



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 697 37 239 T2** 2007.05.24

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 0 974 181 B1**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02H 3/22** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **697 37 239.1**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/AU97/00814**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **97 945 667.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1998/045919**

(86) PCT-Anmeldetag: **28.11.1997**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **15.10.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **26.01.2000**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **10.01.2007**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **24.05.2007**

(30) Unionspriorität:  
**PO605397 07.04.1997 AU**

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT, CH, DE, ES, FR, GB, IT, LI, NL, SE**

(73) Patentinhaber:  
**Erico International Corp., Solon, Ohio, US**

(72) Erfinder:  
**GUMLEY, Richard, John, Kettering, TAS 7155, AU;  
KOSSMANN, John, Christopher, New Town, TAS  
7008, AU**

(74) Vertreter:  
**Gille Hrabal Struck Neidlein Prop Roos, 40593  
Düsseldorf**

(54) Bezeichnung: **VERBESSERUNGEN FÜR DEN SCHUTZ VON AN EINE ENERGIEQUELLE ANGESCHLOSSENEN  
APPARATEN GEGEN VORÜBERGEHENDE ÜBERSpannung UND BLITZSCHLAG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Diese Erfindung bezieht sich auf transienten Überspannungs- und Blitzschutz von Anlagen mit einem Netzanschluss und beschäftigt sich insbesondere mit der Bereitstellung einer verbesserten Schaltung zur Bereitstellung eines solchen Schutzes.

**[0002]** Netztransienten werden durch Leitungsstörungen, Schalten induktiver Schaltungen und Kondensatoren zur Blindleistungskompensation, Blitzüberspannungen usw. verursacht. Obwohl es viele Verfahren und Vorrichtung gibt, die verwendet werden, solche Überspannungen zu begrenzen, gibt es nur wenige Schlüsselparameter, die bei der Beschreibung ihrer Leistung entscheidend sind. Diese sind die Energieabsorptionseigenschaft der Vorrichtung, die Spannungsklemmhöhe für einen gegebenen Stoßstrom, die Polspolarität und Wellenform und die Ansprechgeschwindigkeit.

**[0003]** Verschiedene Vorrichtungen sind früher verwendet worden, um einen Überspannungsschutz vor Netztransienten zu erreichen. Solche Vorrichtungen umfassen Siliziumavalanchediode (SADs), Metalloxidvaristoren (MOVs), Funkenstrecken und Gasableiter.

**[0004]** Jede dieser Vorrichtungen weist ihre eigenen technischen Vorteile und Nachteile auf, die folgend zusammengefasst werden.

### SADs

**[0005]** Diese sind verbesserte Zenerdioden, die einpolige oder zweipolige Vorrichtungen sein können, denen eine Wärmeabfuhrung an dem Substrat hinzugefügt wurde, um ihre kurzzeitige Energiebelastbarkeit zu verbessern. Sie sind bekannt für ihre sehr schnelle Ansprechzeit, wobei der Überschlag in die Lawinenbetriebsart in ungefähr 1 Nanosekunde geschieht. SADs weisen ein sehr gutes Klemmverhältnis mit einem Multiplikator von lediglich 1,5 vom Lawinenbeginn bis zum Spitzennennstrom auf. Zum Beispiel wird eine Diode mit einer Anfangsklemmspannung bei 36 V lediglich auf 54 V ansteigen, wenn der maximale Nennstoßstrom eingeprägt wird.

**[0006]** Der Nachteil der SADs ist, dass ihre Kosten im Vergleich zum Spitzenstromverhältnis hoch sind, wenn man sie mit anderen Vorrichtungen, wie zum Beispiel MOVs, vergleicht. Ein weiterer Nachteil ist, dass ihr Spitzennennstoßstrom unabhängig von den Kosten ziemlich gering ist verglichen mit anderen Technologien.

### MOVs

**[0007]** Diese Vorrichtungen können mehrere Kilampere an Stoßstrom handhaben. Sie sind kosten-

günstige Vorrichtungen, die in einer Menge zur Parallelschaltung ausgewählt werden können. MOVs weisen eine nichtlineare Spannungs-/Stromklemmkennlinie auf und können daher normalerweise nicht mit anderen Vorrichtungen, wie zum Beispiel SADs, parallel geschaltet werden. Das allgemein relativ schlechte Klemmverhältnis der MOV-Technologie in einer Parallelschaltung würde bedeuten, dass die SADs die meiste Energie absorbieren würden und plötzlich ausfallen würden, bevor die hohe Energiebelastbarkeit des MOVs umgesetzt werden kann.

### Funkenstrecken

**[0008]** Diese sind Hochstromvorrichtungen, die bei normalem Luftdruck bei Stoßspannungen nahe 3 kV überschlagen. Kleinere Spannungen sind gewöhnlich nicht zweckmäßig auf Grund der sehr kleinen erforderlichen Spalte. Kleine Spalte werfen das Problem von verdampftem Metall auf, das den Spalt überbrückt und einen vorzeitigen Schaltkreisausfall verursacht. Die Funkenstrecke weist jedoch den Vorteil einer sehr geringen Lichtbogenspannung auf, typisch in der Größenordnung von 50 V. Dies ist hervorragend für die Überspannungsableitung, schließt jedoch ihre Verwendung in Starkstromkreisen aus, sofern nicht spezielle Maßnahmen getroffen werden, den Folgestrom zu begrenzen. Funkenstrecken fallen in die allgemeine Kategorie, die mit Überspannungsschutzvorrichtungen durch niederohmigen Lastwiderstand verbunden ist.

### Gasableiter

**[0009]** Diese Vorrichtungen sind ebenfalls Funkenstrecken, allerdings innerhalb eines Mediums aus Niederdruckedelgas. Das Gas ermöglicht, dass die Zündspannung in den Bereich von 90–500 V verringert wird. Wenn sie mit Starkstromschaltungen verbunden sind, weisen sie dieselben Probleme wie gewöhnliche Funkenstrecken auf. Sie besitzen eine niedrige Lichtbogenspannung, die zu hohen Folgeströmen führt.

**[0010]** Früher wurden verschiedene Kombinationen der oben beschriebenen Vorrichtungen für den Überspannungsschutz vorgeschlagen. Zum Beispiel ist es möglich, Hochspannungsdioden parallel über eine Stromleitung zu verschalten, um Transienten auf der Stromleitung zu klemmen und einen höheren Nennstrom bereitzustellen als bei einer einzelnen Hochspannungsvorrichtung. Jedoch ist dies nicht notwendigerweise eine gute Praxis wegen der relativ breiten Fertigungsstreuung der Spannungstoleranz. Alternativ könnten mehrere Ketten in Reihe geschalteter Niederspannungs-SADs parallel verschaltet sein, um ihren Spitzennennstrom zu erhöhen, jedoch zu merklich höheren Kosten.

**[0011]** Es wurde ebenso vorgeschlagen, MOVs pa-

parallel mit einer oder mehreren SADs anzuordnen, um einen Sekundärschutz bereitzustellen. Diese Maßnahme wird mit der Kenntnis durchgeführt, dass der SAD-Primärschutz bei relativ geringen Energieniveaus fehlschlägt. Innerhalb dieser Technologien des Stands der Technik gibt es keine Abstufung in der Energieabsorption beim Übergang von einer Technologie zu einer anderen. Die durch die SADs gewährte geringe Schutzspannung geht bei ihrem Ausfall verloren und es erscheint an der Stelle eine viel höhere Schutzspannungsstufe.

**[0012]** Eine Möglichkeit wäre, die Nennspannung der MOVs zu verringern, damit sie vor dem Ausfall der SADs mehr von dem Stoß absorbieren. Wenn dies jedoch geschähe, würden die MOVs dann fortwährend Strom aus der Stromversorgung ziehen und folglich überhitzen.

**[0013]** Es ist daher wünschenswert, eine verbesserte Überspannungs- und Blitzschutzschaltung und -verfahren zum Schutz elektrischer Anlagen vor Transienten bereitzustellen, in der wenigstens einige Nachteile des Stands der Technik behoben sind.

**[0014]** Gemäß einem Gesichtspunkt der Erfindung wird eine Überspannungsschutzschaltung bereitgestellt, die umfasst:

wenigstens ein Energie absorbierendes Modul;  
wobei das Energie absorbierende Modul umfasst:  
wenigstens einen Metalloxidvaristor (MOV);  
eine Schaltvorrichtung, die in Reihe mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist, und ein Widerstand oder eine Impedanz, die parallel zu der Schaltvorrichtung verschaltet ist, wobei der Widerstand bzw. die Impedanz einen Hochpassfilter mit der Kapazität des wenigstens einen MOVs bildet.

**[0015]** Gemäß einem anderen Gesichtspunkt der Erfindung wird ein Verfahren zum Schutz elektrischer Anlagen vor Überspannungen, die durch Transienten auf Stromleitungen einer Wechselspannungsversorgung hervorgerufen werden, bereitgestellt, welches die Schritte umfasst: Verschalten wenigstens eines Metalloxidvaristors (MOV) über die Stromleitungen, um Energie von einem Transienten zu absorbieren, wobei das Verfahren durch Verschalten einer Schaltvorrichtung in Reihe mit dem wenigstens einen MOV gekennzeichnet ist, um den wenigstens einen MOV von der Wechselspannungsversorgung bei Abwesenheit eines Transienten auf der Stromleitung zu isolieren, und paralleles Verschalten eines Widerstands bzw. einer Impedanz mit der Schaltvorrichtung derart, dass ein Hochpassfilter mit der Kapazität des wenigstens einen MOVs gebildet wird.

**[0016]** Vorzugsweise sind in der Überspannungsschutzschaltung und -verfahren der Erfindung eine Vielzahl in Reihe verbundener Avalanchdioden über die Wechselspannungsversorgung verschaltet, um

eine anfängliche Hochgeschwindigkeitsklemmung bereitzustellen, bevor der wenigstens eine, hohe Energie absorbierende MOV an die Leitung gebracht wird.

**[0017]** Vorzugsweise ist die Schaltvorrichtung eingerichtet, den wenigstens einen MOV mit den Stromleitungen zu verschalten, um eine Sekundärklemmung bereitzustellen, wenn ein Auslösespannungsschwellwert, der durch einen Transienten erzeugt wird, auf den Stromleitungen erreicht wird. Die Spannungscharakteristik des MOVs bzw. der MOVs ist vorzugsweise derart, dass die Spannung nicht über den Grenzwert der SADs bei maximalem Spitzenstoßstrom ansteigt. Die Schaltvorrichtung ist vorzugsweise ebenfalls eingerichtet, den MOV bzw. die MOVs am Ende des Transienten zu trennen. Die Schaltvorrichtung weist vorzugsweise einen vorherbestimmten Haltestrom auf, unterhalb dessen sich der Schalter zurücksetzt und die MOVs trennt. Dies vermeidet MOV-Ausfälle, die andernfalls aus der fortwährenden Stromentnahme aus der Spannungsversorgung resultieren würden.

**[0018]** Vorzugsweise sind zwei oder mehr MOVs parallel in dem Energie absorbierenden Modul verschaltet, um die Lebensdauer zu verbessern, wobei die Schaltvorrichtung in Reihe mit dem MOVs verschaltet ist.

**[0019]** Der MOV bzw. die MOVs können eine ausreichende natürliche Kapazität aufweisen, um den Hochpassfilter mit dem Widerstand bzw. der Impedanz zu bilden. Alternativ kann eine Kapazität parallel mit dem wenigstens einen MOV verschaltet sein, um die innere Kapazität des MOVs bzw. der MOVs zu ergänzen. Solch eine Hochpassfilteranordnung ist erforderlich, um sicherzustellen, dass die Netzspannung über dem Energie absorbierenden Modul nicht über der gesamten Schaltvorrichtung anliegt, was zur Folge hat, dass die Schaltvorrichtung auslöst und zu leiten beginnt. Bei geringen Frequenzen, wie zum Beispiel 50 Hz, liegt eine sehr geringe Spannung über dem Widerstand bzw. der Impedanz an und folglich über der Schaltvorrichtung. Bei Vorhandensein eines Transienten mit höherer Frequenz erhöht sich jedoch die Spannung über dem Widerstand bzw. der Impedanz, was zur Folge hat, dass die Schaltvorrichtung auslöst.

**[0020]** Die Anordnung der Schaltkreiskomponenten dieser Erfindung ist ebenfalls vorteilhaft derart, dass sie ermöglicht, MOVs mit einer Nennwechselspannung zu verwenden, die kleiner als die Effektivspannung der Wechselspannungsversorgung ist. Zum Beispiel weisen der MOV bzw. die MOVs für eine Wechselspannungsversorgung mit 220–240 V Effektivwert vorzugsweise, allerdings nicht darauf beschränkt, eine Nennspannung auf, die im Wesentlichen in den Bereich von 150 V Wechselspannung bis

230 V Wechselspannung fällt. Für eine Wechselspannungsversorgung mit 110–120 V Effektivwert können MOVs mit einer Nennspannung von ungefähr 50 V Wechselspannung bis ungefähr 115 V Wechselspannung verwendet werden. Dies ist auf ähnliche Weise der Fall für andere Versorgungsspannungen.

**[0021]** Vorzugsweise sind die Avalanchedioden Hochgeschwindigkeits-, Niederspannungsvorrichtungen, wie zum Beispiel SADs, die typischerweise eine Nennenergie aufweisen, die im Wesentlichen innerhalb des Bereich von 0,5 bis 15 kW und bevorzugter ungefähr 1,5 kW fällt. Die SADs sind vorzugsweise angeordnet, um eine Anfangsklemmspannung oberhalb der Spitzenspannung der Wechselspannungsversorgung bereitzustellen. Die durch das Energie absorbierende Modul bereitgestellte Sekundärklemmung erfolgt bei einer Klemmspannung, die höher ist, als die Anfangsklemmspannung der in Reihe verschalteten Avalanchedioden.

**[0022]** Im Fall einer 220–240 V Wechselspannungsversorgung kann eine ausreichende Anzahl SADs in Reihe verschaltet sein, um einen Anfangsklemmspannungsschwellwert von ungefähr 400 V bereitzustellen, ein Wert, der ungefähr 60 V über der Spitzenwechselspannung von 340 V liegt. In diesem Fall liegt die Sekundärklemmspannung vorzugsweise innerhalb des Bereichs von 420 V bis 530 V. Die Klemmspannungen können für andere Versorgungsspannungen verändert werden.

**[0023]** SADs sind eine Diodenklasse mit einer bestimmten Nennenergie, die sich nicht mit dem Klemmniveau verändert. Dies bedeutet, dass eine Kette von in Reihe verschalteten Niederspannungsdioden einen höheren Nennstrom aufweist als eine einzelne Hochspannungsvorrichtung.

**[0024]** Eine Alternative wäre, Hochspannungsdioden parallel zu schalten, um dasselbe Ergebnis zu erzielen. Dies ist jedoch wegen der relativ breiten Fertigungsstreuung bei der Klemmspannungstoleranz nicht notwendigerweise eine gute Praxis. Eine Reihenkette von Dioden kann einen sehr genauen Klemmschwellwert erreichen, indem ein „Auswählen nach Prüfen“ („select on test“) Fertigungsverfahren eingesetzt wird, bei dem die letzte eingefügte Diode für eine Klemmspannung in Übereinstimmung mit dem Klemmniveau der gesamten vorausgehenden Dioden ausgewählt wird.

**[0025]** Solch eine Diodenkette, die einen Klemmschwellwert von ungefähr 400 V erzeugt, würde bei Verwendung von 1,5 kW Dioden zum Beispiel eine obere Klemmbegrenzung von ungefähr 600 V bei einem maximalen Energiestoß von  $200 \text{ A} \times 8/20 \mu\text{s}$  erzeugen. Die Verwendung von 5 kW Dioden würde immer noch eine obere Spannung von 600 V erzeugen, jedoch bei einem entsprechend höheren Spitzen-

stoßstrom.

**[0026]** Diese Diodenkette weist den Vorteil der Arbeitsgeschwindigkeit und ein gutes Klemmverhältnis auf, der Strom ist jedoch bei dem Spitzenenergieniveau nicht hoch. Um eine Nennleistung von  $3000 \text{ A} \times 8/20 \mu\text{s}$  zu erreichen, wären 13 parallele Ketten von 14 in Reihe verschalteten 33 V, 1,5 kW Dioden erforderlich, von denen alle eine genaue Anpassung der Schwellwertspannung während der Fertigung benötigten. In dem Fall von 5 oder 15 kW Dioden kann die Anzahl der Ketten verringert werden, jedoch zu Lasten eines beträchtlichen Anstiegs der Diodenkosten.

**[0027]** Die Montagekosten einer Reihen-/Parallelanordnung sind relativ hoch, um eine Nennleistung von  $3000 \text{ A} \times 8/20 \mu\text{s}$  zu erreichen. In dem Fall der Verwendung von 1,5 kW Dioden wären insgesamt 182 Stück erforderlich, wobei 13 Arbeitsschritte „Auswählen nach Prüfen“ während der Montage erforderlich sind. Ähnliche Bedingungen sind für Anordnungen anzuwenden, die andere Wellenformen verwenden.

**[0028]** Die vorliegende Erfindung aktiviert alle bis auf eine Diodenkette, auf die verzichtet werden kann; eine Diodenkette wird für die Arbeitsgeschwindigkeit zurückgehalten, und um eine Anfangsklemmung herzustellen, bevor wenigstens ein Hochenergie absorbierendes, kostengünstiges Modul an die Leitung gebracht wird.

**[0029]** Die Schaltvorrichtung des wenigstens einen Moduls kann einen Festkörperschalter, wie zum Beispiel eine Vorrichtung, die als „Sidactor“ bekannt ist, umfassen, einen Triac-Schalter oder einen siliziumgesteuerten Gleichrichter (SCR). Alternativ kann die Schaltvorrichtung einen Gasableiter umfassen. Vorzugsweise wird für eine Wechselspannungsversorgung mit 220–240 V Effektivspannung ein Gasableiter mit einer Nennüberschlagsspannung im Bereich von 200–400 V verwendet. Ein solcher Ableiter mit einer Überschlagsspannung von ungefähr 230 V ist von Siemens erhältlich und kann fast so schnell ansprechen wie ein Festkörperschalter mit einem höheren Nennstrom.

**[0030]** Während die Schaltung der vorliegenden Erfindung einen wirksamen Überspannungsschutz bereitstellt, ist es möglich, dass eine oder mehrere Schaltkreiskomponenten ausfallen könnten. Dementsprechend können eine oder mehrere Sicherungen für die Kette der in Reihe geschalteten Avalanchedioden, die MOVs und/oder den Gasableiter oder Festkörperschalter bereitgestellt werden. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind eine erste Sicherung, die in Reihe mit der Kette in Reihe geschalteter Avalanchedioden verschaltet ist, und eine Sicherung oder Sicherungen, die in Reihe mit dem wenigstens einen MOV verschaltet sind, durch Si-

cherungsstrecken auf einer Leiterplatte ausgebildet, wobei die Sicherungsstrecken durch einen Isolierfilm bedeckt sind, eine durchgehende Schicht aus leitender Farbe auf dem Isolierfilm über den Sicherungsstrecken bereitgestellt ist und die Schicht aus leitender Farbe mit einer Messschaltung verbunden ist, um den Betrieb der Sicherungen zu ermitteln.

**[0031]** Verschiedene Ausführungsformen der Erfindung werden nun lediglich mittels Beispielen mit Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben werden, in denen:

**[0032]** [Fig. 1](#) ein Schaltbild einer ersten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

**[0033]** [Fig. 2](#) ein Schaltbild einer zweiten Ausführungsform der Erfindung darstellt;

**[0034]** [Fig. 3](#) ein Schaltbild ähnlich dem in [Fig. 2](#) einschließlich einer Sicherungsausfallmess- und Anzeigeschaltung darstellt;

**[0035]** [Fig. 4](#) ein Schaltbild einer anderen Ausführungsform der Erfindung darstellt;

**[0036]** [Fig. 5](#) einen Graphen darstellt, der die Wirkung der Schaltung aus [Fig. 4](#) veranschaulicht, wenn ein Einschaltstoß eingesetzt wird;

**[0037]** [Fig. 6](#) einen Graphen darstellt, der Spannungs-/Stromkennlinien für Überspannungsschaltungen der Erfindung mit unterschiedlichen Stufen der Hochenergievorrichtungen veranschaulicht;

**[0038]** [Fig. 7](#) ein Schaltbild einer weiteren Ausführungsform in Übereinstimmung mit der Erfindung darstellt;

**[0039]** [Fig. 8](#) ein Schaltbild einer alternativen Ausführungsform in Übereinstimmung mit der Erfindung darstellt; und

**[0040]** [Fig. 9](#) ein Schaltbild einer noch anderen Ausführungsform darstellt.

**[0041]** Die Überspannungsschutzschaltung **1** in [Fig. 1](#) umfasst eine Vielzahl oder eine Kette von Avalanchedioden **10**, die in Reihe über Wechselspannungsversorgungsleitungen **11** und **12** für elektrische Anlagen verschaltet sind, und ein Hochenergie absorbierendes Modul **13**, das parallel zu der Avalanchediodenkette über die Versorgungsleitungen verschaltet ist.

**[0042]** Jede der Avalanchedioden **10** ist vorzugsweise eine Niederspannungs-SAD mit einer Nennenergie zwischen ungefähr 0,5 kW bis 15 kW. Für eine 220–240 V Wechselspannungsversorgung umfasst die Diodenkette vorzugsweise eine ausreichende An-

zahl SADs, um einen Klemmschwellwert von ungefähr 400 V bereitzustellen, etwa 60 V über der Spitze der Wechselspannungsversorgung von ungefähr 340 V.

**[0043]** In einem praktischen Fall können zum Beispiel  $11 \times 36$  V Dioden mit einer Spitzennennstoßleistung von 1500 W in Reihe verschaltet sein, um einen Klemmschwellwert von 396 V bereitzustellen.

**[0044]** Das Hochenergiemodul **13** in der Schaltung in [Fig. 1](#) umfasst eine Vielzahl Metalloxidvaristoren MOVs **14**, die parallel verschaltet sind, und einen Festkörperavalancheschalter **15**, der in Reihe mit der Vielzahl der MOVs verschaltet ist. Jeder MOV weist bevorzugt eine Nennspannung von ungefähr 175 V Wechselspannung auf. Der Festkörperavalancheschalter **15** umfasst eine Vorrichtung, die als „Sidactor“ bekannt ist, hergestellt durch Teccor Industries, mit einem minimalen Schwellwert von ungefähr 140 V, einem maximalen Schwellwert von ungefähr 220 V und einer typischen Nennleistung von 3000 A bei einem  $8/20 \mu\text{s}$  Stoß. Ähnliche Bauelemente und Erzeugnisse, die in dieser Erfindung verwendet werden können, sind von anderen Herstellern erhältlich. Ein Widerstand bzw. eine Impedanz **16** in Gestalt eines Widerstands oder einer Induktionsspule oder Widerstands-/Induktionsspulenkombination ist parallel mit dem Schalter **15** verschaltet, um so einen Hochpassfilter mit den MOVs **14**, die etwas natürliche Kapazität aufweisen, zu bilden.

**[0045]** Eine Schaltvorrichtung, wie ein Sidactor, wird allgemein als eine Vorrichtung mit einer Kurzschließeigenschaft klassifiziert. Dies rührt daher, dass, wenn ein vorgegebener Schwellwert erreicht wird, die Vorrichtung von einem Hochimpedanzzustand in einen Zustand mit sehr niedriger Impedanz wechselt. Das Zurücksetzen erfolgt, wenn der Reststrom unter ein bestimmtes Minimum fällt. Es ist nicht möglich, diese Art von Vorrichtung getrennt zu verwenden, da sie die Spannungsversorgung gewissermaßen kurzschließt.

**[0046]** Wie oben beschrieben ist, ist eine Anzahl von parallelen 175 V Wechselspannungsmetalloxidvaristoren oder Überspannungsableitern **14** in Reihe mit dem Festkörperschalter **15** angeordnet. Eine Eigenschaft der Kombination ist, dass bei 50 mA die Klemmspannung der MOVs **14** 310 V beträgt, was bedeutet, wenn man dieses zu den 140 V Schwellwert des Schalters **15** addiert, dass 450 V erforderlich sind, um ein Auslösen hervorzurufen. Es ist eine Eigenschaft des Schalters **15**, dass er einen oberen Lawinenschwellwert von 220 V aufweisen kann. Deshalb wird das Modul **13** in einem Fenster leitend, das zwischen 450 V und 530 V liegt. Diese Schaltniveaus verbleiben innerhalb des Klemmbereichs der Diodenkette **10**.

**[0047]** Sobald das Modul leitet, befindet sich der

Schalter **15** in dem Zustand niedriger Impedanz mit lediglich einem 5 V Abfall während des Durchgangs eines  $3000\text{ A} \times 8/20\text{ }\mu\text{s}$  Stoßes. Die 175 V Wechselspannungs-MOVs **14** sind nun tatsächlich über einer 240 V Wechselspannungsschaltung verschaltet. Sie klemmen bei einem Spannungsniveau, das von dem eingprägten Spitzenstrom abhängt.

**[0048]** Obwohl es möglich ist, einen einzelnen MOV in Reihe mit dem Festkörperschalter **15** zu verwenden, werden bevorzugt zwei oder mehr MOVs **14** für eine verbesserte Lebensdauer parallel verschaltet. Für einen einzelnen 175 V, 20 mm Scheiben-MOV ist die Klemmungen wie folgt:

50 mA = 310 V  
 100 mA = 350 V  
 1 A = 380 V  
 10 A = 400 V  
 100 A = 460 V  
 1000 A = 580 V

**[0049]** Da der Schalter **15** das Leiten unter 50 mA nicht aufrechterhalten kann, führt jede Spannung unter 310 V zum Beenden des Leitens. In den wenigen Millisekunden, in denen die Versorgungsspannung zwischen 310 V und dem Spitzenwert von ungefähr 340 V liegt, beträgt der maximale Spitzenstrom weniger als 100 mA, ein Wert, der gut innerhalb der MOV-Nennleistung liegt. Ebenso führt, wenn 5 MOVs **14** parallel verschaltet sind, um die Lebensdauer zu verbessern, wie in [Fig. 1](#) dargestellt ist, jeder MOV **14** weniger als 100 mA. Der Gesamtstromfluss bei der Spitzenversorgungsspannung von 340 V liegt in Abwesenheit des Stoßstroms unter 500 mA.

**[0050]** Es ist möglich, dass ein oder mehrere Hochenergiemodule **13** parallel angeordnet sind, um die Spitzenstromgesamtkapazität zu erhöhen. Obwohl ihr Schwellwert entsprechend der Vorrichtungsfertigungsstreuung variieren kann, sollte dies den Betrieb nicht beeinträchtigen. Dies rührt daher, da eine Erhöhung des Spitzenstroms eine Erhöhung der Klemmspannung zur Folge hat. Das Modul mit dem geringsten Kippschwellwert wird zuerst in Betrieb gehen und der Rest wird der Reihe nach entsprechend seines Kippspannungsniveaus an die Leitung gehen.

**[0051]** Es gibt eine Reihe von Schaltungsvariationen, die ebenfalls den Grundsätzen dieser Erfindung entsprechen. Eine solche Änderung ist in [Fig. 2](#) dargestellt.

**[0052]** Die Überspannungsschutzschaltung **2**, die in [Fig. 2](#) dargestellt ist, ist insofern ähnlich der aus [Fig. 1](#), dass sie eine Kette aus Avalanchedioden **20**, die in Reihe über Wechselspannungsversorgungsleitungen **21** und **22** verschaltet sind, und ein Hochenergie absorbierendes Modul **23**, das parallel zu der Avalanchediodenkette verschaltet ist, umfasst, wobei das Modul **23** eine Vielzahl an MOVs **24** umfasst, die

parallel verschaltet sind.

**[0053]** Die Schaltung in [Fig. 2](#) unterscheidet sich von jener aus [Fig. 1](#) insofern, dass das Modul **23** einen Triac-Schalter **25** anstatt eines Sidactors **15** des Moduls **13** aus [Fig. 1](#) beinhaltet. Der Triac-Schalter **25** ist in Reihe mit den parallelen MOVs **24** verschaltet und ist ebenfalls mit einem Widerstand **26** in Reihe mit der Kette aus Avalanchedioden **20** verschaltet. Parallel mit dem Schalter **25** ist ein Widerstand bzw. eine Impedanz **27** ([Fig. 2](#)), **37** ([Fig. 3](#)), verschaltet, der einen Hochpassfilter mit den MOVs **24** bildet, die etwas natürliche Kapazität aufweisen. Der Widerstand **26** weist typischerweise einen niedrigen Wert auf, zum Beispiel 0,1 Ohm. Die Spannungsquelle zum Auslösen des Triac-Schalters **25** wird von dem Widerstand **26** abgeleitet. Zwei oder mehr Triac-Schalter, die parallel angeordnet sind, können den einzelnen Triac-Schalter in [Fig. 2](#) ersetzen. Es ist ebenso möglich, einen oder mehrere siliziumgesteuerte Gleichrichter (SCRs) mit umgekehrter Polung anstatt des Triac-Schalters **24** oder einer Vielzahl parallel angeordneter Triac-Schaltern zu verwenden. Dies kann den Vorteil eines größeren Nennstoßstroms bieten, zum Beispiel 5 kA, 8/20  $\mu\text{s}$ . Jedoch sind zusätzliche externe Bauelemente zum Auslösen bei höheren Kosten erforderlich.

**[0054]** Ein Merkmal der Schaltung in [Fig. 2](#) ist, dass ein genauerer Auslöseschwellwert eingestellt werden kann. Zum Beispiel kann ein 50 A Stoß durch die Diodenkette **20** einen 5 V Abfall über dem 0,1 Ohm Widerstand **26** erzeugen. Dies ist ausreichend, den Triac **25** auszulösen. Die Eingangsstoßspannung zu diesem Zeitpunkt würde ungefähr 460 V betragen, mit  $5 \times 20\text{ mm}$  paralleler Scheiben-MOVs **24** würde jedoch jeder 10 A aufnehmen und das Klemmniveau sofort auf 400 V senken. Das Modul **23** nimmt nun die Last der Diodenkette **20** auf, die unter ihren Leitungsschwellwert zurückkehren.

**[0055]** Eine fortlaufende Erhöhung des Stoßstroms auf 5000 A würde jeden MOV **24** 1000 A aufnehmen und ein Klemmniveau von 580 V erzeugen lassen. Bei dieser Spannung würde die Diodenkette nahe, allerdings nicht über der maximalen Betriebsspannung sein.

**[0056]** In der Schaltung aus [Fig. 2](#) gibt es drei mögliche Formen von Bauteilausfall, die einen Sicherheitsschutz erfordern. [Fig. 3](#) stellt eine veränderte Schaltung mit Sicherungsschutz und einem verbesserten Verfahren zur Ermittlung des Sicherheitsbetriebs dar. [Fig. 3](#) ist der [Fig. 2](#) ähnlich und entsprechende Bezugswerte sind auf entsprechende Teile angewendet worden.

**[0057]** Die erste Quelle für Bauteilausfall ist eine kurzgeschlossene Diode in der Kette der Avalanchedioden **20**, was die übrigen Dioden einer größeren

Belastung aussetzt. Dies kann einen Dominoeffekt erzeugen und dazu führen, dass alle Dioden **20** kurzgeschlossen werden. Dies wird durch Verschalten einer ersten Sicherung **30** in Reihe zwischen der Versorgungsleitung **21** und der Kette der Avalanchedioden **20** verhindert.

**[0058]** Die MOVs **24** können trotz einer geschätzten Nennlebensdauer von 10.000 Stößen bei einem Spitzenstoßstrom ebenfalls in einen niederohmigen Zustand fallen. Dies kann durch Verschalten einer entsprechenden Sicherung **34** zwischen jedem MOV **24** und der Spannungsversorgungsleitung **21** verhindert werden.

**[0059]** Das dritte Bauteil, das überlastet werden könnte und ebenfalls in einen niederohmigen Zustand fallen könnte, ist der Festkörperschalter **25**. In diesem Fall könnten 220–240 V dauerhaft an den MOVs **24** anliegen, die für 175 V bemessen sind. Dies würde dazu führen, dass sie einen kontinuierlichen Strom ziehen würden und überhitzen. Dies kann durch Bereitstellen einer Temperatursicherung **35** in der Reihenleitung, die den Schalter **25** und die parallel angeordneten MOVs verbindet, überwunden werden.

**[0060]** Wie in [Fig. 3](#) dargestellt ist, gibt es in dem Fall der ersten zwei Ausfallarten sechs Sicherungen **30**, **34** in Reihe mit der Diodenkette **20** und den 5 MOVs **24**. Es ist wünschenswert zu wissen, ob eine Sicherung ausgelöst hat und dem Benutzer anzuzeigen, dass die Vorrichtung beeinträchtigt ist. Ein raumsparender Gesichtspunkt dieser Erfindung ist, eine aufgedruckte Stromkreisstrecke zu verwenden, die als Sicherungen **30**, **34** arbeitet, wie in [Fig. 3](#) dargestellt ist.

**[0061]** Das Verfahren zur Ermittlung der Sicherungsauslösung umfasst das Sieben eines Isolierfilms aus Epoxidharz über Kupfersicherungsstrecken für die Sicherungen **30**, **34** auf die Leiterplatte. Danach kann eine durchgehende Lage leitender Farbe **32** über alle Sicherungen derart gesiebt werden, dass das Auslösen irgendeiner Sicherung das Brechen der leitenden Deckfarbe verursacht. Diese durchgehende leitende Schicht wird dann in Reihe mit einer Mess- und Anzeigeschaltung **36** angeordnet, die jedes Brechen der Farbe, hervorgerufen durch das Auslösen einer Sicherung **30**, **34**, erkennt. Der Epoxidfilm unter der leitenden Farbe dient zum Isolieren der Farbe von den Sicherungsstrecken und ermöglicht, dass die Mess- und Anzeigeschaltung **36** bei jeder gewünschten Spannung arbeiten.

**[0062]** Eine andere bevorzugte Ausführungsform für eine Überspannungsschutzschaltung ist in [Fig. 4](#) dargestellt. Die Schaltung **4** umfasst eine Kette aus Siliziumavalanchedioden (SADs) **40**, die in Reihe über Wechselspannungsversorgungsleitungen **41**

und **42** verschaltet sind und eine Vielzahl an Hochenergie absorbierenden Modulen **43a**, **43b** und **43c**, die parallel zu der Avalanchediodenkette **40** verschaltet sind.

**[0063]** Jede der SADs **40** ist vorzugsweise eine Niederspannungsdiode mit einer Nennenergie von ungefähr 0,5 kW bis ungefähr 15 kW, bevorzugter ungefähr 1,5 kW. Vorzugsweise ist die Kette der SADs für eine 220–240 V Wechselspannungsversorgung derart angeordnet, dass sie die Klemmung nicht beginnt, bevor ein Spannungsstoß ungefähr 400 V erreicht, ausreichend oberhalb der Spitzenbetriebsspannung von ungefähr 340 V, um Schwankungen zu berücksichtigen wie zum Beispiel jene, die durch eine schlechte Spannungsregelung verursacht werden. In einer praktischen Ausführungsform kann eine Kette aus elf 36 V Dioden **40** in Reihe verschaltet sein, um einen Klemmschwellwert von 396 V bereitzustellen. Wenn Dioden mit einer Nennspitzenstoßenergie von 1,5 kW verwendet werden, könnte jede Diode einen maximalen Strom von 28 A bei maximaler Klemmenspannung von 54 V führen. Diese Nennstromstärke basiert auf einer Testwellenform von 10/1000 µs. Der äquivalente Spitzenstrom bei Verwendung einer 8/20 µs Wellenform wäre 220 A. Dies sind sehr kleine Werte im Maßstab des Transientenschutzes.

**[0064]** Früher wurde vorgeschlagen, mehrere Ketten dieser SADs parallel zu verschalten, um den Spitzenstrom zu erhöhen. Eine solche Anordnung weist jedoch erhebliche Kostenauswirkungen auf. Die Anordnung von MOVs mit einer Nennwechselspannung von zum Beispiel 275 V, die parallel über die Dioden verschaltet sind, stellt keine alternative Lösung dar. Die Dioden werden bei ihrer Spitzenklemmenspannung von  $54 \times 11$  bzw. 594 V zerstört. Da ein 20 mm Scheiben-MOV lediglich ungefähr 1 A bei dieser Spannung ziehen kann, bieten MOVs den SADs praktisch keine Energieentlastung.

**[0065]** In der Ausführungsform der Erfindung, die in [Fig. 4](#) dargestellt ist, umfasst jedes der Hochenergie absorbierenden Module **43a**, **43b**, **43c** eine Vielzahl an Metalloxidvaristoren MOVs **44**, die parallel verschaltet sind, und eine Schaltvorrichtung in Gestalt eines Gasableiters **45**, der in Reihe mit den MOVs **44** verschaltet ist. Für eine 220–240 V Wechselspannungsversorgung weist jeder MOV vorzugsweise eine uneinheitliche Nennspannung zwischen ungefähr 150 V Wechselspannung bis ungefähr 230 V Wechselspannung auf. Dieses Bemessungsniveau verringert die MOV-Spitzenstoßspannung auf einen Wert nahe oder unterhalb des maximal zulässigen Werts der SADs.

**[0066]** Jeder Gasableiter **45** (oder Festkörperschalter in den [Fig. 1](#) bis [Fig. 3](#)) hat den Effekt, die MOVs **44** von dem Hauptstromkreis zu isolieren bis ein Einschaltstoß ankommt. Der Gasableiter **45** arbeitet da-

her als ein Schalter, die MOVs **44** zu verbinden und zu trennen. Die Schaltfähigkeit des Gasableiters **45** stellt die Trennung der MOVs **44** nach Durchgang eines Einschaltstoßes sicher, wodurch der MOV-Ausfall auf Grund der kontinuierlichen Stromaufnahme aus der Stromversorgung verhindert wird.

**[0067]** In Übereinstimmung mit einem weiteren vorteilhaften Merkmal der Erfindung ist eine Impedanz, wie zum Beispiel ein Widerstand **46**, eine Induktionsspule oder eine Induktionsspulen-/Widerstandskombination parallel zu jedem Gasableiter **45** verschaltet, um so einen Hochpassfilter mit den MOVs **44** zu bilden, die etwas natürliche Kapazität aufweisen. Dies kann durch Verwendung von Widerständen **46** in der Größenordnung von 100 k $\Omega$ m erreicht werden. Bei niedrigen Frequenzen, wie zum Beispiel 50 Hz, ist der Strom durch die R/C-Reihenschaltung so gering, dass sehr wenig Spannung über dem Widerstand **46** und dem Gasableiter abfällt. Bei Vorhandensein eines Transienten erzeugt die Kapazität des MOVs eine geringe Impedanz, was einen höheren Strom und die Erhöhung der Spannung über dem Widerstand **46** ermöglicht, um den Gasableiter **45** zu zünden. In manchen Umständen kann eine zusätzliche, konzentrierte Kapazität **47** parallel über den MOVs verschaltet sein, wie in Module **43c** dargestellt ist.

**[0068]** Wie in [Fig. 4](#) dargestellt ist, kann ein Widerstand **48** in Reihe mit der Kette der SADs **40** verschaltet sein. Während starker Spitzenstoßströme kann die Spannung, die sich über der MOV-/Gasableiterkombination entwickelt, das Klemmniveau der SAD-Kette übersteigen. Die SADs **40** würden dann einen erheblichen Teil des Stoßes leiten, möglicherweise ihre Nennenergie überschreiten und einen Ausfall verursachen. Durch Einfügen eines kleinen Widerstands **48**, typischerweise ungefähr 1–2  $\Omega$ , in Reihe mit der SAD-Kette kann der Strom durch die SADs **40** auf ein Niveau unterhalb ihrer maximalen Bemessung begrenzt werden.

**[0069]** Mit dem Hochpassfilter liegt der Hauptteil der angelegten Netzspannung über den MOVs an. Dies stellt sicher, dass der Gasableiter nicht zündet, verursacht allerdings einen Nebeneffekt. Die MOV-Kapazität lädt sich und entlädt sich mit der Netzspannungsfrequenz. Daher addiert sich, falls ein Spannungstoß auftritt, wenn die MOV-Kapazität vollständig geladen ist, die Überschlagnspannung des Gasableiters zu der MOV-Kapazitätsspannung, was eine höhere Durchlassspannung erzeugt.

**[0070]** Um diesen Nebeneffekt zu überwinden, kann ein nichtlineares Element **49** in den Hochpassfilter eingefügt werden, wie in Modul **43c** dargestellt ist. Typischerweise ist dieses Element entweder in Reihe gegeneinander geschaltete Zenerdioden oder eine kleine Zweirichtungssiliziumavalanchendiode, die Durchbruchereigenschaften einer Zenerdiode in bei-

den Richtungen aufweist.

**[0071]** Das Ergebnis ist, dass, bis die Spannung über der Vorrichtung die Kippspannung des nichtlinearen Elements erreicht, die Spannung über dem Gasableiter anstatt über den MOVs abfällt. Nachdem die angelegte Spannung die Kippspannung des nichtlinearen Elements überschreitet, fließt Strom durch den Hochpassfilter, was folglich Spannung über den MOVs entwickelt. Das Endergebnis ist, dass das Verhältnis der Netzfrequenzspannung, die über den MOVs anliegt, verringert wird, was folglich die Spannung verringert, die sich zu der Durchlassspannung addiert.

**[0072]** Das Endergebnis der mehrstufigen Schaltung **4** in [Fig. 4](#) ist in [Fig. 5](#) dargestellt. Linie A in [Fig. 5](#) ist eine Oszilloskopspur der Restspannung, die an der Anlage, die durch die Schaltung in [Fig. 4](#) geschützt ist, anliegt, wenn die Schaltung in [Fig. 4](#) einem 3000 A Einschaltstoß unterliegt. Jedes Quadrat für die Spur A stellt 0,1  $\mu$ s entlang der x-Achse und 100 V entlang der y-Achse dar. Linie B ist eine Spur des 3000 A Einschaltstoßes, der auf die Schaltung in [Fig. 4](#) angewendet wird. Jedes Quadrat für die Spur B stellt 0,1  $\mu$ s entlang der x-Achse und 500 A entlang der y-Achse dar.

**[0073]** In [Fig. 5](#) haben die SADs ihre Klemmtätigkeit bei **51** begonnen, da sie viel schneller in ihrer Wirkung sind als die Gasableiter **45**. An Punkt **52** hat der erste Gasableiter **45** des Moduls **43a** in einen niederohmigen Zustand gezündet und leitet den Stoß in die MOVs **44** des ersten Moduls. Letztere weisen eine erhebliche Kapazität auf und stellen so eine niedrige Anfangsimpedanz dar. Die Folge ist, dass die Anfangsrestspannung gering ist. Wie erwartet steigt die MOV-Spannung an, wenn ein ansteigender Strom durch die MOVs **44** fließt. Dies ist ihr nichtlinearer Widerstandseffekt. Wenn die Spannung weiter ansteigt, zündet der Gasableiter **45** des zweiten Moduls **43b** bei **53** und verringert die Spannung weiter. Der Ablauf fährt entsprechend der Anzahl eingebauter Stufen fort.

**[0074]** Es ist nicht entscheidend, in welcher Reihenfolge die Gasableiter **45** zünden. Folglich ist ihre Herstellungstoleranz unwesentlich.

**[0075]** Es ist anzumerken, dass die Restspannung bei Leitung der drei dargestellten Stufen in der Größenordnung von 450 V bei angewendetem Transienten von 3000 A verblieben ist. Dies liegt gut unter der maximal zulässigen Spannung für die SADs. Die sehr geringe Restspannung, die durch diese Schaltung erzeugt wird, ist ebenso für die geschützte Anlage sehr günstig.

**[0076]** [Fig. 6](#) stellt Spannungs-/Stromkennlinien für unterschiedliche Stufenzahlen von Hochenergiemo-

dulen in der Schaltung aus [Fig. 4](#) dar. Linie **61** ist die Spannungs-/Stromkennlinie für eine Schaltung mit einem einzelnen Hochenergiemodul; Linie **62** ist die Spannungs-/Stromkennlinie für eine Schaltung mit zwei Hochenergiemodulen, die parallel verschaltet sind; und Linie **63** ist die Spannungs-/Stromkennlinie für eine Schaltung mit drei Hochenergiemodulen, die parallel verschaltet sind. Aus [Fig. 6](#) ist zu sehen, dass die Spitzenklemmspannung selbst bei Stoßniveaus von 50 kA durch Verwendung einer mehrstufigen Anordnung mit wenigstens drei Hochenergiemodulen unter 600 V gehalten werden kann, wobei jedes eine oder mehrere MOVs und eine Schaltvorrichtung, wie zum Beispiel einen Gasableiter oder Sidactor, aufweist. Diese progressive Klemmanordnung wäre mit dem Stand der Technik nicht möglich gewesen, da der Ausfall der SADs lediglich einen 275 V MOV hinterlassen hätte, der bei 50 kA eine Restspannung von ungefähr 1500 V erzeugen würde.

**[0077]** In der veränderten Schaltung in [Fig. 7](#) ist das Energie absorbierende Modul insofern ähnlich dem in [Fig. 4](#), da es eine Vielzahl an MOVs **74**, die parallel verschaltet sind, einen Gasableiter **75** in Reihe mit den MOVs **74** und einen Widerstand **76** parallel zu dem Gasableiter **75** aufweist, die einen Hochpassfilter mit der natürlichen Kapazität der MOVs **74** bilden. Falls erforderlich kann eine zusätzliche Kapazität parallel über die MOVs **74** verschaltet werden, um die natürliche Kapazität der MOVs zu ergänzen. Die veränderte Schaltung in [Fig. 7](#) unterscheidet sich von der in [Fig. 4](#) darin, dass ein Schaltbauelement **71** in Reihe mit der Kette der SADs **70** verschaltet ist und eine Impedanz, wie zum Beispiel ein Widerstand **72**, parallel zu dem Schaltbauelement **71** und in Reihe mit einer Kapazität **73** verschaltet ist, um einen Hochpassfilter zu erzeugen. In dem dargestellten Beispiel wird ein Sidactor als Schaltbauelement **71** verwendet. Dies könnte jedoch ebenfalls ein Gasableiter, eine Funkenstrecke oder ein ähnliches Schaltbauelement sein.

**[0078]** Diese Topologie würde eine SAD-Kette niedrigerer Spannung ermöglichen, bei der das Schaltbauelement ausgewählt ist, nicht bei der maximalen kontinuierlichen Betriebsnennspannung (MCOV) der Vorrichtung zu arbeiten. Ein Spannungsstoß würde jedoch das Schaltbauelement veranlassen zu arbeiten, was die SAD-Kette leitend macht. Auf Grund der sehr kleinen Kapazität der SAD-Kette ist die zusätzliche Kapazität **73** erforderlich, um einen wirksamen Hochpassfilter zu erzeugen.

**[0079]** In [Fig. 8](#) ist eine alternative Ausführungsform dargestellt, in der eine Kette SADs **80** in einem Energie absorbierenden Modul **83** enthalten ist, das über Wechsellspannungsversorgungsleitungen **81** und **82** verschaltet ist. Wie in [Fig. 4](#) enthält das Energie absorbierende Modul **83** eine Vielzahl an parallel verschalteten MOVs **84**, eine Schaltvorrichtung **85**, wie

zum Beispiel einen Gasableiter, der in Reihe mit den MOVs verschaltet ist, und eine Impedanz **86**, wie zum Beispiel einen Widerstand, eine Induktionsspule oder eine Widerstands-/Induktionsspulenkombination, die parallel zu der Schaltvorrichtung **85** verschaltet ist, um einen Hochpassfilter mit der natürlichen Kapazität der MOVs zu bilden. Die SAD-Kette ist über der Schaltvorrichtung angeordnet, um Spannungsüberschwingen bei schnell ansteigenden Transienten in der Zeit vom Schaltungsbeginn bis zur vollen Leitung der Schaltvorrichtung zu begrenzen.

**[0080]** Eine einfachere, alternative Ausführungsform ist in [Fig. 9](#) dargestellt, in der die SAD-Kette vollständig entfernt ist. Folglich umfasst die Schaltung eine Kette parallel verschalteter MOVs **94**, eine Schaltvorrichtung, wie zum Beispiel einen Gasableiter **95**, der in Reihe mit den MOVs verschaltet ist, und eine Impedanz **96**, wie zum Beispiel einen Widerstand, der parallel zu der Schaltvorrichtung **95** verschaltet ist, um einen Hochpassfilter mit der natürlichen Kapazität der MOVs **94** zu bilden. Obwohl nicht so wirksam wie die Ausführungsform in [Fig. 4](#), könnte diese Anordnung für Anwendungen verwendet werden, in denen großes Überspannungshandhabungsvermögen erforderlich ist, die Ansprechgeschwindigkeit jedoch nicht kritisch ist.

**[0081]** Es ist zu verstehen, dass in der vorliegenden Erfindung MOVs und eine Schaltvorrichtung (Festkörperschalter oder Gasableiter) und in den meisten Ausführungsformen SADs in einer bestimmten und einzigartigen Zusammenstellung gebildet werden, die die Nachteile jeder Komponente überwindet, während die Vorteile jeder erhalten bleibt. Die vorliegende Erfindung bietet höhere elektrische Leistung als Anordnungen des Stands der Technik. Sie weist die Schaltgeschwindigkeit der Avalanchedioden auf; sie weist einen höheren Nennstoßstrom auf als das Diodenmatrixkonzept des Stands der Technik; und sie weist sowohl eine niedrigere Klemmspannung als auch niedrigere Erstellungskosten auf. Sie stellt ebenso ein integriertes Verfahren bereit, vor Überstrom und thermischer Beanspruchung zu schützen und diese zu erkennen.

**[0082]** Die vorliegende Erfindung kann bei Vorhandensein von hohen Netzversorgungsspannungen in Ruhe verbleiben, während sie Transienten auf niedrige Niveaus klemmt. Ein Beispiel sind die vorliegenden UL 1449 Prüfstandards in den USA. Überspannungsentsstörer, die für 120 V Effektivspannung bemessen sind, müssen 240 V Effektivspannung 7 Stunden lang widerstehen, ohne Feuer zu fangen. Gewöhnliche Technologien erfordern MOVs mit 250 V Nenneffektivspannung, um die Prüfung zu bewältigen, wohingegen vor dieser Prüfung Vorrichtung mit 130 V Effektivspannung ausreichend gewesen wären. Die frequenzempfindliche Schalteigenschaft dieser Erfindung ermöglicht die fortdauernde Verwen-

derung von 130 V Vorrichtung mit ihren Niederspannungsschutzstufen, während die Fähigkeit bewahrt wird, 240 V Effektivspannung 7 Stunden lang ohne Betrieb einer Schutzvorrichtung zu widerstehen.

**[0083]** Es ist ebenso zu verstehen, dass die Schaltungen der [Fig. 4](#), [Fig. 7](#), [Fig. 8](#) und [Fig. 9](#) verändert werden könnten, um einen Sicherungsschutz zu enthalten, wie er mit Bezug auf [Fig. 3](#) beschrieben ist.

### Patentansprüche

1. Überspannungsschutzschaltung (1) umfassend:

wenigstens ein energieabsorbierendes Modul (13), wobei das energieabsorbierende Modul umfasst: wenigstens einen Metalloxidvaristor (MOV) (14), eine Schaltvorrichtung (15), die in Reihe mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist, und einen Widerstand oder eine Impedanz (16) die parallel mit der Schaltvorrichtung verschaltet ist, wobei der Widerstand oder die Impedanz einen Hochpassfilter mit der Kapazität des wenigstens einen MOVs bildet.

2. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin der Hochpassfilter ferner ein nicht-lineares Element (49) beinhaltet.

3. Schaltung gemäß Anspruch 2, worin das nicht-lineare Element (49) in Reihe geschaltete und mit ihren Kathoden verschaltete Zenerdioden oder eine Avalanchediode umfasst.

4. Schaltung gemäß Anspruch 1, wobei eine Kapazität (47) parallel mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist.

5. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin das energieabsorbierende Modul (13) mehrere, parallel verschaltete MOV (14) beinhaltet und die Schaltvorrichtung (15) in Reihe mit den mehreren, parallel verschalteten MOV verschaltet ist.

6. Schaltung gemäß Anspruch 1, welche ferner mehrere, in Reihe verschaltete Avalanchedioden (10) beinhaltet, die über eine Wechselspannungsversorgung zu verbinden sind.

7. Schaltung gemäß Anspruch 6, worin die mehreren, in Reihe verschalteten Avalanchedioden (10) parallel mit dem wenigstens einen energieabsorbierenden Modul (13) verschaltet sind.

8. Schaltung gemäß Anspruch 6, worin die in Reihe verschalteten Avalanchedioden (10) parallel mit der Schaltvorrichtung und in Reihe mit dem wenigstens einen MOV des wenigstens einen energieabsorbierenden Moduls (13) verschaltet sind.

9. Schaltung gemäß Anspruch 7, worin ein Wi-

derstand (26) in Reihe mit den in Reihe verschalteten Avalanchedioden verschaltet ist.

10. Schaltung gemäß Anspruch 7, worin ein Schaltbauelement (71) in Reihe mit den in Reihe verschalteten Avalanchedioden verschaltet ist.

11. Schaltung gemäß Anspruch 10, worin eine Impedanz (72) parallel mit dem Schaltbauelement (71) verschaltet ist und eine Kapazität (73) parallel mit den in Reihe verschalteten Avalanchedioden (70) verschaltet ist, um einen Hochpassfilter zu bilden.

12. Schaltung gemäß Anspruch 6, worin die in Reihe verschalteten Avalanchedioden Niederspannung-Siliziumavalanchedioden (SAD) sind.

13. Schaltung gemäß Anspruch 6, worin die in Reihe verschalteten Avalanchedioden so angeordnet sind, dass sie einen Klemmanfangsschwellwert für die Spitzenspannung der Wechselspannungsversorgung bereitstellen.

14. Schaltung gemäß Anspruch 13, worin die in Reihe verschalteten Avalanchedioden für eine Wechselspannungsversorgung mit einer Effektivspannung von 220–240 V einen Klemmanfangsschwellwert von etwa 400 V bereitstellen.

15. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin der wenigstens eine MOV eine Wechselspannungsauslegung aufweist, die unter der Effektivspannung einer Wechselspannungsversorgung liegt, über die die Überspannungsschutzschaltung angeschlossen ist.

16. Schaltung gemäß Anspruch 15, worin für eine Wechselspannungsversorgung mit einer Effektivspannung von 220–240 V der wenigstens eine MOV eine Spannungsauslegung aufweist, die im Wesentlichen in den Bereich von 150 V Wechselspannung bis 230 V Wechselspannung fällt.

17. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin die Schaltvorrichtung (15) einen Festkörperschalter umfasst, und der Festkörperschalter einen minimalen Schaltschwellenwert von ungefähr 140 V und einen maximalen Schaltschwellenwert von ungefähr 220 V aufweist.

18. Schaltung gemäß Anspruch 17, worin der Festkörperschalter (15) ein Sidactor, ein Triac oder wenigstens ein siliziumgesteuerter Gleichrichter (SCR) ist.

19. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin die Schaltvorrichtung einen Gasableiter umfasst.

20. Schaltung gemäß Anspruch 19, worin der Gasableiter eine Überschlagnspannung aufweist, die niedriger als die Spitzenspannung einer Wechsel-

spannungsversorgung ist, über die die Überspannungsschutzschaltung angeschlossen ist.

21. Schaltung gemäß Anspruch 1, worin mehrere energieabsorbierende Module (**13**) parallel über eine Wechselspannungsversorgung verschaltet sind, wobei jedes der Module wenigstens einen MOV und eine Schaltvorrichtung umfasst, die parallel mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist.

22. Schaltung gemäß Anspruch 6, worin eine erste Sicherung (**30**) in Reihe mit den mehreren, in Reihe verschalteten Avalanchedioden verschaltet ist und eine zweite Sicherung (**34**) in Reihe mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist.

23. Schaltung gemäß Anspruch 22, worin die erste und zweite Sicherung (**30**, **34**) durch Sicherungstrecken auf einer Leiterplatte ausgebildet sind, die Sicherungstrecken durch einen Isolierfilm bedeckt sind, eine durchgehende Lage leitender Farbe ist auf dem Isolierfilm über den Sicherungstrecken vorgesehen ist, und die Lage aus leitender Farbe mit einer Schutzschaltung verbunden ist, um den Betrieb der ersten oder zweiten Sicherung zu detektieren.

24. Verfahren zur Schutz elektrischer Ausrüstung vor Überspannungen, die durch Spannungsschläge auf Stromleitungen einer Wechselspannungsversorgung verursacht werden, umfassend die folgenden Schritte:

Verschalten wenigstens eines Metalloxidvaristors (MOV) über Stromleitungen um Energie von einem Spannungsschlag zu absorbieren; wobei das Verfahren durch Folgendes gekennzeichnet ist:

Verschalten einer Schaltvorrichtung in Reihe mit wenigstens einem MOV, um den wenigstens einen MOV von der Wechselspannungsversorgung bei Abwesenheit eines Spannungsschlages auf der Stromleitung zu isolieren; und

paralleles Verschalten eines Widerstands oder einer Impedanz mit der Schaltvorrichtung, um einen Hochpassfilter mit der Kapazität des wenigstens einen MOVs zu bilden.

25. Verfahren gemäß Anspruch 24, umfassend den Schritt des parallelen Verschaltens mehrerer, in Reihe geschalteter Avalanchedioden mit der Schaltvorrichtung um eine Hochgeschwindigkeitsklemmung bei einer Klemmanfangsspannung bereitzustellen.

26. Verfahren gemäß Anspruch 25, worin die Schaltvorrichtung so angeordnet ist, dass der wenigstens eine MOV mit den Stromleitungen verbunden ist, um eine sekundäre Klemmung bereitzustellen, wenn eine Auslösespannung, die durch einen Spannungsschlag auf den Stromleitungen induziert wird, erreicht ist.

27. Verfahren gemäß Anspruch 26, worin die Schaltvorrichtung so angeordnet ist, dass der wenigstens eine MOV am Ende des Spannungsschlages nicht verbunden ist, und worin die sekundäre Klemmung bei einer Klemmspannung vorgenommen wird, die höher als die Klemmanfangsspannung der mehreren, in Reihe verschalteten Avalanchedioden.

28. Verfahren gemäß Anspruch 27, worin für eine Wechselspannungsversorgung mit einer Effektivspannung von 220–240 V die Anfangsklemmspannung etwa 400 V beträgt, und worin die Sekundärklemmspannung im Wesentlichen in den Bereich von 420 V bis 530 V fällt.

29. Verfahren gemäß Anspruch 28, worin eine Kapazität parallel mit dem wenigstens einen MOV verschaltet ist, um die inhärente Kapazität des wenigstens einen MOVs zu ergänzen, und worin die Schaltvorrichtung einen Gasableiter umfasst.

30. Verfahren gemäß Anspruch 29, worin die Schaltvorrichtung einen Festkörperschalter, wie einen Sidactor, einen Triac oder wenigstens einen siliziumgesteuerten Gleichrichter (SCR) umfasst, worin mehrere energieabsorbierende Stufen parallel mit den in Reihe verschalteten Avalanchedioden verschaltet sind, jede energieabsorbierende Stufe eine Schaltvorrichtung beinhaltet, die in Reihe mit dem wenigstens einen Metalloxidvaristor (MOV) verschaltet ist, und worin mehrere MOV parallel verschaltet sind und die Schaltvorrichtung in Reihe mit den mehreren MOV verschaltet ist.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

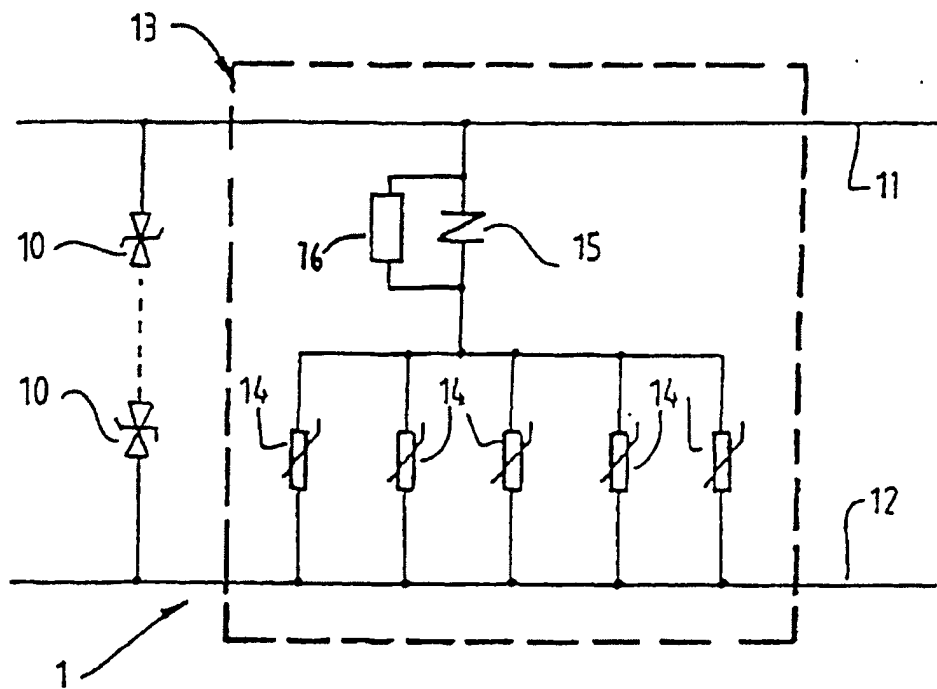


FIG. 1.

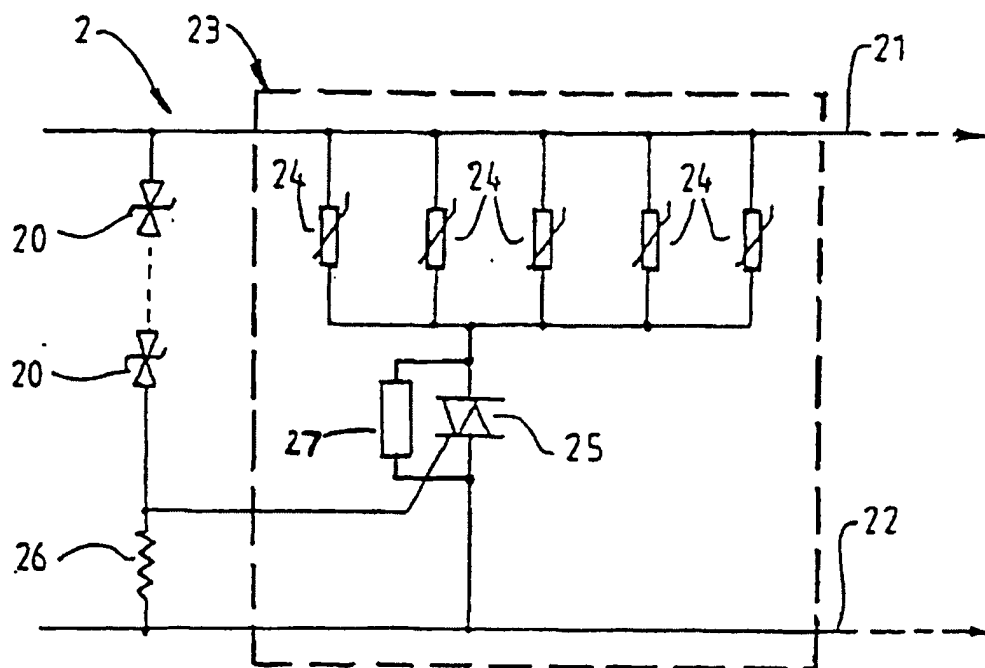
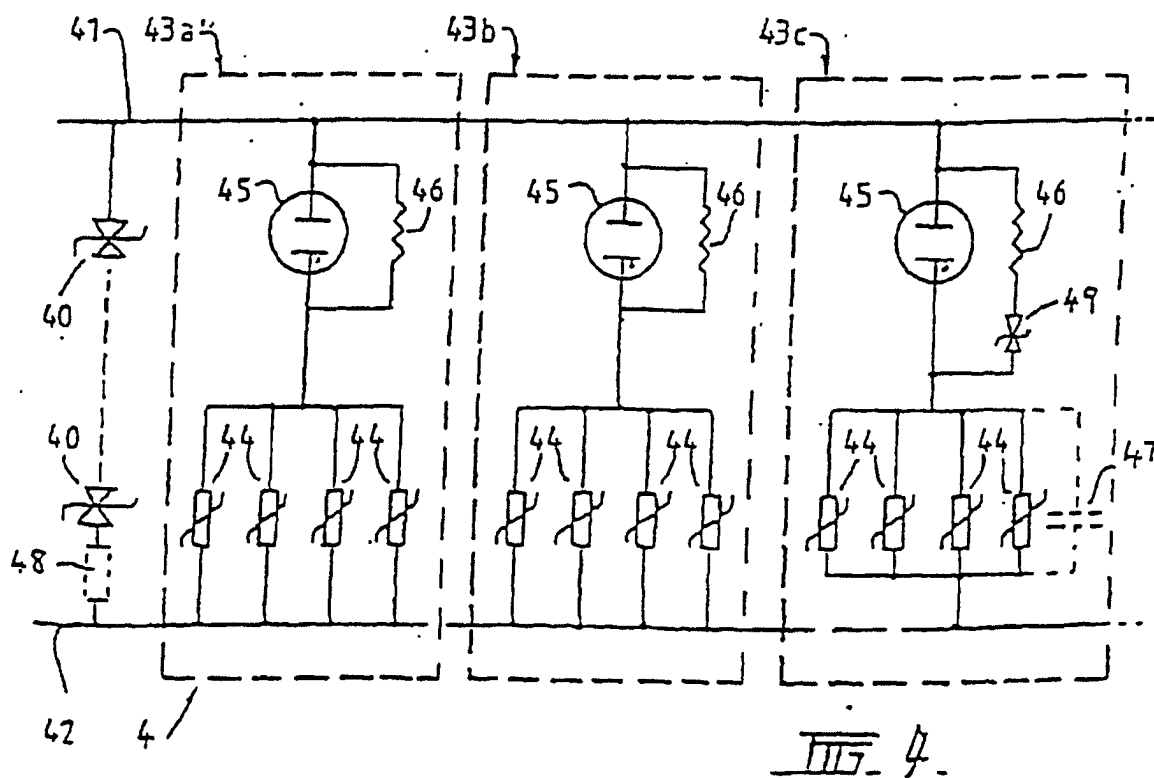
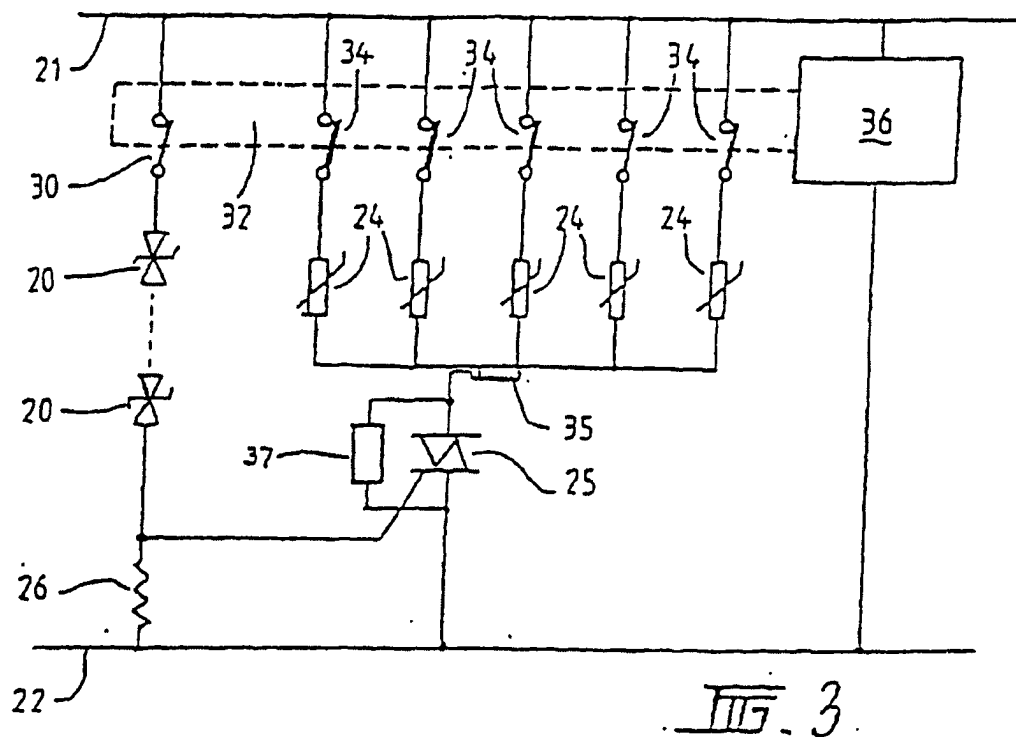
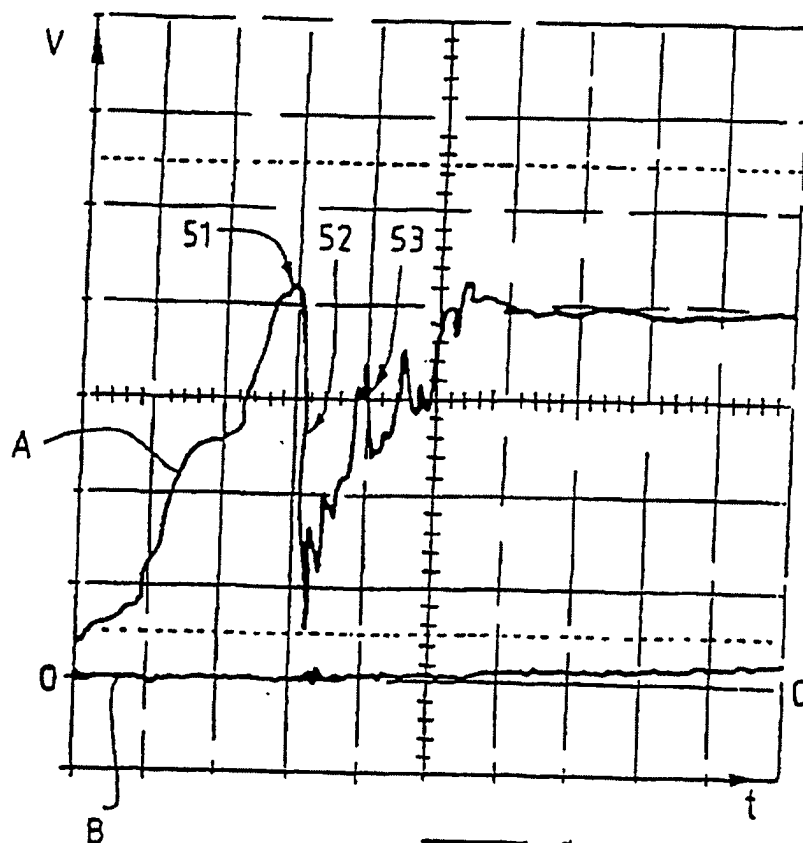
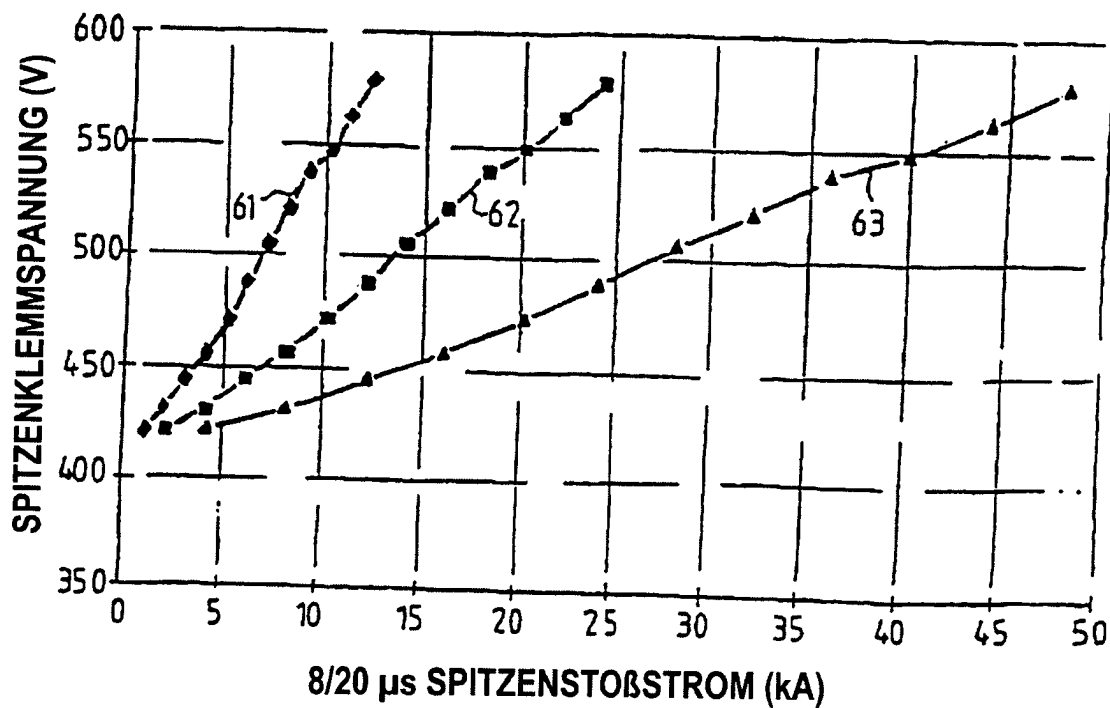


FIG. 2.





MG. 5.



MG. 6.

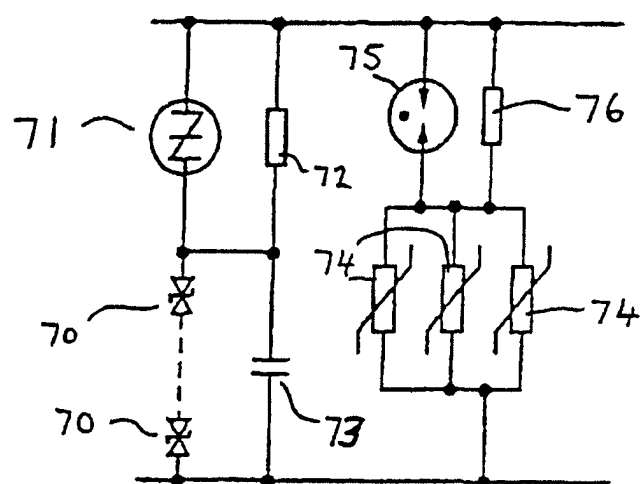


FIG. 7

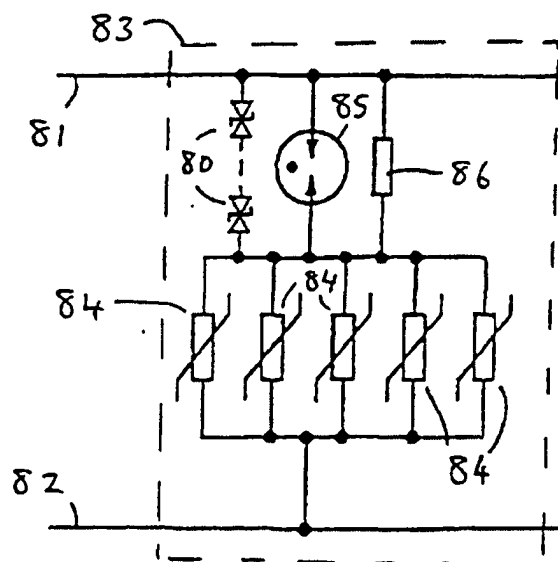


FIG. 8

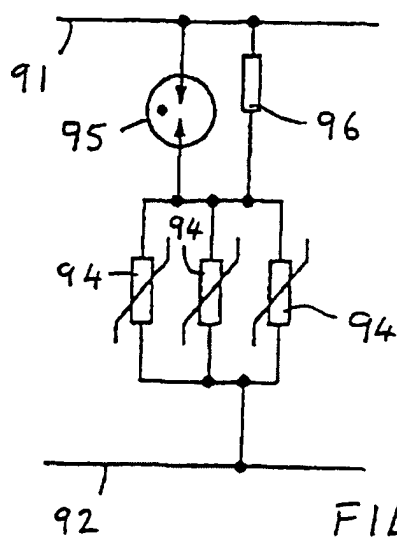


FIG. 9