über ein entsprechend geändertes Steuersignal ausgeschaltet, also in seinen Sperrzustand oder ausgeschalteten Zustand gebracht. Dies hat nun zur

Folge, dass im Nennbetrieb (i.e. Normalbetrieb, kein Gefährdungsfall) das Ausschaltsignal, insbesondere das konstante Potential, am auf der anderen Seite des Steuerschalters befindlichen Schaltpunkt durch den Steuerschalter vom Steueranschluss des Schaltelements entkoppelt und damit nicht wirksam ist zur Steuerung des Schaltelements. Im Gefährdungsfall dagegen schaltet der Steuerschalter das Ausschaltsignal am Schaltpunkt, ggf. über weitere Schaltungsbausteine, auf den Steueranschluss des Schaltelements durch. Das durchgeschaltete Steuerpotential oder Schaltsignal des Schaltpunktes bewirkt nun das Übergehen des Schaltelements in dessen Sperrzustand. Das Ausschaltsignal hält nun das Schaltelement im Gefährdungsfall geschlossen (ausgeschaltet) unabhängig davon, wie weit der aktuelle Wert der Betriebsspannung oder des Betriebsstromes über dem oberen Grenzwert liegt oder lag.

Da das Steuersignal für den Steuerschalter in den meisten Fällen unterhalb der Betriebsspannung an der Betriebsschaltung liegen wird, wird die Betriebsspannung in einer bevorzugten Weiterbildung durch einen Spannungsteiler heruntergeteilt und eine erhaltene Teilspannung oder ein daraus abgeleiteter Strom als Schaltsignal verwendet. Der Spannungsteiler ist dann Bestandteil der Ausschaltmittel.

Ebenso kann auch der Betriebsstrom heruntergeteilt werden, indem in den Strompfad für den Betriebsstrom oder für einen zum Betriebsstrom in eindeutiger Beziehung stehenden Abzweigstrom (Teilstrom, Monitorstrom) ein Abgreifwiderstand geschaltet wird und das Schaltsignal aus der am Abgreifwiderstand abgegriffenen Abgreifspannung erzeugen, gegebenenfalls wieder unter Zwischenschaltung eines Spannungsteilers.

Zwischen den Steueranschluss des Schaltelements und den Schaltpunkt mit dem Ausschaltsignal ist vorzugsweise ein Entkopplungswiderstand zum Steuerschalter in Reihe geschaltet. Dieser Entkopplungswiderstand ist insbesondere Teil eines

Spannungsteilers zum Teilen der Betriebsspannung oder der Abgreifspannung.

In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform umfasst der
5 Steuerschalter der Ausschaltmittel wenigstens einen Steuer-
transistor. Der Steuertransistor ist vorzugsweise ein MISFET
(Metall-Insulator-Semiconductor-Field-Effect-Transistor),
insbesondere ein MOSFET. Das Schaltsignal ist dann insbeson-
10 dere ein Steuerpotential oder eine Steuerspannung zwischen
Gate und Source. Besonders vorteilhaft ist die Verwendung ei-
nes selbstsperrenden (normally-off) MISFET oder MOSFET (An-
reicherungstyp). Ein solcher selbstsperrender MISFET ist bei
einer Steuerspannung von 0 V oder unterhalb einer Schwell-
15 spannung im sperrenden (ausgeschalteten) Zustand und benötigt
zum Einschalten oder Übergang in den Durchlasszustand eine
aktive Schalt- oder Steuerspannung, die betragsmäßig größer
als 0 V ist und im allgemeinen oberhalb der Schwellspannung
liegen muss. Zur Aufrechterhaltung des eingeschalteten Zu-
20 standes eines solchen selbstsperrenden MISFET ist also wegen
der nie ganz zu vermeidenden Verluste immer eine gewisse Min-
destenergie erforderlich. Diese Energie wird im Gefährdungs-
fall aus der Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom bezogen.
Wenn der Gefährdungsfall nicht mehr vorliegt, wird der
selbstsperrende MISFET wieder ausgeschaltet. Der selbstsperr-
25 rende MISFET ermöglicht dadurch eine automatische Rücksetzung
des Schaltzustandes des Schaltelements zurück in den einge-
schalteten oder schaltbaren Zustand für den Nennbetrieb.

Der Steuertransistor kann aber auch ein (stromgesteuerter)
30 bipolarer Transistor (vom npn- oder pnp-Typ) oder ein (span-
nungsgesteuerter) IGBT (Insulated-Gate-Bipolar-Transistor)
sein. Ferner kann als Steuerschalter auch ein anderes schalt-
fähiges Bauelement oder Halbleiterbauelement verwendet wer-
den, beispielsweise ein Thyristor oder ein MCT (MOS-
35 Controlled-Thyristor).

Wenn die Schalteinrichtung in einer vorteilhaften Anwendung in einen Leitungsabzweig eines elektrischen Versorgungsnetzes, insbesondere eines Niederspannungsnetzes (typischerweise zwischen 230 V und 690 V als Effektivwert der Betriebs-
5 spannung im Nennbetrieb) vor einen elektrischen Verbraucher geschaltet wird, so trennt die Schalteinrichtung auch den Verbraucher im Überlastfall oder Kurzschlussfall rechtzeitig von dem Netz und verhindert so Schäden am Verbraucher.

10 Nun wird im Überlastfall oder Kurzschlussfall zwar das Schaltelement durch die Ausschaltmittel ausgeschaltet und damit der Stromfluss durch die Schalteinrichtung auf einen unkritischen Wert begrenzt. Jedoch sinkt nach dem Ausschalten des Schaltelements der Betriebsstrom und damit die an der
15 Schaltung aus Schaltelement und Schutzelement abfallende Betriebsspannung wieder auf einen Wert unterhalb des zugehörigen kritischen oberen Grenzwertes ab. Damit ist die Steuergröße für die Ausschaltmittel, insbesondere den Steuerschalter, wieder im unkritischen Bereich außerhalb des Gefährdungsfallbereiches. Hierauf sind grundsätzlich zwei Verhaltensweisen der Ausschaltmittel möglich.

Bei einer ersten Variante halten die Ausschaltmittel nach dem Ausschalten des Schaltelements im Gefährdungsfall den ausgeschalteten Zustand des Schaltelements zumindest für einen bestimmten Zeitraum (Mindestzeitintervall) selbsttätig aufrecht, benötigen insbesondere also nach dem einmaligen Abschaltvorgang keine weitere Energie mehr aus der Betriebs-
25 spannung oder dem Betriebsstrom.

30
In einer zweiten Variante werden die Ausschaltmittel deaktiviert, sobald der Gefährdungsfall nicht mehr vorliegt. Die Ausschaltmittel erzeugen dann unmittelbar nachdem die Betriebsspannung oder der Betriebsstrom den oberen Grenzwert
35 wieder unterschritten hat, kein Ausschaltsignal mehr am Steueranschluss des Schaltelements.

Die in der ersten Variante zum Tragen kommende Aufrechterhaltung des ausgeschalteten Zustandes des Schaltelementes auch nach (vorübergehender) Beendigung des Gefährdungsfalles kann nun in einer Untervariante dauerhaft (permanent) und unabhängig vom weiteren Verlauf der Betriebsspannung oder des Betriebsstromes sein, beispielsweise indem als Steuerschalter ein mechanischer Schalter gewählt wird. In dieser Ausführungsform wird dann vorzugsweise ein zusätzlicher Hilfsenergieanschluss zum Wiedereinschalten (nicht zum Abschalten) des Schaltelements oder ein besonderer Eingriff an den Ausschaltmitteln erforderlich sein, damit das Schaltelement nach Behebung eines Gefährdungsfalles wieder frei schaltbar wird. Diese Ausführungsform ist deshalb für praktische Anwendungen nicht sehr gut geeignet.

15

Wesentlich geeigneter für die in der Praxis auftretenden Schaltanforderungen ist dagegen in einer anderen Untervariante der ersten Variante eine Ausführungsform der Schalteinrichtung, bei der die Ausschaltmittel das Schaltelement im Gefährdungsfall ausschalten und anschließend das Schaltelement nur für ein vorgegebenes Zeitintervall in dem ausgeschalteten Zustand halten. Während dieses Zeitintervalls ist dann das von den Ausschaltmitteln gelieferte Steuersignal unabhängig von der aktuell anliegenden Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom und entspricht dem Ausschalt-Schaltsignal für das Schaltelement. Die Ausschaltmittel halten somit den ausgeschalteten Zustand des Schaltelements für das vorgegebene Mindestzeitintervall aufrecht, auch wenn der Gefährdungsfall nicht mehr vorliegt. Nach Ablauf des Zeitintervalls ist dagegen das Schaltsignal der Ausschaltmittel wieder abhängig von der aktuell anliegenden Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom und geht erst wieder bei Auftreten eines erneuten Gefährdungsfalles in den Ausschaltmodus über. Das Schaltelement ist somit im Nennbetrieb wieder frei schaltbar.

35

In einer vorteilhaften Ausführungsform umfassen die Ausschaltmittel zur Aufrechterhaltung des ausgeschalteten Zu-

standes des Schaltelements bzw. des entsprechenden Ausschalt-Schaltsignals für das Schaltelement wenigstens einen Kondensator, der vorzugsweise zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zugehörigen Schaltpunkt (mit dem Ausschaltsignal) geschaltet ist. Der Kondensator speichert die dem Betriebsstrom entnommenen Ladungen und hält dadurch eine Spannung an seinen beiden Kondensatorplatten aufrecht. Diese Kondensatorspannung wird vorzugsweise durch eine parallel zum Kondensator geschaltete Zenerdiode geeignet geklemmt. Die Zenerdiode ist insbesondere zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zugehörigen Schaltpunkt geschaltet und dient zur Einstellung der Steuerspannung, auch wenn kein Kondensator vorhanden ist. In einer bevorzugten Weiterbildung ist dem Kondensator ein Entladewiderstand parallel geschaltet. Das Mindestzeitintervall für die Aufrechterhaltung des Ausschaltsignals am Steueranschluss des Schaltelements ist nun durch die Entladungszeit (Zeitkonstante) der aus Kondensator und Entladewiderstand gebildeten Parallelschaltung bestimmt.

20

In der Regel handelt es sich bei der Betriebsspannung und damit dem Betriebsstrom um eine zeitlich veränderliche, meist auch in der Polarität wechselnde (alternierende), Größe, beispielsweise eine periodisch alternierende Spannung oder Strom (Wechselspannung bzw. Wechselstrom), wie sie üblicherweise von elektrischen Energieversorgungsnetzen oder elektrischen Generatoren bereitgestellt wird. Eine solche Wechselspannung oder ein solcher Wechselstrom hat idealerweise einen sinusförmigen zeitlichen Verlauf.

30

Die Wahl einer alternierenden Betriebsspannung hat nun den Effekt, dass im Überlast- oder Kurzschlussfall der Überlast- oder Kurzschlussstrom ebenfalls die Polarität ändert, insbesondere mit der Periode der Betriebsspannung oszilliert. Wenn also der Betriebsstrom durch die Ausschaltmittel bei Überschreiten des Grenzwertes in einer Halbperiode (Halbwelle) reduziert oder ganz abgeschaltet wird, so wird durch die

35

Rückkopplung auf die Ansteuerung der Ausschaltmittel das Schaltelement wieder in den leitenden Zustand gebracht (eingeschaltet). Die Schaltung mit Schaltelement und Schutz-
element wird deshalb elektrisch und thermisch durch die Verlust-
leistung bei unterhalb des Grenzwertes liegenden Strom- oder
5 Spannungswerten in jeder Halbwelle belastet.

Dieses Wiedereinschalten des Schaltelementes während einer Phase einer Polarität, insbesondere einer Halbperiode (Halb-
10 welle), der alternierenden Betriebsspannung kann verhindert werden durch die schon beschriebene Ausführungsform mit Aufrechterhaltung des ausgeschalteten Zustandes des Schaltelementes für eine vorgegebene Mindestzeitdauer. Die Mindestzeitdauer, während der das Schaltelement durch die Ausschalt-
15 mittel im Sperrzustand (nicht leitenden Zustand) gehalten wird, wird dazu mindestens so groß wie die halbe Periodendauer der Betriebswechselspannung gewählt, um in derselben Halbperiode, in der der Gefährdungsfall auftrat, keine oder nur noch geringe weitere Verluste zu erlauben. Vorzugsweise
20 ist die Mindestzeitdauer für die Abschaltung des Schaltelementes wenigstens so groß wie die volle Periodendauer der Betriebswechselspannung gewählt, um auch die Halbperiode mit entgegengesetzter Polarität der Betriebswechselspannung zu überbrücken.

25 Um eine Schalteinrichtung zu realisieren, die auch Betriebsspannungen wechselnder Polarität, insbesondere (periodische) Wechselspannungen, eigensicher schalten kann, werden zwei im allgemeinen gleiche Schaltungen aus jeweils einem Schaltelement und einem Schutz-
30 element antiseriell in den Strompfad geschaltet und jeweils mit zugehörigen Abschaltmitteln versehen. Außerdem können auch zum Schutz der Arbeitsschaltung bei entgegengesetzter Polarität der Betriebsspannung Schutzmittel wie beispielsweise eine parallel geschaltete Schutzdiode
35 vorgesehen sein.

Die Arbeitsschaltung aus Schaltelement und Schutzelement weist im allgemeinen einen ersten Anschluss und einen zweiten Anschluss auf. An den beiden Anschlüsse ist dann die Betriebsspannung anzulegen. Ein erster der beiden Anschlüsse
5 der Arbeitsschaltung ist nun vorteilhafterweise mit dem dem Steuerschalter zugeordneten Schaltpunkt verbunden und liegt vorzugsweise auf gleichem elektrischen Potential wie dieser Schaltpunkt. Die aktive Phase der Betriebsspannung liegt folglich am anderen, zweiten Anschluss an.

10

Der Steueranschluss des Steuerschalters kann nun mit dem zweiten Anschluss für die Betriebsspannung verbunden sein. Vorzugsweise umfassen die Ausschaltmittel dann zwischen dem Steuerschalter und dem zweiten Anschluss einen zusätzlichen
15 spannungsfesten Schalter, beispielsweise ebenfalls einen MISFET oder MOSFET, um die Ausschaltmittel im Bedarfsfall deaktivieren zu können und zusätzliche Verluste in den Ausschaltmitteln zu vermeiden, wenn das Schaltelement im ausgeschalteten Zustand ist.

20

Für den Nennbetrieb der Schalteinrichtung sind in der Regel Steuermittel vorgesehen, die mit dem Steueranschluss des Schaltelements, insbesondere über einen Eingangswiderstand, verbunden oder verbindbar sind und im Nennbetrieb ein Schalt-
25 signal zum Ein- oder Ausschalten des Schaltelements an dessen Steueranschluss anlegen. Die nun zunächst bestehende Konkurrenz zwischen der Ansteuerung des Schaltelements durch die Steuermittel einerseits und die Ausschaltmittel andererseits wird vorzugsweise so aufgelöst, dass die Steuermittel den
30 Schaltzustand des Schaltelements bestimmen, wenn nicht der Gefährdungsfall vorliegt, und die Ausschaltmittel den Schaltzustand des Schaltelements bestimmen, wenn der Gefährdungsfall eintritt. Dazu aktivieren und/oder deaktivieren die Steuermittel und die Ausschaltmittel sich vorzugsweise je-
35 weils im entsprechenden Fall gegenseitig.

Eine Aktivierung der Ausschaltmittel durch die Steuermittel kann so realisiert sein, dass ein Steueranschluss des spannungsfesten Schalters mit den Steuermitteln verbunden ist und die Steuermittel den spannungsfesten Schalter einschalten.

5 Dadurch schaltet der spannungsfeste Schalter durch und das Steuersignal am Schaltanschluss des Steuerschalters ist mit der Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom an bzw. in der Arbeitsschaltung gekoppelt.

10 In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform schalten die Steuermittel den spannungsfesten Schalter gemeinsam (zeitgleich, synchron) mit dem Schaltelement ein. Dadurch werden die Ausschaltmittel von den Steuermitteln nur dann aktiviert, wenn das Schaltelement im eingeschalteten Zustand ist. Ist
15 das Schaltelement dagegen bereits von den Steuermitteln ausgeschaltet, so müssen die Ausschaltmittel nicht mehr aktiviert werden und die durch die Zusatzbeschaltung der Ausschaltmittel verursachten Verluste können vermieden werden.

20 Um ein negatives Ansteuern während der entgegengesetzten Polarität der Betriebswechselspannung zu vermeiden, kann zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zweiten Anschluss für die Betriebsspannung zusätzlich eine Diode geschaltet sein. Außerdem wird zur Einstellung des Signalpegels
25 an dem Schaltanschluss des Steuerschalters zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zweiten Anschluss für die Betriebsspannung noch vorzugsweise ein Zwischenwiderstand geschaltet.

30 In einer besonderen Ausführungsform umfasst das Schaltelement einen unter dem Handelsnamen HITFET bekannten besonderen, von einem MISFET abgeleiteten Feldeffekttransistor, der einen zusätzlichen Strommonitorausgang umfasst. Die Ausschaltmittel greifen nun an dem Strommonitorausgang des HITFET den Betriebsstrom oder ein vom Betriebsstrom eindeutig abhängendes
35 Stromsignal zum Erzeugen des Schaltsignals, das an den Steu-

eranschluss des HITFET angelegt oder anlegbar ist, ab, vorzugsweise über einen Abgreifwiderstand.

In allen Ausführungsformen ist das elektronische Schutzelement auf Basis wenigstens eines Halbleiters gebildet, der
5 eine Durchbruchfeldstärke von wenigstens 10^6 V/cm und/oder einen Bandabstand von wenigstens 2 eV umfasst und somit zum Sperren höherer Spannungen geeignet ist. Dadurch kann das Schutzelement einen besonders hohen Anteil der Betriebsspannung im Gefährdungsfall tragen. Geeignete Halbleitermaterialien sind Siliciumcarbid (SiC), insbesondere vom β -Polytyp (3C)-, oder von einem α -Polytyp, beispielsweise 15R-, 4H- oder 6H-Polytyp, Galliumnitrid (GaN), Diamant, Aluminiumnitrid (AlN) und Indiumnitrid (InN). Das bevorzugte Halbleitermaterial ist Siliciumcarbid (SiC) wegen seiner hohen
15 Durchbruchfestigkeit, geringen Verlustleistung, hohen Temperaturbeständigkeit, chemischen Resistenz und hohen Wärmeleitfähigkeit.

Für das Schaltelement steht dagegen ein möglichst gutes Schaltverhalten im Vordergrund und weniger die Spannungsfestigkeit, die vom Schutzelement weitgehend übernommen wird. Das elektronische Schaltelement ist deshalb vorzugsweise auf Basis eines oder mehrerer Halbleiter aus der Silicium (Si),
25 Galliumarsenid (GaAs) und Germanium (Ge) umfassenden Gruppe von Halbleitern aufgebaut.

Das Schutzelement soll nun zwar im Gefährdungsfall einen (möglichst) großen Anteil der an der Arbeitsschaltung abfallenden Betriebsspannung und entsprechend der Joulschen Verluste aufnehmen, beispielsweise wenigstens 70 % und vorzugsweise wenigstens 90 %, jedoch umgekehrt im Normalbetrieb (Nennbetrieb), also bei normal betriebenen Verbraucher ohne Überlast und Kurzschluss und damit bei deutlich geringeren
35 Nennströmen, möglichst geringe Durchlassverluste haben. Das Verhältnis aus der am Schutzelement abfallenden Spannung und der am Schaltelement abfallende Spannung und somit auch das

Verhältnis aus der im Schutzelement freiwerdenden Jouleschen Verlustleistung und der im Schaltelement freiwerdenden Jouleschen Verlustleistung muss im Nennbetrieb deutlich kleiner sein als im Gefährdungsfall. Vorzugsweise nimmt deshalb
5 der Anteil des vom Schutzelement übernommenen Spannungsabfalls und damit der Jouleschen Wärmeleistung im Gefährdungsfall gegenüber dem Nennbetrieb entsprechend stark zu. Es kann dann auch der absolute Wert des am Schaltelements abfallenden
10 Teils der Betriebsspannung unterhalb eines vorgegebenen Maximalwertes, beispielsweise 100 V oder auch 50 V, gehalten werden. Eine solche im Gefährdungsfall relativ zur Spannungsaufnahme am Schaltelement ansteigende Spannungsaufnahme am Schutzelement kann mit einem entsprechend stromlimitierenden Bauelement erreicht werden.

15 Besonders geeignet ist ein Bauelement, das ein Sättigungsverhalten zeigt, bei dem also in der Strom-Spannungs-Kennlinie im Durchlassbereich der Strom sich bei steigender Spannung einem Sättigungsstrom nähert oder diesen annimmt. Der für den
20 Eintritt des Gefährdungsfalles maßgebliche oder diesen definierende obere Grenzwert für Spannung oder Strom in der Arbeitsschaltung liegt vorzugsweise innerhalb des Bereiches, in dem das Schutzelement in Sättigung geht oder gegangen ist. Das Schutzelement hat in seiner Sättigung eine sehr flache
25 Strom-Spannungs-Kennlinie. Die Empfindlichkeit bei der Spannungserfassung ist dann wesentlich höher als bei der Stromerfassung, so dass hier die Überwachung des Spannungsabfalls über dem Schutzelement oder der Arbeitsschaltung mit Schutzelement und Schaltelement besonders effektiv ist. Der Sättigungsstrom des Schutzelements ist vorzugsweise kleiner, beispielsweise um einen Faktor von wenigstens 2 oder sogar wenigstens 3, als der thermische Grenzstrom des Schaltelements. Der thermische Grenzstrom ist der maximal zulässige Strom, bei dem noch keine thermische Zerstörung stattfindet.

35 Das Schutzelement kann die anliegende Sperrspannung über wenigstens einen in Sperrichtung betriebenen p-n-Übergang

und/oder wenigstens einen Schottky-Übergang tragen, bei denen jeweils die Bildung von Verarmungszonen zum Sperren der Spannung charakteristisch ist.

5 Bevorzugte Bauelementstrukturen für das Schutzelement und/oder das Schaltelement sind JFET (Junction-Field-Effect-Transistor)-, MESFET (Metall-Semiconductor-Field-Effect-Transistor)- und/oder MISFET-, insbesondere MOSFET-, Strukturen.

10 In einer besonders vorteilhaften Kombination ist das Schutzelement mit einer JFET-Struktur oder einer MESFET-Struktur und das Schaltelement mit einer MISFET-Struktur ausgestattet. Es sind dann in der als Kaskodeschaltung bezeichnenbaren Arbeitsschaltung der Gateanschluss der JFET-Struktur oder
15 MESFET-Struktur des Schutzelements mit dem Sourceanschluss der MISFET-Struktur des Schaltelements verbunden und der Sourceanschluss der JFET-Struktur oder MESFET-Struktur des Schutzelements mit dem Drainanschluss der MISFET-Struktur des Schaltelements verbunden.

20 Die Schalteinrichtung ist in einer vorteilhaften Anwendung in einen Leitungsabzweig, insbesondere einen Leitungsabzweig eines elektrischen Versorgungsnetzes, vor einen elektrischen Verbraucher geschaltet.

25 Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, in deren

30 FIG 1 eine Ausführungsform einer Schalteinrichtung mit einer spannungsabhängigen Abschaltung in einer Prinzipskizze,
FIG 2 eine Ausführungsform einer Schalteinrichtung mit einer stromabhängigen Abschaltung in einer Prinzipskizze,
FIG 3 eine spezielle Ausführungsform einer Schalteinrichtung mit einer spannungsabhängigen Abschaltung mittels einer
35 Transistorschaltung und

FIG 4 eine spezielle Ausführungsform einer Schalteinrichtung mit einer stromabhängigen Abschaltung mittels einer Transistorschaltung und einem HITFET als Schaltelement

5 jeweils schematisch dargestellt sind. Einander entsprechende Teile sind in den FIG 1 bis 4 mit denselben Bezugszeichen versehen.

Die Schalteinrichtungen gemäß FIG 1 und 2 umfassen jeweils
10 eine Arbeitsschaltung 10 aus einem elektronischen Schaltelement 2 mit drei elektrischen Anschlüssen (Kontakten, Elektroden) 2A, 2B und 2C und einem elektronischen Schutzelement 3 mit drei elektrischen Anschlüssen 3A, 3B und 3C. Die gesamte Arbeitsschaltung 10 ist zwischen zwei elektrische Anschlüsse
15 20 und 30 geschaltet, zwischen denen eine Betriebsspannung U_B anliegt oder anlegbar ist. Der erste Anschluss 20 liegt dabei auf einem Potential P_0 und der zweite Anschluss auf einem Potential P_1 . Das Potential P_0 ist im allgemeinen im wesentlichen konstant, insbesondere Erd- oder Massenpotential, während das Potential P_1 der aktiven Phase entspricht. In einen
20 Strompfad zwischen den beiden Anschlüssen 20 und 30 sind das Schaltelement 2 und das Schutzelement 3 elektrisch in Reihe geschaltet, indem der Anschluss 2B des Schaltelements 2 mit dem Anschluss 20 verbunden ist, der Anschluss 2A des Schaltelements 2 mit dem Anschluss 3B des Schutzelements 3 und der
25 Anschluss 3A des Schutzelements 3 mit dem Anschluss 30.

Über den dritten Anschluss 3C des Schutzelements 3 ist das Schutzelement 3 ferner in einen zweiten, parallel zum ersten
30 Strompfad verlaufenden Strompfad zwischen die Anschlüsse 20 und 30 geschaltet, indem der Anschluss 3C über einen Schaltpunkt 22 mit dem Anschluss 2B des Schaltelementes 2 verbunden ist.

35 Das elektronische Schaltelement 2 ist mit einem Schaltersymbol dargestellt und mittels eines an dem Steueranschluss 2C anliegenden Schaltsignals zwischen einem Durchlasszustand

(eingeschalteter Zustand, leitender Zustand, Zustand mit niedrigem Durchlasswiderstand) und einem Sperrzustand (ausgeschalteter Zustand, nicht-leitender Zustand, Zustand mit sehr hohem Durchlasswiderstand) hin und her schaltbar ist. Im

5 Durchlasszustand kann zwischen den beiden Anschlüssen 2A und 2B ein elektrischer Strom (Durchlassstrom) durch das Schaltelement 2 fließen. Im Sperrzustand dagegen fließt nur noch ein praktisch vernachlässigbarer Sperrstrom. Das dem Durchlasszustand des Schaltelements entsprechende Schaltsignal P_s

10 wird im folgenden auch als Einschalt-Schaltsignal und das dem Sperrzustand des Schaltelements entsprechende Schaltsignal P_s auch als Ausschalt-Schaltsignal bezeichnet. Das Schaltsignal P_s ist abhängig vom Bauelement des Schaltelements 2 ein elektrisches Steuerpotential oder auch ein elektrischer Steuer-

15 strom, kann aber auch bei optischer Ansteuerung ein Lichtsignal sein. Im allgemeinen ist das Schaltelement 2 ein Halbleiterbauelement auf Basis von Silicium (Si), insbesondere ein MOSFET, MESFET, Thyristor, IGBT oder MCT.

20 Das Schutzelement 3 hat die Aufgabe, das Schaltelement 2 vor zu hohen Spannungen und Strömen zu schützen. Insbesondere hat das Schutzelement 3 das Schaltelement 2 sowohl in dessen Durchlasszustand als auch in dessen Sperrzustand zumindest überwiegend gegen die anliegende Betriebsspannung U_B zu ent-

25 lasten, so dass das Schaltelement nur für eine vorgegebene maximale Sperrspannung ausgelegt werden muss, die deutlich niedriger als die maximale Betriebsspannung ist. Im Durchlasszustand des Schaltelements 2 soll das Schutzelement 3 im Nennbetrieb möglichst geringe Durchlassverluste, also einen

30 möglichst geringen elektrischen Widerstand, haben. Darüber hinaus soll das Schutzelement 3 im Durchlasszustand des Schaltelements 2 durch die Arbeitsschaltung 10 fließende Überlastströme, die üblicherweise wenigstens das Dreifache oberhalb der Nennströme liegen, oder die noch wesentlich höher ansteigenden Kurzschlussströme begrenzen, so dass das

35 Schaltelement 2 nicht durch diese zu hohen Ströme zu hohen Verlustleistungen und damit der Gefahr einer thermischen Zer-

störung ausgesetzt ist. Der elektrische Widerstand im Schutzelement 3 muss deshalb bei Überlastströmen und erst recht bei Kurzschlussströmen deutlich höher sein als bei Nennströmen, damit das Schutzelement 3 die hohen Ströme wirkungsvoll begrenzen kann. Das wiederum bedeutet, dass das Schutzelement 3 im Überlast- oder Kurzschlussfall entsprechend hohe Spannungsabfälle aufnimmt. Die schaltungstechnische Realisierung dieser Funktionen des Schutzelements 3 ist durch einen steuerbaren Widerstand R_L in Reihe zum Schaltelement 2 und einen sehr hohen Widerstand R_S (oder auch eine Kapazität) parallel zum Schaltelement 2 angedeutet. Wenn sich die Kennlinien von Schutzelement und Schaltelement im ohmschen Bereich befinden, entspricht das Verhältnis der Spannungsabfälle an den beiden Elementen auch dem Verhältnis ihrer jeweiligen elektrischen Widerstände. Das Verhältnis aus dem am Schutzelement abfallenden Teil der Betriebsspannung und dem am Schaltelement abfallenden Teil der Betriebsspannung im eingeschalteten Zustand des Schaltelementes, also bei Stromfluss, ist im Gefährdungsfall im allgemeinen größer als 7 : 3, insbesondere größer als 9 : 1 und vorzugsweise sogar größer als 10 : 1.

In der Praxis kann ein Halbleiterbauelement als Schutzelement 3 verwendet werden, das bei Überlastströmen oder spätestens bei Kurzschlussströmen in Sättigung, also in einem Bereich der Kennlinie mit einem mit zunehmender Spannung praktisch nicht mehr zunehmenden Strom und damit einem sehr hohen elektrischen Widerstand, ist und im Nennbetrieb im allgemeinen in einem ohmschen Bereich der Kennlinie mit geringem Widerstand ist. Beispiele für solche Bauelemente sind Feldeffekttransistoren, insbesondere JFETs, MESFETs und MOSFETs, oder IGBTs.

Das Schutzelement 3 ist aufgrund seiner genannten Eigenschaften spannungsfester ausgebildet als das Schaltelement 2 und dazu vorzugsweise mit einem Halbleitermaterial mit einem hohen Bandabstand von wenigstens 2 eV oder einer hohen Durchbruchfeldstärke von wenigstens 1.000.000 V/cm gebildet. Das

bevorzugte Halbleitermaterial für das Schutzelement 3 ist, im
allgemeinen einkristallines, Siliciumcarbid (SiC), insbeson-
dere eines oder mehrerer vorgegebener Polytypen wie dem β -Po-
lytyp (3C-Polytyp) oder einem z. B. α -Polytyp (4H-, 6H- oder
5 15R-Polytyp).

Legt man an den Steueranschluss 2C des Schaltelements 2 ein
Einschalt-Schaltsignal P_s an, so sind das Schaltelement 2 als
auch das Schutzelement 3 jeweils im Durchlasszustand, so dass
10 durch die Arbeitsschaltung 10 ein Betriebsstrom fließen kann.
Dieser Betriebsstrom ist im störungsfreien Betrieb bei Nor-
mallast im Nennstrombereich. Das Schutzelement 3 ist nicht in
Sättigung.

15 Im Falle einer Überlast oder eines Kurzschlusses geht nun das
Schutzelement 3 in Sättigung und begrenzt den Strom auf den
Sättigungsstrom. Hält dieser Überlastfall oder Kurzschluss-
fall über längere Zeit an, so tritt im Schutzelement 3 eine
erhebliche Verlustwärme (Joulesche Wärme) auf, die auch das
20 an sich robuste Schutzelement 3 beschädigen oder zerstören
kann.

Aus diesem Grund sind gemäß der Erfindung Ausschaltmittel
(Abschalteinrichtung) 4 vorgesehen, die in einem Gefährdungs-
25 fall wie einem Überlast- oder einem Kurzschlussfall das
Schaltelement 2 ausschalten und dadurch den Stromfluss durch
die Reihenschaltung 10 auf den Sperrstrom begrenzen. Das
Schutzelement 3 wird dadurch wieder entlastet.

30 Die FIG 3 zeigt eine konkrete Ausführungsform der Arbeits-
schaltung 10, die als Kaskodeschaltung aus einem mit T1 be-
zeichneten JFET als Schutzelement 3 und einem mit T2 bezeich-
neten MOSFET als Schaltelement 2 ausgebildet ist. Diese
Kaskodeschaltung ist an sich bekannt und beispielsweise in
35 der DE 196 10 135 C1 beschrieben. Ausführungsbeispiele für
den JFET T1 als Schutzelement 3 sind außer in dieser
DE 196 10 135 C1 auch in der DE 198 33 214 C1 beschrieben.

Der Offenbarungsgehalt beider Druckschriften *DE 196 10 135 C1* und *DE 198 33 214 C1* wird in den Inhalt der vorliegenden Anmeldung miteinbezogen.

5 Der JFET T1 ist auf Basis von Siliciumcarbid (SiC) gebildet, der MOSFET T2 auf Basis von Silicium (Si). Die Source 2B des MOSFET T2 ist mit dem Anschluss 20, die Drain 2A des MOSFET mit der Source 3B des JFET T1, die Source 3A des JFET T1 mit dem Anschluss 30, das Gate 3C des JFET T1 mit der Source 2B
10 des MOSFET T2 und dem Anschluss 20 verbunden. Zum Schalten des MOSFET T2 ist an dessen Gate 2C ein Steuerpotential P_s angelegt. Die Gate-Source-Spannung des MOSFET T2 ist die entsprechende Steuerspannung $U_s = P_s - P_0$. Dieses Steuerpotential P_s entspricht im Nennbetrieb dem über einen Eingangswider-
15 stand R1 anliegenden Eingangspotential P_E (oder der Eingangsspannung $U_E = P_E - P_0$ an einem Steuereingang 40. Der MOSFET T2 ist vom selbstsperrenden Typ (Normally-off-Typ), so dass bei einer Steuerspannung $U_s = 0$ V der MOSFET T2 im ausgeschalteten Zustand ist und erst bei einer Steuerspannung U_s , die
20 größer als ein bestimmter Schwellwert liegt, der MOSFET T2 aufgesteuert wird und in seinen leitenden oder eingeschalteten Zustand übergeht.

Das Verhalten des Schutzelements 3, also des JFET T1, bei An-
25 liegen einer Betriebsdurchlassspannung ist abhängig von dem durch den JFET T1 fließenden elektrischen Betriebsstrom. Bei Erreichen eines bestimmten kritischen Stromwertes (Sättigungsstrom) geht der JFET T1 durch Abschnürung des Kanalgebietes in Sättigung und reduziert bei gleichbleibender oder
30 auch weiter steigender Spannung den Strom unter den Sättigungsstromwert.

Falls nun im Gefährdungsfall, beispielsweise im Überlast- oder Kurzschlussfall, die Spannung am JFET T1 weiter steigt,
35 nachdem der Strom bereits den Sättigungsstromwert erreicht hat, steigt die elektrische Verlustleistung im JFET T1, und der JFET T1 erwärmt sich weiter. Mit der steigenden internen

Temperatur nimmt nun die Beweglichkeit derjenigen Ladungsträger, die durch das Kanalgebiet des JFET T1 fließen, ab. Aufgrund dieses Rückkopplungseffektes begrenzt der JFET T1 auch einen stark anwachsenden elektrischen Strom wie im Kurzschlussfall schnell auf einen unkritischen Stromwert (Begrenzungstrom), der deutlich unter dem Sättigungsstrom im kalten Zustand liegt. Allerdings kann der JFET T1 diese Begrenzung des Überlast- oder Kurzschlussstromes nur für eine bestimmte Zeitdauer aufrechterhalten, wegen der hohen Verlustleistung. Bei über mehrere Spannungsperioden anhaltenden Kurzschlussströmen ist die Arbeitsschaltung 10 deshalb nicht zuverlässig eigensicher.

Für den Gefährdungsfall ist deshalb eine spezielle Zusatzbeschaltung als Ausschaltmittel 4 vorgesehen. Diese Zusatzbeschaltung der Ausschaltmittel 4 ist parallel zur Arbeitsschaltung 10 zwischen die beiden Anschlüsse 20 und 30 geschaltet.

Die Ausschaltmittel 4 umfassen einen Steuertransistor T3 als Steuerschalter 5. Der Steuertransistor T3 ist ebenfalls ein selbstsperrender MOSFET, insbesondere ein handelsüblicher Silicium-MOSFET. Die Source des Steuertransistors T3 ist mit dem Anschluss 20 verbunden. Die Drain des Steuertransistors T3 ist über einen Entkopplungswiderstand R2 auf einen Schaltpunkt 41 geschaltet, der zwischen dem Eingangswiderstand R1 für das Eingangspotential P_E und dem Gate 2C des MOSFET T2 liegt. Zwischen Source der Steuertransistors T3 und Gate des Steuertransistors T3 ist eine Parallelschaltung aus einer Zenerdiode Z1 und einem Kondensator C1 geschaltet. Das Gate des Steuertransistors T3, die Zenerdiode Z1 und der Kondensator C1 sind sternförmig auf einen Schaltpunkt 42 geschaltet, an dem sternförmig zusätzlich ein spannungsfester, weiterer Transistor T4, der vorzugsweise wieder als Normally-off-MOSFET ausgebildet ist, mit seiner Source geschaltet ist. Zwischen dem Drain dieses Transistors T4 und dem zweiten Anschluss 30 der Arbeitsschaltung 10 ist eine Reihenschaltung

aus einem Zwischenwiderstand R_3 und einer Diode D geschaltet. An dem Gate des Transistors T_4 liegt ferner unmittelbar das Eingangspotential P_E des Steuereingangs 40 an.

5 Die Signalhöhe des am Gate des Steuertransistors T_3 anliegenden Steuersignals S ist nun abhängig von der zwischen den Anschlüssen 20 und 30 anliegenden Betriebsspannung. Durch die Wahl des Widerstandswertes des Zwischenwiderstandes R_3 und der Zenerspannung der Zenerdiode Z_1 ist eine Schwellspannung
 10 oder ein Grenzwert für das Steuersignal S festgelegt, der einem bestimmten Grenzwert der Betriebsspannung zwischen den Anschlüssen 20 und 30 eindeutig entspricht. Solange die Betriebsspannung unter ihrem Grenzwert bleibt, bleibt der Steuertransistor T_3 in seinem Sperrzustand und das Schaltsignal
 15 P_S am Gate 2C des MOSFET T_2 ist durch das Eingangspotential P_E am Steuereingang 40 bestimmt. In diesem Nennbetriebsfall kann also über den Steuereingang 40 das Schaltelement 2 und damit die Arbeitsschaltung 10 in einer gewünschten Weise ein- oder ausgeschaltet werden.

20

Falls nun jedoch in einem Gefährdungsfall die Betriebsspannung zwischen den Anschlüssen 20 und 30 den vorgegebenen Grenzwert überschreitet, so nimmt das Steuersignal S am Gate des Steuertransistors T_3 einen über dessen Schwellspannung
 25 liegenden Wert an und der Steuertransistor T_3 wird durchgeschaltet. Dadurch liegt nun das Gate 2C des MOSFET T_2 über den Schaltpunkt 41, den Entkopplungswiderstand R_2 und den durchgeschalteten Steuertransistor T_3 an dem auf dem Potential P_0 (Sourcepotential) liegenden Anschluss 20 an. Die
 30 Steuerspannung U_S am Gate 2C des MOSFET T_2 wird somit auf einen Wert unterhalb der Schwellspannung herabgesetzt, so dass der MOSFET T_2 abgeschaltet wird. Dadurch geht die gesamte Arbeitsschaltung 10 in den sperrenden, nicht leitenden Zustand über.

35

Somit wird über die Ausschaltmittel 4 die Kaskodeschaltung oder Arbeitsschaltung 10 bei einem Auftreten eines Überlast-

oder Kurzschlussfalles selbsttätig abgeschaltet. Die Widerstände R1 und R2 dienen zur Entkopplung von der Ansteuerung für die Arbeitsschaltung 10 am Steuereingang 40. Die Diode D verhindert ein negatives Ansteuern während der entsprechenden Polarität der Spannung an der Arbeitsschaltung 10.

Bei Unterschreiten der kritischen Spannung an der Zenerdiode Z1, was einem „Nulldurchgang“ der zwischen den Anschlüssen 20 und 30 anliegenden Betriebsspannung (Netzspannung) U_B entspricht, wird der durch den Steuertransistor T3 über das Schaltelement 2, den MOSFET T2, hervorgerufene Sperrzustand des JFET T1 aufgehoben, wodurch eine Wiedereinschaltung verursacht wird. Liegt der Kurzschluss- oder Überlastfall nicht mehr vor, dann fällt die wiederkehrende Netzspannung U_B am Verbraucher bzw. am abgangseitigen Leerlauf ab. Hierdurch bleibt das Schutzelement 3, das mit dem JFET T1 gebildet ist, weiterhin leitfähig. Liegt hingegen der Überlast- oder Kurzschlussfall noch vor, dann wird nach dem oben beschriebenen Wirkungsmechanismus wieder eine Spannung an der Arbeitsschaltung 10 abfallen und wieder erfindungsgemäß eine Sperrung des JFETs T1 (Schutzelement 3) vorgenommen.

Der Grenzwert der Betriebsspannung U_B , bei der der Steuertransistor T3 durchgeschaltet wird, liegt vorzugsweise im Bereich der Sättigung des JFET T1, der das Schutzelement 3 bildet. Nach dem Erreichen des Sättigungsstromes im Überlast- oder Kurzschlussfall in der Arbeitsschaltung 10 erfolgt ein schneller Anstieg des Spannungsabfalls an der Arbeitsschaltung 10 bis zu einer durch zusätzliche Beschaltung oder Avalanche-Effekt bestimmten Spannungshöhe. Dieser Spannungsabfall an der Arbeitsschaltung (Kaskode) 10 wird ausgenutzt, um den vorgeschalteten Steuertransistor T3 aufzusteuern und dadurch ein Abschalten des Silicium-MOSFET T2 und damit des JFET (SiC-Transistors) T1 herbeizuführen. Durch diese Abschaltung wird der durch die Transistoren T1 und T2 der Arbeitsschaltung 10 fließende Reststrom so beschränkt, dass

eine thermische Zerstörung des JFET (SiC-Transistors) T1 vermieden wird.

Die Zusatzbeschaltung der Ausschaltmittel 4 sollte nur im
5 eingeschalteten Zustand des Schaltelements 2, also bei einem
Schaltsignal $U_S > 0$ V an dessen Steuerelektrode, aktiv sein,
um eventuelle Verluste im Sperrfall zu minimieren. Dazu dient
der in den Zusatzzweig der Ausschaltmittel 4 eingebaute als
spannungsfester Schalter wirkende Transistor T4, der zusammen
10 mit dem MOSFET T2 der Arbeitsschaltung 10 von dem Eingangs-
potential P_E (der Eingangsspannung U_E) aktiviert wird.

Durch die Erweiterung des Spannungsteilers in den Ausschalt-
mitteln 4 durch den Kondensator C1, dessen Spannung durch die
15 Zenerdiode Z1 geklemmt ist, bleibt auch bei abnehmender
Drainspannung an der Arbeitsschaltung 10 die Steuerspannung
 U_S für das Schaltelement 2, den MOSFET T2, erhalten und die
Arbeitsschaltung 10 schaltet sich bei abnehmender Netzspan-
nung nicht mehr automatisch ein. Wird in einer nicht darge-
20 stellten Ausführungsform dem Kondensator C1 noch ein geeig-
neter Entladewiderstand parallel geschaltet, so kann der Sperr-
zustand des Transistors T1 entsprechend der Zeitkonstante der
Entladung nach dem Verschwinden des Kurzschlusses oder Über-
lastfalles wieder aufgehoben werden.

25 In der Ausführungsform gemäß FIG 3 wird also zum Ausschalten
des MOSFET T2 und damit der Arbeitsschaltung 10 im Gefähr-
dungsfall die an der Arbeitsschaltung 10 abfallende Betriebs-
spannung überwacht und aus dieser Betriebsspannung bei Über-
30 schreiten des vorgegebenen Grenzwertes das Schaltsignal $U_S =$
 0 V am MOSFET T2 erzeugt. Die zum Durchschalten des Steuer-
transistors T3 erforderliche Energie an dessen Gate, also die
zum Erhöhen des Steuersignals S am Gate des Steuertransistors
T3 erforderliche Energie, wird allein aus der Betriebsspan-
35 nung zwischen den Anschlüssen 20 und 30 bezogen. Eine Fremd-
energie ist deshalb nicht erforderlich. Die gesamte Schalt-

einrichtung aus Arbeitsschaltung 10 und Ausschaltmitteln 4 sowie dem Steuereingang 40 ist somit eigensicher.

Gemäß FIG 4 wird nicht die Betriebsspannung, sondern der durch die Arbeitsschaltung 10 fließende Betriebsstrom ausgewertet und zum Ausschalten der Arbeitsschaltung 10 im Gefährdungsfall verwendet. Dazu ist nun anstelle eines einfachen MOSFET T2 als Schaltelement 2 ein HITFET vorgesehen. Dieser HITFET T2 ist als selbstsperrender MOSFET ausgebildet und weist zusätzlich zu einem normalen MOSFET einen zusätzlichen Anschluss (Pin) auf, der als Strommonitor (Current Sense) dient. An dem zusätzlichen Stromausgang des HITFET wird ein dem Betriebsstrom (Laststrom) entsprechender Stromwert bereitgestellt. Über den geeignet dimensionierten Abgreifwiderstand R4, der zwischen dem Strommonitorausgang des HITFET T2 und dem Anschluss 20 geschaltet ist, wird die am Abgreifwiderstand R4 abfallende Abgreifspannung, die direkt proportional dem abzugreifenden Strom am Stromausgang des HITFET T2 entspricht, abgegriffen. Diese Abgreifspannung wird nun von einer analog zu FIG 3 aufgebauten Schaltung aus dem Steuertransistor T3 als Steuerschalter 5, Zenerdiode Z1 und parallel geschaltetem Kondensator C1 sowie Entkopplungswiderstand R2 zum Durchschalten des Gate des HITFET T2 auf das am Anschluss 20 liegende Potential P_0 verwendet, wenn der durch die Arbeitsschaltung 10 fließende Betriebsstrom einen zulässigen Grenzwert überschreitet.

Patentansprüche

1. Schalteinrichtung umfassend
 - a) eine Arbeitsschaltung (10),
 - 5 a1) an die eine Betriebsspannung (U_B) anlegbar oder angelegt ist und die
 - a2) wenigstens ein elektronisches Schaltelement (2), das wenigstens einen Steueranschluss zum Anlegen eines Schaltsignals aufweist und sich abhängig von dem Schaltsignal
 - 10 in einem ausgeschalteten Zustand oder in einem eingeschalteten Zustand befindet, sowie
 - a3) wenigstens ein elektronisches Schutzelement (3) zum
 - 15 Schutz des im eingeschalteten Zustand befindlichen Schaltelements vor zu hohen Jouleschen Verlusten in einem Gefährdungsfall, insbesondere in einem Überlastfall oder Kurzschlussfall, indem das Schutzelement einen überwiegenden Teil der an der Arbeitsschaltung abfallenden Betriebsspannung trägt, aufweist
 - 20 und
 - b) Ausschaltmittel (4), die in dem Gefährdungsfall das Schaltelement unter Ausnutzung der in dem Betriebsstrom bzw. der Betriebsspannung enthaltenen Energie selbsttätig in den ausgeschalteten Zustand bringen, wenn der
 - 25 durch die Arbeitsschaltung fließende Betriebsstrom oder die an der Arbeitsschaltung oder an dem Schutzelement abfallende Spannung einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet.
2. Schalteinrichtung nach Anspruch 1, bei der die Ausschaltmittel
 - 30 a) einen Ausgang, der mit dem Steueranschluss des Schaltelements verbunden ist, und
 - b) zwei Eingänge, die mit der Arbeitsschaltung verbunden sind und an denen die über der Arbeitsschaltung abfallende Betriebsspannung oder ein über dem Schutzelement
 - 35 abfallender Teil der Betriebsspannung oder der durch die

Arbeitsschaltung fließende Betriebsstrom oder ein davon abgezwigter Teil abgreifbar oder abgegriffen ist, aufweisen

5 c) und, wenn der Gefährdungsfall eintritt, an dem Ausgang ein Schaltsignal für das Schaltelement anlegen, bei dem das Schaltelement ausgeschaltet ist oder wird.

10 3. Schalteinrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, bei der die Ausschaltmittel einen Steuerschalter (5) umfassen, wobei

a) der Steuerschalter zwischen den Steueranschluss des Schaltelements und einen Schaltpunkt (20) geschaltet ist, an dem ein Signal anliegt oder anlegbar ist, das einem Schaltsignal entspricht, bei dem das Schaltelement 15 ausgeschaltet ist,

b) an einem Steueranschluss des Steuerschalters ein Steuersignal (S) anliegt oder anlegbar ist, das

b1) aus der Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom erzeugt oder abgezweigt ist und

20 b2) derart von der Betriebsspannung oder dem Betriebsstrom abhängt, dass der Steuerschalter eingeschaltet ist, wenn der Gefährdungsfall vorliegt, und ausgeschaltet ist, wenn der Gefährdungsfall nicht vorliegt.

25 4. Schalteinrichtung nach Anspruch 3, bei der die Ausschaltmittel eine Spannungsteileinrichtung (Z1, R3, T4) zum Erzeugen des Steuersignals für den Steuerschalter aus der Betriebsspannung umfassen.

30 5. Schalteinrichtung nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, bei der die Ausschaltmittel einen in den Strompfad für den Betriebsstrom oder für einen zum Betriebsstrom in eindeutiger Beziehung stehenden Abzweigstrom geschalteten Abgreifwiderstand umfassen und das Schaltsignal aus der 35 am Abgreifwiderstand (R4) abgegriffenen Abgreifspannung erzeugen.

6. Schalteinrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 5, bei der das Signal, das an dem dem Steuerschalter zugeordneten Schaltpunkt anliegt oder anlegbar ist, ein im wesentlichen konstantes elektrisches Potential (P_0) ist, insbesondere Erdpotential oder Massepotential ist.
5
7. Schalteinrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 6, bei der zum Steuerschalter in Reihe ein Entkopplungswiderstand (R_2) zwischen den Steueranschluss des Schaltelements und den Schaltpunkt geschaltet ist.
10
8. Schalteinrichtung nach einem der Ansprüche 3 bis 7, bei der der Steuerschalter wenigstens einen Steuertransistor (T_3) umfasst, beispielsweise einen MISFET, insbesondere einen MOSFET.
15
9. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Ausschaltmittel den ausgeschalteten Zustand des Schaltelements zumindest für ein vorgegebenes Mindestzeitintervall aufrechterhalten, auch wenn der Gefährdungsfall nicht mehr vorliegt.
20
10. Schalteinrichtung nach Anspruch 9, bei der die Betriebsspannung eine Wechsellspannung ist und das Mindestzeitintervall mindestens so groß wie die halbe Periodendauer der Betriebswechsellspannung und vorzugsweise wenigstens so groß wie die volle Periodendauer der Betriebswechsellspannung gewählt ist.
25
- 30 11. Schalteinrichtung nach Anspruch 9 oder Anspruch 10, bei der die Ausschaltmittel wenigstens einen Kondensator (C_1) zur Aufrechterhaltung des dem ausgeschalteten Zustand des Schaltelements entsprechenden Schaltsignals für das Schaltelement umfassen.
35
12. Schalteinrichtung nach Anspruch 11, bei der dem Kondensator Entlademittel zugeordnet sind, insbesondere ein

Entladewiderstand parallel geschaltet ist, so dass das Mindestzeitintervall für die Aufrechterhaltung des Schaltsignals von der Entladungszeit des Kondensators abhängt.

5

13. Schalteinrichtung nach Anspruch 11 oder Anspruch 12 in Rückbeziehung auf Anspruch 3 oder einen der auf Anspruch 3 rückbezogenen Ansprüche, bei der der Kondensator zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zugeordneten Schaltpunkt geschaltet ist.
10
14. Schalteinrichtung nach Anspruch 3 oder einem der auf Anspruch 3 rückbezogenen Ansprüche, bei der zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zugehörigen Schaltpunkt eine Zenerdiode (Z1) geschaltet ist.
15
15. Schalteinrichtung nach Anspruch 13 und Anspruch 14, bei der der Kondensator und die Zenerdiode parallel geschaltet sind.
20
16. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der die Arbeitsschaltung wenigstens zwei Anschlüsse (20, 30) aufweist, an denen die Betriebsspannung anlegbar ist oder anliegt und zwischen die das Schaltelement und das Schutzelement elektrisch in Reihe geschaltet sind.
25
17. Schalteinrichtung nach Anspruch 16 in Kombination mit Anspruch 3 oder einem auf Anspruch 3 rückbezogenen Ansprüche, bei der ein erster der beiden Anschlüsse der Arbeitsschaltung mit dem dem Steuerschalter zugeordneten Schaltpunkt verbunden ist, vorzugsweise auf gleichem elektrischen Potential liegt wie dieser Schaltpunkt.
30
18. Schalteinrichtung nach Anspruch 17, bei der zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und einen zweiten
35

der beiden Anschlüsse der Arbeitsschaltung ein spannungsfester Schalter (T4) geschaltet ist.

- 5 19. Schalteinrichtung nach Anspruch 17 oder Anspruch 18, bei der zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zweiten Anschluss der Arbeitsschaltung eine Diode (D) geschaltet ist.
- 10 20. Schalteinrichtung nach einem der Ansprüche 17 bis 19, bei der zwischen den Steueranschluss des Steuerschalters und den zweiten Anschluss der Arbeitsschaltung ein Zwischenwiderstand (R3) geschaltet ist.
- 15 21. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schaltelement einen HIFET (T2') mit einem Strommonitorausgang (2D) umfasst, wobei die Ausschaltmittel an dem Strommonitorausgang den Betriebsstrom oder ein vom Betriebsstrom eindeutig abhängendes Stromsignal zum Erzeugen des Schaltsignals, das an den 20 Steueranschluss des HIFET angelegt oder anlegbar ist, abgreifen.
- 25 22. Schalteinrichtung nach Anspruch 21 in Kombination mit Anspruch 5 oder einem der auf Anspruch 5 rückbezogenen Ansprüche, bei der der Abgreifwiderstand der Ausschaltmittel an den Strommonitorausgang des HIFET geschaltet ist
- 30 23. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit Steuermitteln (40), die mit dem Steueranschluss des Schaltelements verbunden oder verbindbar sind zum Anlegen eines Schaltsignals für das Schaltelement.
- 35 24. Schalteinrichtung nach Anspruch 23, bei der die Steuermittel den Schaltzustand des Schaltelements bestimmen, wenn nicht der Gefährdungsfall vorliegt, und die Ausschaltmittel den Schaltzustand des Schaltelements

bestimmen, wenn der Gefährdungsfall eintritt oder vorliegt.

- 5 25. Schalteinrichtung nach Anspruch 23 oder Anspruch 24, bei der die Steuermittel die Ausschaltmittel aktivieren, wenn das Schaltelement im eingeschalteten Zustand ist, und deaktivieren, wenn das Schaltelement im ausgeschalteten Zustand ist.
- 10 26. Schalteinrichtung nach Anspruch 18 und Anspruch 25, bei der ein Steueranschluss des spannungsfesten Schalters mit den Steuermitteln verbunden ist und die Steuermittel den spannungsfesten Schalter gemeinsam mit dem Schaltelement einschalten.
- 15 27. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement wenigstens einen Halbleiter mit einer Durchbruchfeldstärke von wenigstens 10^6 V/cm und/oder einem Bandabstand von wenigstens 2 eV umfasst, insbesondere einen oder mehrere Halbleiter aus der Siliciumcarbid (SiC), vorzugsweise vom α - oder β -Polytyp, Galliumnitrid (GaN), Diamant, Aluminiumnitrid (AlN) und Indiumnitrid (InN) umfassenden Gruppe von Halbleitern.
- 20 28. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schaltelement einen oder mehrere Halbleiter aus der Silicium (Si), Galliumarsenid (GaAs), Germanium (Ge) umfassenden Gruppe von Halbleitern aufweist.
- 25 29. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement bei ausgeschaltetem Zustand des Schaltelements und/oder in Sperrichtung im wesentlichen die gesamte Betriebsspannung trägt.
- 30 35

30. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement die anliegende oder abfallende Spannung über wenigstens einen p-n-Übergang und/oder wenigstens einen Schottky-Übergang trägt.
- 5
31. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement und/oder das Schaltelement wenigstens eine JFET-Struktur umfassen bzw. umfasst.
- 10
32. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement und/oder das Schaltelement wenigstens eine MESFET-Struktur umfassen bzw. umfasst.
- 15
33. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schaltelement wenigstens eine MISFET-Struktur, insbesondere eine MOSFET-Struktur, umfasst, insbesondere vom selbstsperrenden Typ.
- 20
34. Schalteinrichtung nach Anspruch 31 oder Anspruch 32 und nach Anspruch 33, bei der der Gateanschluss der JFET-Struktur bzw. MESFET-Struktur des Schutzelementes mit dem Sourceanschluss der MISFET-Struktur des Schaltelements verbunden ist und der Sourceanschluss der JFET-Struktur bzw. MESFET-Struktur mit dem Drainanschluss der MISFET-Struktur verbunden ist.
- 25
35. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement im Gefährdungsfall einen größeren, vorzugsweise mit steigendem Strom oder prospektiven Strom zunehmenden, Anteil der abfallenden Betriebsspannung trägt als in einem Nennbetrieb bei niedrigeren Betriebsströmen.
- 30
36. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der der das Ausschalten im Gefährdungsfall be-
- 35

stimmende obere Grenzwert in einem Sättigungsbereich des Schutzelements liegt.

- 5 37. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Schutzelement einen Sättigungsstrom aufweist, der kleiner ist als ein thermischer Grenzstrom des Schaltelements, insbesondere um wenigstens einen Faktor 2, vorzugsweise um wenigstens einen Faktor 3.
- 10 38. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement im Gefährdungsfall wenigstens 70 % und vorzugsweise wenigstens 90 % der Betriebsspannung trägt.
- 15 39. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei der das Schutzelement den am Schaltelement in dessen eingeschaltetem Zustand abfallenden Teil der Betriebsspannung auf einen maximalen Spannungsgrenzwert begrenzt, insbesondere höchstens 100 V und vorzugsweise
20 höchstens 50 V.
40. Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die in einen Leitungsabzweig, insbesondere einen Leitungsabzweig eines elektrischen Versorgungsnetzes vor
25 einen elektrischen Verbraucher geschaltet ist.
41. Schaltanlage zum Schalten von Wechselströmen in einem Leitungsabzweig mit zwei antiseriell in den Leitungsabzweig geschalteten Schalteinrichtungen nach einem der
30 vorhergehenden Ansprüche.
42. Verfahren zum Betreiben einer Schalteinrichtung, insbesondere einer Schalteinrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, mit
35 a) einer Arbeitsschaltung,
a1) an die eine Betriebsspannung anlegbar oder angelegt ist und die

- a2) wenigstens ein elektronisches Schaltelement, das wenigstens einen Steueranschluss zum Anlegen eines Schaltsignals aufweist und sich abhängig von dem Schaltsignal in einem ausgeschalteten Zustand oder in einem eingeschalteten Zustand befindet, sowie
- 5
- a3) wenigstens ein elektronisches Schutzelement, das in einem Gefährdungsfall, insbesondere in einem Überlastfall oder Kurzschlussfall, zum Schutz des Schaltelements vor zu hohen Jouleschen Verlusten einen überwiegenden Teil
- 10
- der an der Arbeitsschaltung abfallenden Betriebsspannung trägt, wenn sich das Schaltelement in seinem eingeschalteten Zustand befindet, aufweist,
- bei dem
- b) in dem Gefährdungsfall das Schaltelement unter Ausnutzung der in der Betriebsspannung bzw. dem Betriebsstrom
- 15
- enthaltenen Energie selbsttätig in den ausgeschalteten Zustand gebracht wird, falls der durch die Schaltung fließende Betriebsstrom oder die an der Arbeitsschaltung abfallende Betriebsspannung bzw. der am Schutzelement
- 20
- abfallende Teil der Betriebsspannung einen vorgegebenen oberen Grenzwert überschreitet.

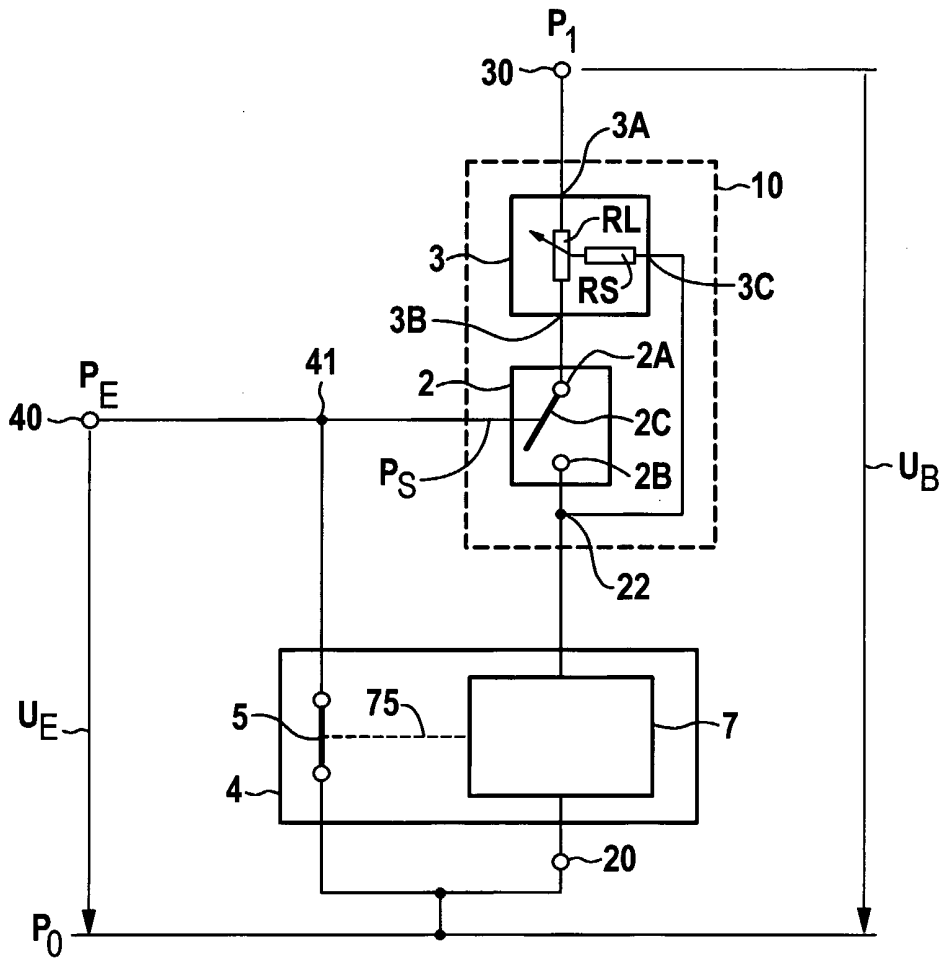


FIG 2

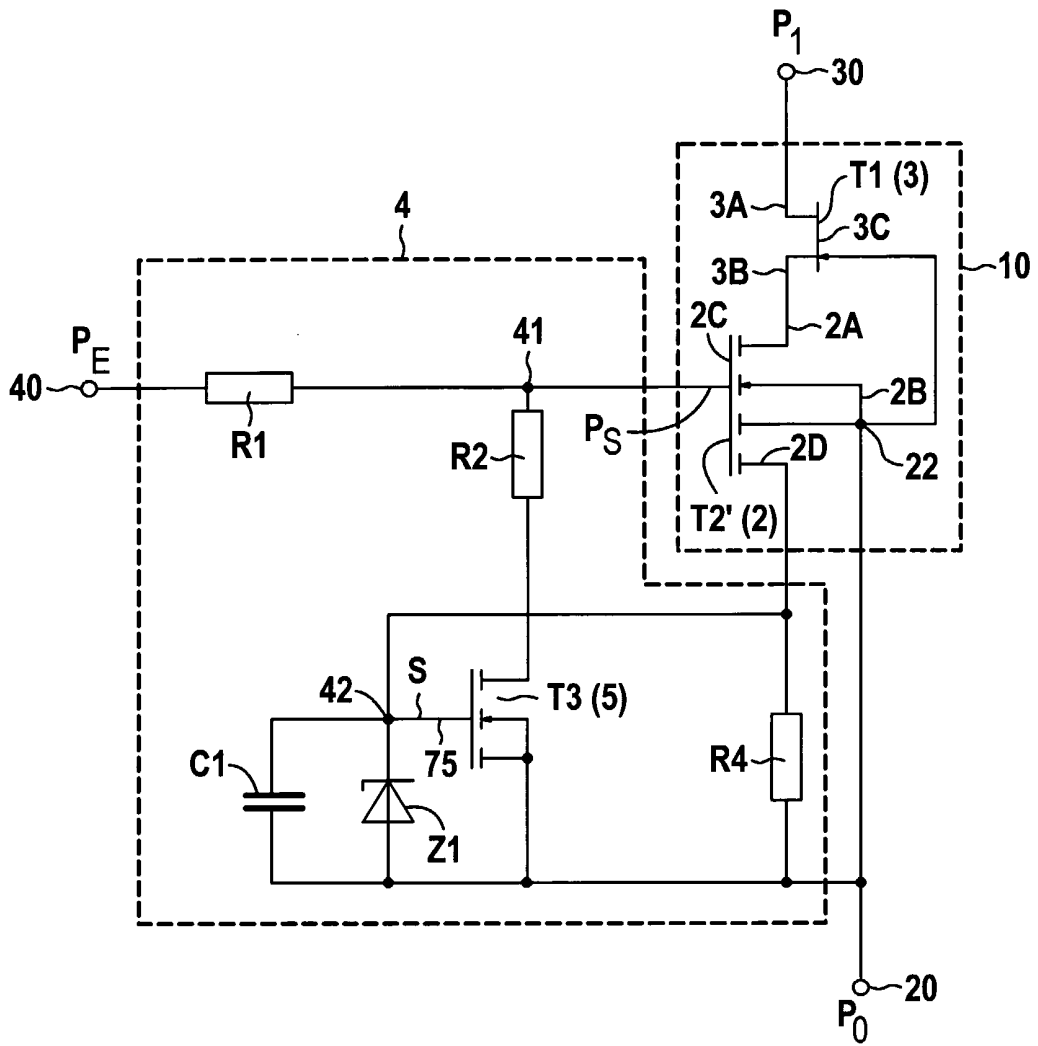


FIG 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 International Application No
 PCT/DE 01/04525

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 H03K17/082		
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 7 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) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 94 11937 A (ERICSSON TELEFON AB L M) 26 May 1994 (1994-05-26)	1-4, 6-9, 11-13, 16, 17, 20, 23, 24, 28, 33, 35, 40, 42
Y	page 5, line 36 -page 9, line 22; figure 1 ----- -/--	18-22, 25-27, 29-32, 34, 41
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 16 April 2002		Date of mailing of the international search report 24/04/2002
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 Cantarelli, R

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

 In tional Application No
 PCT/DE 01/04525

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 00 24105 A (TYCO ELECTRONICS CORP) 27 April 2000 (2000-04-27) page 8, line 9 - line 28; figure 9 ---	1-3,5,6, 8,16,17, 23,24, 28,33, 35,40,42
Y	DE 34 45 340 A (STAIBER HEINRICH) 19 June 1986 (1986-06-19) cited in the application page 3; figures 2,4 ---	18-20, 25,26
Y	HEIL H ET AL: "MINI-PROFETS IN MILLI-SMART TECHNOLOGY: HIGH-SIDE SMART POWER SWITCHES WITH ALL-ROUND PROTECTION" COMPONENTS, SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT. MUNCHEN, DE, vol. 31, no. 4, 1996, pages 20-22, XP000636648 ISSN: 0945-1137 page 20, left-hand column, last paragraph -middle column; figure 2 ---	21,22
Y	DE 196 10 135 C (SIEMENS AG) 19 June 1997 (1997-06-19) cited in the application column 4, line 23 -column 7, line 63 column 10, line 45 -column 11, line 4; figures 1,6 ---	27, 29-32,34
Y	US 6 049 447 A (ROESCH HELMUT ET AL) 11 April 2000 (2000-04-11) column 6, line 51 -column 7, line 52; figure 5 -----	41

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No
PCT/DE 01/04525

Patent document cited in search report	A	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 9411937	A	26-05-1994	SE 470530 B	04-07-1994
			AU 667608 B2	28-03-1996
			AU 5535594 A	08-06-1994
			BR 9305736 A	28-01-1997
			CA 2127441 A1	26-05-1994
			CN 1092213 A , B	14-09-1994
			DE 69318705 D1	25-06-1998
			DE 69318705 T2	10-09-1998
			DK 630533 T3	12-10-1998
			EP 0630533 A1	28-12-1994
			ES 2116573 T3	16-07-1998
			FI 943395 A	15-07-1994
			JP 7503358 T	06-04-1995
			NO 942632 A	13-07-1994
			SE 9203432 A	17-05-1994
			WO 9411937 A1	26-05-1994
			US 5381296 A	10-01-1995
			<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>	
WO 0024105	A	27-04-2000	US 6181541 B1	30-01-2001
			WO 0024105 A1	27-04-2000
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
DE 3445340	A	19-06-1986	DE 3445340 A1	19-06-1986
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
DE 19610135	C	19-06-1997	DE 19610135 C1	19-06-1997
			CN 1213458 A	07-04-1999
			WO 9734322 A1	18-09-1997
			EP 0886883 A1	30-12-1998
			JP 2000506313 T	23-05-2000
			US 6157049 A	05-12-2000
<hr style="border-top: 1px dashed black;"/>				
US 6049447	A	11-04-2000	WO 9507570 A1	16-03-1995
			AU 688738 B2	19-03-1998
			AU 4943093 A	27-03-1995
			CZ 9600602 A3	12-06-1996
			DE 59306420 D1	12-06-1997
			EP 0717886 A1	26-06-1996
			FI 961079 A	07-03-1996
			GR 3024186 T3	31-10-1997
			HU 75489 A2	28-05-1997
			JP 9502336 T	04-03-1997
			NO 960937 A	08-05-1996
			PL 313737 A1	22-07-1996
			RU 2139620 C1	10-10-1999
			SG 43145 A1	17-10-1997
			SK 31296 A3	06-11-1996
			US 5999387 A	07-12-1999

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

In nationales Aktenzeichen
PCT/DE 01/04525

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 7 H03K17/082		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 7 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) EPO-Internal, WPI Data, PAJ		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 94 11937 A (ERICSSON TELEFON AB L M) 26. Mai 1994 (1994-05-26) Seite 5, Zeile 36 -Seite 9, Zeile 22; Abbildung 1	1-4, 6-9, 11-13, 16, 17, 20, 23, 24, 28, 33, 35, 40, 42
Y	--- -/--	18-22, 25-27, 29-32, 34, 41
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen		
<input checked="" type="checkbox"/> 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 16. April 2002		Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 24/04/2002
Name und Postanschrift der Internationalen 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 Cantarelli, R

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE 01/04525

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie°	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	<p>WO 00 24105 A (TYCO ELECTRONICS CORP) 27. April 2000 (2000-04-27)</p> <p>Seite 8, Zeile 9 - Zeile 28; Abbildung 9 ---</p>	1-3,5,6, 8,16,17, 23,24, 28,33, 35,40,42
Y	<p>DE 34 45 340 A (STAIBER HEINRICH) 19. Juni 1986 (1986-06-19) in der Anmeldung erwähnt Seite 3; Abbildungen 2,4 ---</p>	18-20, 25,26
Y	<p>HEIL H ET AL: "MINI-PROFETS IN MILLI-SMART TECHNOLOGY: HIGH-SIDE SMART POWER SWITCHES WITH ALL-ROUND PROTECTION" COMPONENTS, SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT. MUNCHEN, DE, Bd. 31, Nr. 4, 1996, Seiten 20-22, XP000636648 ISSN: 0945-1137 Seite 20, linke Spalte, letzter Absatz -mittlere Spalte; Abbildung 2 ---</p>	21,22
Y	<p>DE 196 10 135 C (SIEMENS AG) 19. Juni 1997 (1997-06-19) in der Anmeldung erwähnt Spalte 4, Zeile 23 -Spalte 7, Zeile 63 Spalte 10, Zeile 45 -Spalte 11, Zeile 4; Abbildungen 1,6 ---</p>	27, 29-32,34
Y	<p>US 6 049 447 A (ROESCH HELMUT ET AL) 11. April 2000 (2000-04-11) Spalte 6, Zeile 51 -Spalte 7, Zeile 52; Abbildung 5 -----</p>	41

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/DE 01/04525

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 9411937	A	26-05-1994	SE 470530 B 04-07-1994
			AU 667608 B2 28-03-1996
			AU 5535594 A 08-06-1994
			BR 9305736 A 28-01-1997
			CA 2127441 A1 26-05-1994
			CN 1092213 A ,B 14-09-1994
			DE 69318705 D1 25-06-1998
			DE 69318705 T2 10-09-1998
			DK 630533 T3 12-10-1998
			EP 0630533 A1 28-12-1994
			ES 2116573 T3 16-07-1998
			FI 943395 A 15-07-1994
			JP 7503358 T 06-04-1995
			NO 942632 A 13-07-1994
			SE 9203432 A 17-05-1994
			WO 9411937 A1 26-05-1994
			US 5381296 A 10-01-1995
			WO 0024105
WO 0024105 A1 27-04-2000			
DE 3445340	A	19-06-1986	DE 3445340 A1 19-06-1986
DE 19610135	C	19-06-1997	DE 19610135 C1 19-06-1997
			CN 1213458 A 07-04-1999
			WO 9734322 A1 18-09-1997
			EP 0886883 A1 30-12-1998
			JP 2000506313 T 23-05-2000
			US 6157049 A 05-12-2000
US 6049447	A	11-04-2000	WO 9507570 A1 16-03-1995
			AU 688738 B2 19-03-1998
			AU 4943093 A 27-03-1995
			CZ 9600602 A3 12-06-1996
			DE 59306420 D1 12-06-1997
			EP 0717886 A1 26-06-1996
			FI 961079 A 07-03-1996
			GR 3024186 T3 31-10-1997
			HU 75489 A2 28-05-1997
			JP 9502336 T 04-03-1997
			NO 960937 A 08-05-1996
			PL 313737 A1 22-07-1996
			RU 2139620 C1 10-10-1999
			SG 43145 A1 17-10-1997
			SK 31296 A3 06-11-1996
			US 5999387 A 07-12-1999