

Beschreibung

Schalteinheit zum Schalten von hohen Gleichspannungen

Die Erfindung betrifft eine Schalteinheit zum Schalten von hohen Gleichspannungen, insbesondere zur Gleichstromunterbrechung zwischen einer Gleichstromquelle und einer elektrischen Einrichtung, mit zwei aus einem Gehäuse herausragenden Anschlüssen, die elektrisch leitend über einen Leiterpfad gekoppelt sind, und mit einem zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss angeordneten mechanischen Kontaktsystem mit zwei Kontakten, die relativ zueinander bewegbar und aus einer Schließstellung in eine Offenstellung überführbar sind, sowie mit einer mittels einer thermischen Sicherung auslösbaren Trennvorrichtung zum Verlöschen eines beim Öffnen der Kontakte entstehenden Lichtbogens. Es werden hierbei unter einer Gleichstromquelle insbesondere ein Photovoltaik (PV) - Generator (Solaranlage) und unter einer elektrischen Einrichtung insbesondere ein Wechselrichter verstanden.

Beim Schalten von höheren Gleichspannungen bis 1500V (DC) entstehen in derartigen Schalteinheiten zwischen den Kontaktzonen infolge der hohen Feldstärken (durch Gasionisation) leitfähige Kanäle, die als elektrische Lichtbögen beziehungsweise Lichtbogenplasmen bekannt sind. Der beim Trennen der Schaltkontakte entstehende Lichtbogen muss möglichst schnell gelöscht werden, da der Lichtbogen eine große Wärmemenge freisetzt (Gastemperatur von einigen Tausend Grad Kelvin), die zu einer starken Erhitzung der Schaltkontakte und der Umgebung führt. Durch diese starke Erhitzung können Schäden an der Schalteinheit, beispielsweise ein Abbrennen der Schalteinheit, und auch der übergeordneten Einbaueinheit entstehen.

Aus der DE 20 2008 010 312 U1 ist eine PV-Anlage oder Solaranlage mit einem sogenannten PV-Generator bekannt, der seinerseits aus gruppierten, zu Teilgeneratoren zusammengefassten Solarmodulen besteht. Die Solarmodule sind in Reihe geschaltet oder liegen in parallelen Strängen vor. Während ein Teilgenerator seine Gleichstromleistung über zwei Klemmen abgibt, wird die Gleichstrom-

leistung des gesamten PV-Generators über einen Wechselrichter in ein Wechselspannungsnetz eingespeist. Um dabei den Verkabelungsaufwand und Leistungsverluste zwischen den Teilgeneratoren und dem zentralen Wechselrichter gering zu halten, werden sogenannte Generatoranschlusskästen nahe bei den Teilgeneratoren angeordnet. Die derart kumulierte Gleichstromleistung wird üblicherweise über ein gemeinsames Kabel zum zentralen Wechselrichter geführt.

PV-Anlagen liefern systembedingt dauerhaft einen Betriebsstrom und eine Betriebsspannung im Bereich zwischen 180V (DC) und 1500V (DC). Eine zuverlässige Trennung der elektrischen Komponenten oder Einrichtungen von der als Gleichstromquelle wirksamen PV-Anlage ist beispielsweise zu Installations-, Montage- oder Servicezwecken sowie insbesondere auch zum allgemeinen Personenschutz wünschenswert. Eine entsprechende Trennvorrichtung muss in der Lage sein, eine Unterbrechung unter Last, das heißt ohne vorheriges Abschalten der Gleichstromquelle vorzunehmen.

Zur Lasttrennung können mechanische Schalter (Schaltkontakt) eingesetzt werden. Diese haben den Vorteil, dass bei erfolgter Kontaktöffnung ebenso eine galvanische Trennung der elektrischen Einrichtung (Wechselrichter) von der Gleichstromquelle (PV-Anlage) hergestellt ist.

Derartige Schalteinheiten sind allgemein aus dem Stand der Technik bekannt. Die beim Öffnen der Kontakte unter Last entstehenden Lichtbögen werden schnell in dafür vorgesehene Löschvorrichtungen bewegt, wo die entsprechende Lichtbogenlöschung stattfindet. Die dafür benötigte Kraft erfolgt durch magnetische Felder, sogenannte Blasfelder, die typischerweise durch einen oder mehrere Permanentmagneten erzeugt werden. Durch besondere Gestaltung der Kontaktzonen und des Lichtbogenleitstücks wird der Lichtbogen in entsprechende Löschkammern geleitet, wo die Lichtbogenlöschung nach bekannten Prinzipien erfolgt.

Solche Löschkammern bestehen zum Beispiel aus Löschblechpaketen. Als Material für die Löschbleche werden üblicherweise ferromagnetische Werkstoffe eingesetzt, da das Magnetfeld, welches den Lichtbogen begleitet, in der Nähe eines

ferromagnetischen Werkstoffes bestrebt ist, durch die magnetisch besser leitenden Löschbleche zu verlaufen. Dadurch entsteht eine Saugwirkung in Richtung der Löschbleche, die dazu führt, dass sich der Lichtbogen zu der Anordnung der Löschbleche bewegt und zwischen diesen aufgeteilt wird.

Bei einfachen mechanischen Schalteinheiten treten in der Praxis zahlreiche Fehlerquellen auf, die ein sicheres Schalten nachteilig beeinflussen oder gar unmöglich machen. Ein möglicher Fehler ist das Fehlen eines lichtbogenlöschenden Bauteils, wie zum Beispiel eines Löschblechs oder des Blasmagneten. Ferner können auch falsch montierte Bauteile beispielsweise durch ein polverkehrtes Einlegen des Blasmagneten ebenfalls zum Versagen der Schalteinheit führen. Insbesondere bei hybriden Schaltersystemen bestehen weitere Fehlermöglichkeiten aufgrund fehlender oder fehlerhafter elektronischer Bauteile.

Um die PV-Anlage bei einem Auftreten von derartigen Fehlerfällen in einen für Mensch und Anlage sicheren Zustand zu bringen, muss der Stromkreis dauerhaft getrennt werden, damit der Bediener den Fehler erkennen und die Schalteinheit austauschen kann. Bei einem Überführen in diesen Zustand darf das Schaltgehäuse des Gerätes nicht beschädigt oder zerstört werden, so dass die stromführenden Teile isoliert bleiben. Das Überführen in einem solchen Fehlerfall geschieht durch ein sogenanntes Fail-Safe-Element der Schalteinheit, ohne dass vorab Aktivierungsmaßnahmen, beispielsweise ein manueller Eingriff oder dergleichen vorgenommen, werden muss.

Typische Fail-Safe-Elemente werden ausgelöst durch eine Überschreitung einer zulässigen materialabhängigen Stromdichte (Stromstärke pro Fläche). Dabei wird ein elektrischer Leiter durchschmolzen und der Stromkreis unterbrochen. Dies ist eine übliche Methode, um Überströme zu erkennen und abzuschalten, wie sie zum Beispiel in Schmelzsicherungen angewandt wird. Diese Methode lässt sich jedoch nicht in PV-Anlagen anwenden, da hier nicht von einer bestimmten Stromdichte beziehungsweise Stromhöhe auszugehen ist. Die Auslösung beziehungsweise Fehlerdetektion soll vielmehr stromhöhenunabhängig erfolgen.

Aus der DE 10 2008 049 472 A1 ist ein Überspannungsableiter mit mindestens einem Ableitelement, sowie mit einer Abtrennvorrichtung bekannt, bei dem einerseits ein thermisch realisierbares Abtrennen des mindestens einen Ableitelements vorgenommen werden kann. Andererseits besteht die Möglichkeit, bei weiterer energetischer, insbesondere thermischer Belastung den Kurzschlussfall herbeizuführen. Hierbei befindet sich im Bewegungsweg eines durch die Abtrennvorrichtung bewegten Leiterabschnitts zwischen einer Schmelzstelle und einem einen Gegenkontakt bildenden leitfähigen Element eine thermisch lösbare Stoppeinrichtung. Bei einer Auslösung und im Überlastfall wird die Bewegung des Leiterabschnitts durch die Stoppeinrichtung vor dem Erreichen der Endposition unterbrochen. Liegt ein Fehlerfall vor, bei dem die Abtrennvorrichtung den Strom nicht sicher unterbrechen kann und ein Lichtbogen zwischen dem festen Anschluss des Ableitelements und des Leiterabschnitts entsteht oder bestehen bleibt, was einem zusätzlichen Wärmeeintrag entspricht, wird die Stoppwirkung aufgehoben und der bewegliche Leiterabschnitt in die Endposition bewegt. Die Abschaltung des Kurzschlusses und somit die Abtrennung des Überspannungsableiters vom Netz übernimmt in an sich bekannter Weise eine vorgeschaltete Überstromschutzeinrichtung, insbesondere eine Sicherung.

Ein derartiges Fail-Safe-Element ist ebenso nicht für den oben geschilderten Anwendungsfall geeignet, da auch hier die Fehlerdetektion erst ab einem bestimmten Überstrom erfolgt. Ein anstehender Lichtbogen würde im Fehlerfall bei höheren Spannungen auch im Stromarbeitsbereich der Schalteinheit entstehen.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schalteinheit der eingangs genannten Art anzugeben, die zuverlässig und sicher eine hohe Gleichspannung schalten kann. Insbesondere soll die Schalteinheit dazu geeignet sein, eine Gleichstromunterbrechung zwischen einer Gleichstromquelle, insbesondere einem PV-Generator, und einer elektrischen Einrichtung, insbesondere einem Wechselrichter, auszuführen. Weiterhin soll die Schalteinheit dazu eingerichtet sein, einen im Fehlerfall entstehenden, nicht selbstständig verlöschenden Lichtbogen innerhalb der Schalteinheit zu löschen, ohne dass vorab Aktivierungsmaßnahmen, beispielsweise ein manueller Eingriff oder dergleichen, vorgenommen werden muss.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

Dazu umfasst die Schalteinheit zwei aus einem Gehäuse herausragende Anschlüsse, die elektrisch leitfähig über einen Leiterpfad gekoppelt sind. Zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss ist ein mechanisches Kontaktsystem mit zwei Kontakten angeordneten, die relativ zueinander bewegbar und aus einer Schließstellung in eine Offenstellung überführbar sind. Eine mittels einer thermischen Sicherung auslösbare Trennvorrichtung dient zum Verlöschen eines beim Öffnen der Kontakte entstehenden Lichtbogens. Die thermische Sicherung umfasst eine im Leiterpfad angeordnete Schmelzstelle, die einerseits mit dem Kontaktsystem und andererseits über einen beweglichen Leiterabschnitt mit dem ersten Anschluss verbunden ist.

Unter Last kann sich im Fehlerfall – aufgrund der hohen anliegenden Spannung zwischen den Kontaktflächen – beim Öffnen des Kontaktsystems ein nicht selbstständig verlöschender Lichtbogen bilden. Die Trennvorrichtung wird ausgelöst und die Verbindung zwischen dem Leiterabschnitt und dem Kontaktsystem an der Schmelzstelle wird aufgetrennt, wenn infolge des Lichtbogens die Schmelztemperatur der Schmelzstelle erreicht oder überschritten ist.

Der im Fehlerfall auftretende Lichtbogen ist sehr energiereich. Im Gegensatz zum Stand der Technik wird nicht die Stromdichte bei einem Überstrom, sondern die durch den Lichtbogen entstehende Wärmeenergie, die im Fehlerfall überproportional ansteigt, zur Auslösung der thermischen Sicherung beziehungsweise zum Aufschmelzen der Schmelzstelle genutzt. Dadurch ist eine Ausfallsicherung der Schalteinheit gegeben, deren Auslösung beziehungsweise Fehlerdetektierung stromhöhenunabhängig erfolgt.

Die thermische Sicherung der Schalteinheit dient somit als Fail-Safe-Element, das insbesondere für eine Anwendung in PV-Anlagen geeignet ist. Ferner ist der Aus-

fallschutz der Schalteinheit kostengünstig herstellbar und erfüllt somit die Anforderungen der wirtschaftlichen Herstellbarkeit.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist die Schmelzstelle insbesondere eine Lötstelle, die bei einem Erreichen oder Überschreiten der Ansprechtemperatur aufgetrennt wird. Als Lotmaterial zwischen Kontaktsystem und Leiterabschnitt kann eine Schmelzlegierung, wie zum Beispiel eine Aluminium-Silizium-Zinn-Legierung oder andere allgemein bekannte, niedrigschmelzende Legierungen eingesetzt werden. Der Schmelzpunkt derartiger Legierungen liegt üblicherweise im Bereich von 150°C bis 250°C. Dadurch wird im Nennbetrieb der Strom sicher geführt, ohne dass die thermische Sicherung ausgelöst wird. Denkbar ist aber auch die Verwendung anderer temperatursensibler und elektrisch leitfähiger Materialien als Schmelzstellenmaterial, wie beispielsweise ein elektrisch leitfähiger Kunststoff.

Entsprechend des Anwendungsgebiets kann durch Auswahl der leitfähigen und/oder isolierenden Materialien der Schalteinheit eine entsprechende Variation in der Ansprechtemperatur und/oder der Auslösezeit erreicht werden. Ferner ist es denkbar, dass bei einer geeigneten Dimensionierung und Zusammensetzung der verwendeten Materialien eine solche Schalteinheit auch für niedrigere Spannungen einsetzbar ist.

In einer vorteilhaften Weiterbildung umfasst die Trennvorrichtung ein vorgespanntes Federelement. Die Federrückstellkraft wirkt entlang einer Auftrennrichtung mittelbar oder unmittelbar auf den beweglichen Leiterabschnitt. Wird bei einem Fehlerfall die Schmelzstelle unzulässig erwärmt, so wird diese aufgeschmolzen und die Schalteinheit bewirkt infolgedessen aufgrund der Federrückstellkraft eine Netzunterbrechung. Insbesondere ermöglicht das vorgespannte Federelement somit eine selbsttätige Netzunterbrechung, ohne dass bei einem Fehlerfall eine Aktivierungsmaßnahme durch eine Person vorgenommen werden muss.

Bei einem Auftrennen der Schmelzstelle bildet sich zwischen dem Kontaktsystem einerseits und dem beweglichen Leiterabschnitt andererseits ebenfalls ein Lichtbogen. Aufgrund der Federrückstellkraft wird der Leiterabschnitt vom Kontaktsys-

tem wegbewegt und somit der Lichtbogen beziehungsweise das Lichtbogenplasma künstlich verlängert. Wird dieser Lichtbogen derart gelöscht, so verlöscht auch der Lichtbogen zwischen den Kontaktflächen des Kontaktsystems. Die Gleichstromquelle ist infolgedessen von der elektrischen Einrichtung galvanisch getrennt.

In einer geeigneten Ausführung lenkt das Federelement den Leiterabschnitt bei einer Auslösung der Trennvorrichtung um einen zur Schmelzstelle beabstandeten Schwenkpunkt aus. Der zurückgelegte Schwenkwinkel ist dabei insbesondere größer oder gleich 90° . Durch das Verschwenken des Leiterabschnitts wird der zweite Lichtbogen künstlich verlängert und damit weiter abgekühlt. Durch diese zusätzliche Verlängerung beziehungsweise Abkühlung ist sichergestellt, dass der Abstand zwischen dem Kontaktsystem und dem Leiterabschnitt möglichst schnell und weit geöffnet wird, um den beim Lösen des Leiterabschnitts entstehenden (zweiten) Lichtbogen sowie den am Kontaktsystem anstehenden (ersten) Lichtbogen zu verlöschen. Die Federrückstellkraft ist dabei entsprechend groß genug gewählt, um den Leiterabschnitt möglichst schnell zu Verschwenken, so dass eine Beschädigung des Schaltgehäuses durch die Lichtbögen vorteilhaft vermieden wird.

In einer geeigneten Ausführung weist das Gehäuse der Schalteinheit eine an die Schmelzstelle angrenzende Isolierkammer auf. Bei einer erfolgten Auslösung der Trennvorrichtung wird der Leiterabschnitt infolge der Federrückstellkraft in diese Isolierkammer gedrückt. Die Isolierkammer dient zur räumlichen und somit isolierenden Trennung des Leiterabschnitts von dem Kontaktsystem, wodurch die Löschung des Lichtbogens vorteilhaft unterstützt wird.

In einer ebenso geeigneten Ausführung weist die Trennvorrichtung ein im Gehäuse beweglich gehaltenes Trennelement auf, welches gegen den Leiterabschnitt geführt ist. Die Schmelzstelle ist naturgemäß empfindlich gegen auf sie einwirkende äußere Kräfte. Aufgrund der erwähnten Federrückstellkraft der Trennvorrichtung auf den Leiterabschnitt wird die Schmelzstelle relativ stark belastet. Durch das Trennelement kann die Rückstellkraft auf einer größeren Auflagefläche am

Leiterabschnitt wirksam ansetzen. Mit anderen Worten heißt dies, dass das resultierende Drehmoment, das an der Schmelzstelle wirkt, vorteilhaft verringert wird. Dadurch liegt weniger mechanische Beanspruchung an der Schmelzstelle an.

In einer geeigneten Ausbildungsform der Erfindung setzt das Trennelement zudem nahe der Schmelzstelle am Leiterabschnitt an, so dass der Kraftarm und somit das wirkende Drehmoment an der Schmelzstelle weiter verringert wird. Dieses Drehmoment, beziehungsweise die Kraftarmlänge und/oder die Trennelementbemessung, kann als ein zusätzlicher Parameter zur Dimensionierung der Ansprechtemperatur und/oder der Auslösezeit der Ausfallsicherung der Schalteinheit beziehungsweise der Trennvorrichtung verwendet werden.

In einer zweckmäßigen Weiterführung wird der Leiterabschnitt nach einer Auslösung der Trennvorrichtung gegenüber der Schmelzstelle durch das Trennelement zumindest teilweise isolierend abgedeckt, wodurch der Lichtbogen vorteilhaft unterdrückt wird.

In einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Schalteinheit ist das Trennelement im Gehäuse schiebebeweglich geführt und wird beim Auslösen der Trennvorrichtung, durch die Federrückstellkraft, gemeinsam mit dem Leiterabschnitt in die Isolierkammer verfahren. Dadurch wird der Leiterabschnitt im ausgelösten Zustand völlig abgedeckt. Bei einer Auslösung der Trennvorrichtung wird der weitere Lichtbogen, aufgrund des Verschwenkens des Leiterabschnitts, zwischen dem Trennelement und der Isolierkammer eingequetscht. Durch die Einquetschung wird eine besonders schnelle und sichere Löschung des Lichtbogens sichergestellt.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist das Federelement hierbei eine Schraubendruckfeder, die das Trennelement entlang der Auftrennrichtung in die Isolierkammer drückt. Das Trennelement und die Isolierkammer sind hierzu geometrisch komplementär gestaltet, so dass der Lichtbogen in der Kammer einquetschbar und der Leiterabschnitt vom Trennelement gegenüber dem Kontaktsystem vollständig verdeckbar ist. Die Einquetschlänge ist dabei zweckmäßig an die Leistungsparameter der Gleichstromquelle anpassbar.

In einer alternativen, ebenso vorteilhaften Ausgestaltung der Schalteinheit ist das Trennelement im Gehäuse drehbeweglich gehalten. Bei einem Auslösen der Trennvorrichtung wird der Leiterabschnitt durch das Trennelement um den von der Schmelzstelle beabstandeten Schwenkpunkt verschwenkt. In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist das Federelement eine Schenkelfeder, durch die ein Schwenkhebel den Leiterabschnitt im Fehlerfall verschwenkt.

In einfacher Gestaltung der Erfindung umfasst das Kontaktsystem einen Beweg- und einen Festkontakt. Zwischen dem Festkontakt und der Schmelzstelle ist ein elektrisch leitfähiger Kontaktträger angeordnet, der den Festkontakt und die Schmelzstelle wärmeleitend koppelt. Anstelle eines Beweg- und eines Festkontaktes können auch zwei bewegliche Kontakte vorgesehen sein. Die Wärmekapazität oder der Schmelzpunkt des Kontaktträgers ist hierbei höher als die bzw. derjenigen der Schmelzstelle. In einer zweckmäßigen Ausführungsform ist der Kontaktträger aus einem thermisch und elektrisch gut leitenden Material ausgeführt, wie beispielsweise Kupfer, so dass eine schnelle und zuverlässige Auslösung der Trennvorrichtung sichergestellt ist. Um die Wärmeleitfähigkeit (Wärmefluss pro Querschnittsfläche und Temperaturgradient) zu unterstützen, kann der Kontaktträger entsprechend gestaltet und dimensioniert werden, beispielsweise durch eine Verjüngung am Träger.

In einer geeigneten Weiterbildung ist der Bewegkontakt über einen Auslösemechanismus mit einem Kipphebel zum manuellen Betätigen des Kontaktsystems gekoppelt. In einer typischen Ausführungsform bilden der Auslösemechanismus, der Bewegkontakt und der Festkontakt ein (mechanisches) Sprungkontaktsystem. Bei einem solchen Sprungkontakt werden – infolge bei einer Betätigung – die Kontakte typischerweise durch eine vorgespannte Schenkelfeder möglichst schnell voneinander entfernt, typischerweise in wenigen Millisekunden. Dadurch ist im Normalfall ein (erster) entstehender Lichtbogen löschar, so dass die Trennvorrichtung nicht ausgelöst wird.

In einer typischen Ausführung der Schalteinheit ist der bewegbare Leiterabschnitt ein flexibles Verbindungselement, insbesondere ein Litzenleiter, dessen Festende mit dem ersten Anschluss unlösbar und dessen Losende an der Schmelzstelle, vorzugsweise mit dem Kontaktträger, verlötet ist.

In einer ebenso typischen Ausführung nimmt das Gehäuse der Schalteinheit den Leiterpfad, das mechanische Kontaktsystem, die Trennvorrichtung und die thermische Sicherung auf. Dadurch sind die stromführenden Teile der Schalteinheit von der Umgebung isoliert. Insbesondere wird hiermit vorteilhafterweise eine die Schalteinheit betätigende Person gegen die hohen anliegenden Spannungen und Strömen geschützt.

In einer vorteilhaften Ausgestaltung sind das Gehäuse und das Trennelement aus einem thermisch stabilen Kunststoffmaterial, insbesondere aus einem Duroplast-Werkstoff, gefertigt. Dadurch wird sichergestellt, dass durch die hohe Wärmeentwicklung aufgrund des Lichtbogens das Schaltgehäuse nicht beschädigt oder zerstört wird. Dadurch bleiben die stromführenden Teile bei einem Fehlerfall berührungssicher weiter isoliert. Ferner wird sichergestellt, dass das Trennelement nicht durch den zweiten Lichtbogen im Bereich der Schmelzstelle beschädigt oder zerstört wird. Dadurch kann das Trennelement bei einem Fehlerfall zuverlässig die Schalteinheit vom Netz trennen.

In einer geeigneten Ausführung sind das Trennelement und/oder die Isolierkammer aus einem im Brandfall ausgasenden Kunststoffmaterial, insbesondere aus Polyamid, gefertigt. Ebenso geeignet sind beispielsweise auch Polycarbonat oder Polyoxymethylen. Die Kunststoff-Ausgasungen tragen vorteilhaft zu einem schnellen Verlöschen des (zweiten) Lichtbogens bei. Insbesondere behindern die Gase eine Ionisierung des Luftspalts im Bereich der aufgelösten Schmelzstelle beziehungsweise lassen diese schneller abklingen.

Das Zusammenspiel mit der Wahl geeigneter Kunststoffe für Gehäuse, Isolierkammer und Trennelement, der Form und des Werkstoffs des Kontaktträgers und der Dimensionierung der Einquetschung sowie des wirkenden Drehmoments an

der Schmelzstelle ermöglichen ein exaktes Auslösen der Trennvorrichtung im Fehlerfall und ein zuverlässiges Verlöschen des Lichtbogens.

Bezüglich einer Abtrennvorrichtung zur Gleichstromunterbrechung zwischen einer Gleichstromquelle und einer elektrischen Einrichtung, insbesondere zwischen einem PV-Generator und einem Wechselrichter, wird die genannte Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 16. Danach umfasst die Vorrichtung eine stromführende erfindungsgemäße Schalteinheit.

In einer zweckmäßigen Ausführungsform der Schalteinheit sind hierzu die Anschlüsse und das Gehäuse für eine Leiterplattenmontage geeignet und eingerichtet. Beim bevorzugten Einsatz der Schalteinheit ist die Abtrennvorrichtung daher zur zuverlässigen und berührungssicheren galvanischen Gleichstromunterbrechung sowohl zwischen einer PV-Anlage und einem dieser zugeordneten Wechselrichter als auch in Verbindung mit beispielsweise einer Brennstoffzellen-Anlage oder einem Akkumulator (Batterie) besonders geeignet.

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 in einem Blockschaltbild die erfindungsgemäße Schalteinheit mit einem Fail-Safe-System zwischen einem PV-Generator und einem Wechselrichter,
- Fig. 2 in einer Schnittdarstellung die Schalteinheit in einem geschlossenen Schaltzustand,
- Fig. 3 in einer Schnittdarstellung die Schalteinheit gemäß Fig. 1 beim Öffnen des mechanischen Kontaktsystems und bei Bildung eines Lichtbogens,
- Fig. 4 in einer Schnittdarstellung die Schalteinheit gemäß Fig. 1 und Fig. 2 nach einer Auslösung des Fail-Safe-Systems,
- Fig. 5 in einer Explosionsdarstellung die Schalteinheit,
- Fig. 6 in einer Ausschnittdarstellung die Trennvorrichtung,
- Fig. 7 in einer Schnittdarstellung ausschnittsweise die Schalteinheit mit einer alternativen Trennvorrichtung, und

Fig. 8 in einer Schnittdarstellung ausschnittsweise die Schalteinheit gemäß Fig.6 im ausgelösten Fail-Safe-Zustand.

Einander entsprechende Teile und Größen sind in allen Figuren stets mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

Fig. 1 zeigt schematisch eine Schalteinheit 1, die im Ausführungsbeispiel zwischen einem PV-Generator 2 und einem Wechselrichter 3 geschaltet ist. Der PV-Generator 2 umfasst eine Anzahl an Solarmodulen 4, die zueinander parallel liegend an einem gemeinsamen Generatoranschlusskasten 5 geführt sind, der effektiv als Sammelpunkt dient.

Die Schalteinheit 1 umfasst im den Pluspol repräsentierenden Hauptstrompfad 6 im Wesentlichen zwei Teilsysteme zur galvanischen Gleichstromtrennung des PV-Generators 2 vom Wechselrichter 3. Das erste Teilsystem ist ein manuell betätigbares mechanisches Kontaktsystem 7, das zweite Teilsystem ist ein im Fehlerfall selbstständig auslösendes Fail-Safe-System 8. In der den Minuspol repräsentierenden Rückführleitung 9 der Schalteinheit 1 – und damit der Gesamtanlage – können in nicht näher dargestellter Art und Weise weitere Kontakt- und Fail-Safe-Systeme 7, 8 geschaltet sein.

Die Fig. 2 bis 6 zeigen eine Variante der erfindungsgemäßen Schalteinheit 1 in detaillierter Darstellung. Die Schalteinheit 1 umfasst ein Gehäuse 10 aus dem zwei Anschlüsse (Außenanschlüsse) 11 und 12 herausragen. Die Schalteinheit 1 ist über die Anschlüsse 11 und 12 in den Hauptstrompfad 6 zwischen dem PV-Generator 2 und dem Wechselrichter 3 geschaltet.

Das Kontaktsystem 7 umfasst weiterhin einen über einen Kipphebel 13 und einen Koppelhebel 14 manuell betätigbaren Kontaktbügel 15 als Bewegkontakt und einem Kontaktträger 16 als Festkontakt gebildet wird. Die Kontakte oder Kontaktflächen 17a und 17b zwischen dem Kontaktbügel 15 und dem Kontaktträger 16 sind als plättchenartige Kontaktelemente ausgeführt.

Der Kontaktbügel 15 ist über einen festen Litzenleiter 18 elektrisch leitfähig mit dem Anschluss 11 gekoppelt, wobei sowohl die Verbindung zwischen dem Kontaktbügel 15 und dem Litzenleiter 18 als auch die Verbindung zwischen Litzenleiter 18 und Anschluss 11 als eine Schweißverbindung ausgeführt ist. Der Kontaktbügel 15 ist im Wesentlichen hammerförmig und aus einem elektrisch leitenden Metall gefertigt, wobei die Kontaktfläche 17a am Hammerkopf-Ende angeordnet ist und in der Schließstellung der Schalteinheit 1 (Fig. 2) auf der Kontaktfläche 17b aufliegt.

Der Kontaktträger 16 ist aus Kupfer hergestellt, so dass dieser eine hohe elektrische und thermische Leitfähigkeit aufweist. Der Kontaktträger 16 hat im Wesentlichen die Form einer Stufe, wobei an der oberen Stufenkante die Kontaktfläche 17b angeordnet ist. Der Stufenkörper des Kontaktträgers 15 hat einen verjüngten Querschnitt, um dessen Wärmeleitfähigkeit zu erhöhen. An der unteren Stufenkante ist über ein Lot 19 ein beweglicher Litzenleiter 20 elektrisch leitfähig gekoppelt.

Der Litzenleiter 20 kann eine elektrisch isolierende Schirmung 21 aufweisen, welche an seinen beiden Enden entfernt ist. Eines der Leiterenden (Festende) des Litzenleiters 20 ist mit dem Anschluss 12 unlösbar durch Schweißen verbunden, während das andere Leiterende (Losende) mit dem Lot 19 am Kontaktträger 15 verlötet ist.

In der Schließstellung der Schalteinheit 1 ist der Stromkreis somit über die beiden Anschlüsse 11 und 12 und den Hauptstrompfad 6 geschlossen. Der Strom fließt durch einen somit gebildeten Leiterpfad 22, umfassend den Anschluss 11, den Litzenleiter 18, den Kontaktbügel 15, die Kontaktflächen 17a und 17b, den Kontaktträger 16, das Lot 19, den Litzenleiter 20 und den Anschluss 12. Der Leiterpfad 22 verläuft etwa U-förmig innerhalb des Gehäuses 10.

Das Gehäuse 10 besteht aus einem elektrisch isolierenden und wärmebeständigen Kunststoff und wird – wie in Fig. 5 ersichtlich – aus zwei komplementären Gehäusehalbschalen 10a und 10b gebildet. Die Halbschalen 10a und 10b können

durch vier Bohrungen 23 mit Hilfe von nicht weiter dargestellten Schrauben oder Nieten miteinander verbunden werden. Die Bohrungen 23 sind in etwa an den Eckpunkten eines gedachten Vierecks gleichmäßig am Gehäuse 10 verteilt angeordnet.

Das Gehäuse 10 weist einen etwa rechteckigen Querschnitt auf, so dass eine einfache Montage von mehreren nebeneinander angeordneten Schalteinheiten 1 auf einer gemeinsamen Leiterplatte möglich ist. Das Gehäuse 10 hat einen näherungsweise U-förmigen Umfang, wobei die beiden U-Schenkel durch einen waagerechten Teil miteinander verbunden sind. Aus diesem waagerechten Teil ragen die beiden Anschlüsse 11 und 12 und an der U-Basis zumindest teilweise der Kipphebel 13 heraus. Ferner sind die Halbschalen 10a und 10b mit entsprechenden Innen-Profil-Strukturen ausgeführt, in die die einzelnen Bestandteile der Schalteinheit 1 formschlüssig oder mit Spiel einsetzbar sind.

Der Kipphebel 13 dient nicht nur zum Öffnen und Schließen des Kontaktsystems 7, sondern auch als äußere optische Anzeige des Schaltzustandes der Schalteinheit 1, wie in Fig. 4 ersichtlich, bei dem der Kipphebel 13 in der Offenstellung ist. Bei einer manuellen Betätigung des Kipphebels 13 wird eine äußere Kraft zur Kippung des Schalters durch ein Gelenksystem 24 in eine Schwenkbewegung des Kontaktbügels 15 umgesetzt.

Das Fail-Safe-System 8 stellt eine dauerhafte galvanische Trennung zwischen dem PV-Generator 2 und dem Wechselrichter 3 sicher. Das Fail-Safe-System 8 umfasst den Kontaktträger 16, das Lot 19, den Litzenleiter 20, eine Trennvorrichtung 27 mit einer spiralförmigen Schraubendruckfeder 28 und einen Schieber 29 sowie eine Isolierkammer 30. Diese Ausführungsvariante der Trennvorrichtung 27 ist in Fig. 6 näher dargestellt.

Die Schraubendruckfeder 28 liegt in einer Führungskammer 31 des Gehäuses 10 ein, wobei ein zapfenähnlicher Fortsatz 32 der Führungskammer 31 zumindest teilweise von der Schraubendruckfeder 28 umschlossen wird. Die Schraubendruckfeder 28 drückt aufgrund einer Federrückstellkraft F den Schieber 29 gegen

den Litzenleiter 20. Der Schieber 29 weist einen als Finger 33 ausgebildeten Fortsatz auf, der unmittelbar gegen den Litzenleiter 20 drückt. Der Finger 33 setzt dabei nahe des Lots 19 an, so dass das an der Lötung wirkende Drehmoment aufgrund der Federrückstellkraft F möglichst gering ist.

Die Führungskammer 31 und die Isolierkammer 30 liegen auf einer Höhe entlang einer Auftrennrichtung A und werden durch den dazu senkrecht verlaufenden Litzenleiter 20 voneinander getrennt. Die Führungskammer 31 und die Isolierkammer 30 haben weiterhin den gleichen (schieberförmigen) Querschnitt.

Im Fehlerfall erhitzt ein entstehender Lichtbogen 26 aufgrund der überproportional ansteigenden Wärmeentwicklung die Kontaktflächen 17a und 17b und damit auch den Kontaktträger 16. Aufgrund dessen hoher Wärmekapazität wird das Lot 19 in einem vergleichbaren Maße erhitzt und letztendlich aufgeschmolzen. Infolgedessen wird durch die Federrückstellkraft F der Schraubendruckfeder 28 der Schieber 29 entlang der Auftrennrichtung A in die Isolierkammer 30 verschoben. Der Schieber 29 und die Isolierkammer 30 sind geometrisch komplementär ausgebildet, so dass sie problemlos ineinander verschiebbar sind. Die Einquetschlänge der Isolierkammer 30 ist dabei zweckmäßig an die Leistungsparameter des PV-Generators 2 angepasst.

Während des Verschiebens des Schiebers 29 in die Isolierkammer 30 wird der Litzenleiter 20 um einen Drehpunkt 34 verschwenkt, und letztendlich um etwa 90° abgeknickt (Fig. 4). Beim Aufschmelzen und Auftrennen des Lots 19 bildet sich ein zweiter Lichtbogen (nicht gezeigt) zwischen dem Kontaktträger 16 und dem Losende des Litzenleiters 20, der näherungsweise entlang deren Verbindungslinie im aufgetrennten Zustand verläuft. Dieser zweite Lichtbogen wird durch die Verschiebung des Schiebers 29 einerseits verlängert, und dadurch abgekühlt, und andererseits aufgrund der Passform zwischen dem Schieber 29 und der Isolierkammer 30 zwischen selbigen eingequetscht und somit gelöscht. Sobald der zweite Lichtbogen verloschen ist, sind der Kontaktträger 16 und der Litzenleiter 20 galvanisch getrennt, wodurch auch gleichzeitig der Lichtbogen 26 verlöscht wird. Der Finger 33 begünstigt die Auftrennung der Lötung und kapselt den zweiten Lichtbogen

beim Anschlag am Boden der Isolierkammer 30 vollständig ein beziehungsweise ab.

Sowohl der Schieber 29 als auch die Innenwände der Isolierkammer 30 können aus einem ausgasenden und elektrisch isolierenden Kunststoffmaterial hergestellt sein. Durch die Wärmeentwicklung in der Umgebung des zweiten Lichtbogens, insbesondere im Bereich der Trennvorrichtung 27, werden von diesen Kunststoffmaterialien Gase freigesetzt. Die Gase behindern eine Ionisierung des Luftspalts im Bereich des aufgelösten Lots 19 beziehungsweise lassen die Ionisierung schneller abklingen. Dadurch ist der zweite Lichtbogen leichter durch die Trennvorrichtung 27 löschar.

Der Leiterpfad 22 der Schalteinheit 1 weist im ausgelösten Zustand (Fig. 4) demnach zwei galvanische Trennstellen auf, nämlich einerseits zwischen den Kontaktflächen 17a und 17b sowie andererseits zwischen dem Kontaktträger 16 und dem Losende des Litzenleiters 20. Die Materialien und Dimensionierungen der Schalteinheit 1 und ihrer Trennvorrichtung 27 sind entsprechend dimensioniert, um auch bei einem Fehlerfall innerhalb weniger Millisekunden eine galvanische Gleichstromunterbrechung zwischen dem PV-Generator 2 und dem Wechselrichter 3 sicherzustellen.

Anhand der Fig. 7 und Fig. 8 wird nachfolgend eine zweite Ausführungsvariante der Schalteinheit 1 mit einer Trennvorrichtung 27' erläutert, wobei zugunsten der besseren Übersichtlichkeit nur die für das Fail-Safe-System 8 relevante zweite Hälfte des Leiterpfads 22 (der Kontaktträger 16, das Lot 19, der Litzenleiter 20 und der Anschluss 12) dargestellt ist. Die Trennvorrichtung 27' umfasst eine vorgespannte Schenkelfeder 35, einen etwa hakenartigen Schwenkkopf oder -hebel 36 und eine Isolierkammer 30'. Das Innenprofil des Gehäuses 2 ist entsprechend der Trennvorrichtung 27' eingerichtet und gestaltet.

Die Isolierkammer 30' ist in dieser Ausführung im Wesentlichen die untere Hälfte (von der Hutleiste 12 aus) des Gehäuses 10. Der Schwenkkopf (Schwenkhebel) 36 ist näherungsweise L-förmig, wobei sowohl der Schwenkkopf 36 als auch die

Isolierkammer 30' aus einem ausgasenden elektrisch isolierenden Kunststoffmaterial hergestellt sind. Die obere Ecke 36a des horizontalen L-Schenkels des Schwenkkopfs 36 setzt in einer ähnlichen Weise an der Litze 20 an, wie der Finger 33 in der vorher beschriebenen Variante. Am unteren Ende des vertikalen L-Schenkels des Schwenkkopfs 36 ist die vorgespannte Schenkelfeder 35 angeordnet. Durch die Schenkelfeder 35 ist der Schwenkkopf 36 schwenk- beziehungsweise drehbeweglich gehalten.

Bei einem Aufschmelzen des Lots 19 infolge der Wärmeentwicklung des Lichtbogens 26 verschwenkt die Schenkelfeder 35 den Schwenkkopf 36 aufgrund einer Federrückstellkraft F' . Dabei wird die Litze 19 um den Drehpunkt 34' um einen Winkel von etwa 90° in Richtung der unteren rechten Ecke des Gehäuses 10 beziehungsweise der Isolierkammer 30' verschwenkt.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel wird der Lichtbogen nicht eingequetscht, sondern lediglich künstlich verlängert, so dass das Lichtbogenplasma aufgrund der daraus resultierenden Abkühlung löschar ist. Der Lichtbogen wird dabei im Vergleich zum ersten Ausführungsbeispiel wesentlich stärker verlängert, da der Litzenleiter 20 nicht in Richtung der rechten Seitenwand gedrückt, sondern in die untere Ecke verschwenkt wird. Die Schalteinheit 1 ist mit der Trennvorrichtung 27' dazu eingerichtet und geeignet, innerhalb weniger Millisekunden eine galvanische Gleichstromunterbrechung zwischen dem PV-Generator 2 und dem Wechselrichter sicherzustellen, sowohl im Normal- als auch im Fehlerfall.

In einer geeigneten Dimensionierung der Gehäuseabmessung ist die waagerechte hutschienenseitige Auflagefläche des Gehäuses 10 etwa 4 cm breit, die Seitenkanten des Gehäuses etwa 6 cm lang und das Gehäuse 10 circa 2 cm tief. Der Abstand der Kontaktflächen 17a und 17b ist in der Offenstellung etwa 1 cm und der Abstand zwischen dem Kontaktträger 15 und dem Losende des Litzenleiters 20 nach einer Auslösung der Trennvorrichtung 27 beziehungsweise 27' mindestens 1,5 cm. Die Kunststoffe für Gehäuse 10, Isolierkammer 30/ 30' und Schieber 29 beziehungsweise Schwenkkopf 35, die Form und der Werkstoff des Kontakt-

trägers 16 sowie das am Lot 19 wirkende Drehmoment sind so gewählt, dass die Schalteinheit 1 eine Nennspannung von ungefähr 1500 V (DC) hat.

Die Erfindung ist nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr können auch andere Varianten der Erfindung von dem Fachmann hieraus abgeleitet werden ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen. Insbesondere sind ferner alle im Zusammenhang mit den verschiedenen Ausführungsbeispielen beschriebenen Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

1	Schalteinheit	19	Lot
2	PV-Generator	20	Litzenleiter
3	Wechselrichter	21	Schirmung
4	Solarmodul	22	Leiterpfad
5	Anschlusskasten	23	Bohrung
6	Hauptstrompfad	24	Gelenksystem
7	Kontaktsystem	26	Lichtbogen
8	Fail-Safe-System	27, 27'	Trennvorrichtung
9	Rückführleitung	28	Schraubendruckfeder
10	Schaltgehäuse	29	Schieber
10a, 10b	Halbschale	30, 30'	Isolierkammer
11, 12	Anschluss	31	Führungskammer
13	Kipphebel	32	Führungsfortsatz
14	Koppelhebel	33	Fingerfortsatz
15	Kontaktbügel	34	Drehpunkt
16	Kontaktträger	35	Schenkelfeder
17a, 17b	Kontaktfläche	36	Schwenkkopf/-hebel
18	Litzenleiter	36a	Schwenkkopfspitze
		A	Auftrennrichtung
		F, F'	Federkraft

Ansprüche

1. Schalteinheit (1) zum Schalten von hohen Gleichspannungen, mit zwei aus einem Gehäuse (10) herausragenden Anschlüssen (11, 12), die elektrisch leitend über einen Leiterpfad (22) gekoppelt sind, und mit einem zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (11, 12) angeordneten mechanischen Kontaktsystem (7) mit zwei Kontakten (15, 16), die relativ zueinander bewegbar und aus einer Schließstellung in eine Offenstellung überführbar sind, sowie mit einer mittels einer thermischen Sicherung (8) auslösbaren Trennvorrichtung (27, 27') zum Verlöschen eines beim Öffnen der Kontakte (15, 16) entstehenden Lichtbogens (26),

dadurch gekennzeichnet,

dass die thermische Sicherung (8) eine im Leiterpfad (22) angeordnete Schmelzstelle (19) umfasst, die einerseits mit dem Kontaktsystem (7) und andererseits über einen beweglichen Leiterabschnitt (20) mit dem ersten Anschluss (12) verbunden ist, wobei die Trennvorrichtung (27, 27') ausgelöst und die Verbindung zwischen dem Leiterabschnitt (20) und dem Kontaktsystem (7) an der Schmelzstelle (19) aufgetrennt wird, wenn infolge des Lichtbogens (26) die Schmelztemperatur der Schmelzstelle (19) erreicht oder überschritten ist.

2. Schalteinheit (1) nach Anspruch 1,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Trennvorrichtung (27, 27') ein vorgespanntes Federelement (28, 35) umfasst, dessen Federkraft (F , F') entlang einer Auftrennrichtung (A) mittelbar oder unmittelbar auf den Leiterabschnitt (20) wirkt.

3. Schalteinheit (1) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Federelement (28, 35) den Leiterabschnitt (20) beim Auslösen der Trennvorrichtung (27, 27') um einen zur Schmelzstelle (19) beabstandeten Schwenkpunkt (34) umlenkt.
4. Schalteinheit (1) nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Trennvorrichtung (27, 27') den Leiterabschnitt (20) um einen Schwenkwinkel größer oder gleich 90° umlenkt.
5. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gehäuse (10) eine an die Schmelzstelle (19) angrenzende Isolierkammer (30, 30') aufweist, in der der Leiterabschnitt (20) nach erfolgter Auslösung der Trennvorrichtung (27, 27') einliegt.
6. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass die Trennvorrichtung (27, 27') ein im Gehäuse (10) beweglich gehaltenes Trennelement (29, 36) aufweist, das gegen den Leiterabschnitt (20) geführt ist.
7. Schalteinheit (1) nach Anspruch 6,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Trennelement (29, 36) nach erfolgter Auslösung den Leiterabschnitt (20) gegenüber der Schmelzstelle (19) zumindest teilweise isolierend abdeckt.
8. Schalteinheit (1) nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Trennelement (29) im Gehäuse (10) schiebebeweglich geführt ist und beim Auslösen der Trennvorrichtung (27) zusammen mit dem Leiterabschnitt (20) in die Isolierkammer (30) einfährt.

9. Schalteinheit (1) nach Anspruch 6 oder 7,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Trennelement (36) im Gehäuse (10) drehbeweglich gehalten ist und beim Auslösen der Trennvorrichtung (27') den Leiterabschnitt (20) um den zur Schmelzstelle (19) beabstandeten Schwenkpunkt (34) verschwenkt.
10. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Kontaktsystem (7) einen Bewegkontakt (17a) und einen Festkontakt (17b) oder zwei bewegliche Kontakte (17a, 17b) aufweist, wobei die Schmelzstelle (19) über einen elektrisch leitfähigen Kontaktträger (16) wärmeleitend an den Festkontakt (17b) bzw. an einen der beweglichen Kontakte (17b) gekoppelt ist.
11. Schalteinheit (1) nach Anspruch 10,
dadurch gekennzeichnet,
dass der Bewegkontakt (15) über einen Auslösemechanismus (24, 25) mit einem Kipphel (13) zum Betätigen des Kontaktsystems (7) gekoppelt ist.
12. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 11,
dadurch gekennzeichnet,
dass der bewegbare Leiterabschnitt (20) ein flexibles Verbindungselement ist, insbesondere in Form eines Litzenleiters (20), dessen Festende mit dem ersten Anschluss (12) unlösbar und dessen Losende an der Schmelzstelle (19), vorzugsweise mit dem Kontaktträger (16), verlötet ist.
13. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 12,
dadurch gekennzeichnet,

dass das Gehäuse (10) den Leiterpfad (22), das mechanische Kontaktsystem (7), die Trennvorrichtung (27, 27') und die thermische Sicherung (8) aufnimmt.

14. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 13,
dadurch gekennzeichnet,
dass das Gehäuse (10) und das Trennelement (29, 36) aus einem thermisch stabilen Kunststoffmaterial, insbesondere aus einem Duroplast-Werkstoff, gefertigt sind.
15. Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 14,
dadurch gekennzeichnet,
dass Trennelement (29, 36) und/oder die Isolierkammer (30, 30') aus einem im Brandfall ausgasenden Kunststoffmaterial, insbesondere aus Polyamid, gefertigt sind.
16. Trennvorrichtung (27, 27') zur Gleichstromunterbrechung zwischen einer Gleichstromquelle und einer elektrischen Einrichtung, insbesondere zwischen einem Photovoltaik-Generator (2) und einem Wechselrichter (3), mit einer stromführenden Schalteinheit (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 15.