

(19)



(11)

EP 4 521 436 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.03.2025 Patentblatt 2025/11

(51) Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01H 9/10 (2006.01) H01H 71/12 (2006.01)
H01H 85/02 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **24198928.4**

(52) Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01H 71/122; H01H 9/10; H01H 85/0241

(22) Anmeldetag: **06.09.2024**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC ME MK MT NL
NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA
Benannte Validierungsstaaten:
GE KH MA MD TN

(71) Anmelder: **Jean Müller GmbH Elektrotechnische Fabrik**
65343 Eltville am Rhein (DE)

(72) Erfinder: **Wolf, Torsten**
65366 Geisenheim (DE)

(74) Vertreter: **Franke, Markus et al**
Patentanwälte Sturm Weilnau Franke
Partnerschaft mbB
Unter den Eichen 5 (Haus C-Süd)
65195 Wiesbaden (DE)

(30) Priorität: **08.09.2023 EP 23196304**

(54) **SCHUTZGERÄT ZUM UNTERBRECHEN EINES STROMKREISES BEI AUFTRETEN EINES ÜBERSTROMS**

(57) Die Erfindung betrifft ein Schutzgerät (3) zum Unterbrechen eines Stromkreises bei Auftreten eines Überstroms. Das Schutzgerät (3) weist einen Strompfad (4; 5) auf, der sich durch das Schutzgerät (3) von einem Eingangsanschluss des Schutzgeräts (3) zu einem Ausgangsanschluss des Schutzgeräts (3) erstreckt, wobei das Schutzgerät (3) in dem Strompfad (4; 5) eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines einen Schmelzleiter umfassenden Sicherungseinsatzes (6) und einen zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter (7) mit mechanisch schaltbaren Kontaktierungselementen aufweist, wobei der Lasttrennschalter (7) mit einem Auslösemechanismus (8) gekoppelt ist, derart, dass bei einem Auslösen des Auslösemechanismus (8) die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters (7) getrennt werden zum Unterbrechen des Strompfads (4; 5), wobei es sich bei dem Strompfad (4; 5) um einen Hauptstrompfad handelt, wobei das Schutzgerät (3) eine elektronische Überwachungseinrichtung (9) aufweist, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung (9) eine Messeinrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, eine oder mehrere für das Vorliegen eines Überstroms charakteristische elektrische Messgrößen zu erfassen, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung (9) eine Auswerteelektronik aufweist, die dazu eingerichtet ist, basierend auf der oder den von der Messeinrichtung erfassten elektrischen Messgrößen das Auftreten eines Überstroms in dem Strompfad (4; 5) zu erkennen, wobei die Überwachungseinrichtung (9) dazu eingerichtet ist, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem Strompfad (4; 5) den Auslösemechanismus auszulösen zum Unterbrechen

des Strompfads (4; 5) durch Trennen der Kontaktierungselemente.

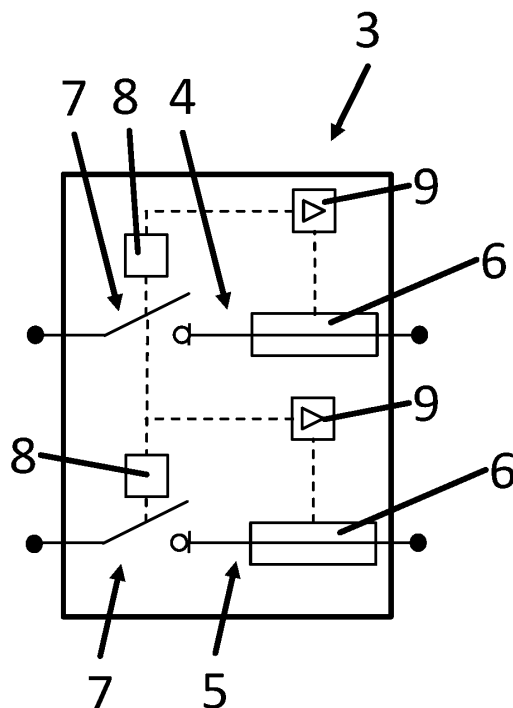


Fig. 2

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Schutzgerät zum Unterbrechen eines Stromkreises bei Auftreten eines Überstroms. Bei einem Überstrom kann es sich beispielsweise um einen Kurzschlussstrom handeln oder auch um einen Überlaststrom handeln. Bei dem Schutzgerät handelt es sich insbesondere um ein Schutzgerät für einen Gleichstromkreis. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Absicherung eines Gleichstromkreises gegen einen Überstrom.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind unterschiedlichste Schutzgeräte zum Unterbrechen eines Stromflusses bzw. eine Stromkreises bei Auftreten eines Überstroms bekannt. Beispielsweise ist aus der DE 10 2011 089 631 A1 ein Leistungsschalter zum Abschalten eines elektrischen Stroms für den Fall, dass durch einen elektrischen Fehler ein Betrag der Stromstärke dieses Stroms oder ein zeitlicher Verlauf der Stromstärke nicht mehr die gewünschten Eigenschaften aufweist, bekannt. Bei diesem Leistungsschalter handelt es sich insbesondere um einen Leistungsschalter für Niederspannung.

[0003] Gleichstromanwendungen (DC) gewinnen in verschiedenen Wirtschaftssektoren immer mehr an Bedeutung. Im industriellen Bereich entstehen GleichspannungsNetze, die Produktionshallen oder ganze Fabriken mit Energie versorgen. Neben ökonomischen Faktoren, beispielsweise hinsichtlich der Energieeinsparung durch Wegfall der Umwandlungsverluste von Gleichspannung zur Wechselspannung, spielen dabei auch technische Vorteile von Gleichstrom-Netzen eine große Rolle, zum Beispiel die Vermeidung von Oberschwingungen. Im Rahmen der Energiewende spielt Gleichstrom bei Energiespeichersystemen eine große Rolle, in denen überschüssige Energie gepuffert wird, um diese in Zeiten von geringer Stromproduktion abrufen zu können. Ein weiterer Anwendungsbereich sind Anlagen zur unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV-Anlagen). Aufgrund des immer höheren Energiebedarfs werden auch die entsprechenden USV-Anlagen immer größer und die entsprechenden Energiespeicher immer leistungsfähiger, sodass immer höhere Stromstärken und/oder Spannungen bei derartigen USV-Anlagen auftreten.

[0004] Gleichspannungsnetze und Wechselspannungsnetze mit niedrigen Frequenzen sind hinsichtlich ihrer zuverlässigen Absicherung gegen einen Überstrom, insbesondere gegen einen Kurzschlussstrom, und hinsichtlich des sicheren Abschaltens bei Auftreten eines Überstroms aus verschiedenen Gründen besonders problematisch. So führt die zunehmende Leistung von Batteriespeichersystemen dazu, dass der Innenwiderstand der Batteriezellen sich immer weiter verringert. Im Falle eines Kurzschlusses führt die Verringerung der Innenwiderstände zu sehr hohen prospektiven Kurzschlussströmen. Sehr kurze Leitungen zwischen Batterie und einem Schutzgerät zum Unterbrechen des Stromkreises sorgen zudem für sehr niedrige Induktivitäten, was extrem niedrige Zeitkonstanten zur Folge hat. Diese

liegen regelmäßig unter einer Millisekunde und können in Einzelfällen im Bereich einiger Mikrosekunden liegen. Die niedrigen Zeitkonstanten führen in Verbindung mit den hohen prospektiven Kurzschlussströmen im Falle eines Kurzschlusses zu sehr steilen Stromanstiegen. Beim Schutz des entsprechenden Stromnetzes bzw. Stromkreises mittels eines Sicherungseinsatzes mit Schmelzleiter, auch kurz als Schmelzsicherung bezeichnet, kann das zur Folge haben, dass die strombegrenzende Wirkung des Sicherungseinsatzes in Relation zu diesen Zeitkonstanten verzögert oder gar nicht eintritt. Zum Auslösezeitpunkt der Schmelzsicherung kann dadurch gegebenenfalls bereits ein solch hoher Strom fließen, dass die Schmelzsicherung und/oder Komponenten überlastet werden. Hinzu kommt, dass infolge der geringen Induktivität die in dem abgesicherten Stromkreis gespeicherte Energiemenge nicht ausreicht, eine ausreichend hohe Gegenspannung über dem Schaltlichtbogen innerhalb des Sicherungseinsatzes zu erzeugen, sodass damit der Kurzschlussstrom vollständig unterbrochen werden kann. Nach dem eigentlichen Abschmelzen des Schmelzleiters kann ggf. noch über mehrere Millisekunden ein Strom durch den oder die Lichtbogenkanäle des abgeschmolzenen Schmelzleiters fließen. Bei einem Wechselstrom werden derartige Lichtbögen durch den Stromnulldurchgang ggf. noch selbstständig gelöscht. Die Gefahr durch Lichtbögen ist bei Gleichstrom erheblich höher. Daher ist festzustellen, dass der Einsatz von Schmelzsicherungen bei Gleichstromanwendungen oder Wechselstromanwendungen mit niedrigen Frequenzen mit Nachteilen verbunden ist. Allerdings haben Schmelzsicherungen auch erhebliche Vorteile. So zeigen Schmelzsicherungen ein Fail-Safe-Verhalten, das bedeutet, dass diese bei einem Überstrom zuverlässig auslösen und grundsätzlich zu einer Unterbrechung des entsprechenden Stromkreises führen. Ein weiterer Vorteil von Schmelzsicherungseinsatz besteht darin, dass eine Emission von Lichtbögen und von ionisierenden Gasen in die Umgebung im Falle eines Auslösens der Schmelzsicherung nicht auftritt sondern in dem Gehäuse des Sicherungseinsatzes und somit gekapselt bleibt. Gegenüber Halbleiter-Leistungsschaltern, die auch zur Absicherung von Gleichstromnetzen Anwendung finden, sind Schmelzsicherungen zu dem deutlich kostengünstiger.

[0005] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Schutzgerät zum Unterbrechen eines Stromkreises beim Auftreten eines Überstroms zu schaffen, dass die Vorteile des Sicherungseinsatzes mit Schmelzleiter nutzt und deren vorgenannte Nachteile überwindet.

[0006] Diese Aufgabe wird durch ein Schutzgerät, das die Merkmale des Patentanspruchs 1 aufweist, gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen des Schutzgeräts sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0007] Das erfindungsgemäße Schutzgerät dient zum Unterbrechen eines Stromkreises bei Auftreten eines Überstroms. Das Schutzgerät kommt vorzugsweise bei Gleichstromanwendungen zum Einsatz. Das Schutzge-

rät weist einen Strompfad auf, der sich durch das Schutzgerät von einem Eingangsanschluss des Schutzgeräts zu einem Ausgangsanschluss des Schutzgeräts erstreckt, wobei das Schutzgerät in dem Strompfad eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines einen Schmelzleiter umfassenden Sicherungseinsatzes und einen zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter mit mechanisch schaltbaren Kontaktierungselementen aufweist, wobei der Lasttrennschalter mit einem Auslösemechanismus gekoppelt ist, derart, dass bei einem Auslösen des Auslösemechanismus die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters getrennt werden zum Unterbrechen des Strompfads, wobei es sich bei dem Strompfad um einen Hauptstrompfad handelt, wobei das Schutzgerät eine elektronische Überwachungseinrichtung aufweist, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung eine Messeinrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, eine oder mehrere für das Vorliegen eines Überstroms charakteristische elektrische Messgrößen zu erfassen, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung eine Auswertelektronik aufweist, die dazu eingerichtet ist, basierend auf der oder den von der Messeinrichtung erfassten elektrischen Messgrößen das Auftreten eines Überstroms in dem Strompfad zu erkennen, wobei die Überwachungseinrichtung dazu eingerichtet ist, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem Strompfad den Auslösemechanismus auszulösen zum Unterbrechen des Strompfads durch Trennen der Kontaktierungselemente.

[0008] Da es sich bei dem Strompfad um den Hauptstrompfad handelt und der in die Sicherungsaufnahme eingesetzte Sicherungseinsatz dadurch im Hauptstrompfad angeordnet ist, ist der Schmelzleiter des Sicherungseinsatzes auch im Normalbetrieb, somit auch ohne Auftreten eines Überstroms, stromführend. Mit anderen Worten: Der Sicherungseinsatz ist durch dessen Anordnung im Hauptstrompfad dauerhaft mit dem Betriebsstrom des Stromkreises beaufschlagt. Durch diese Ausgestaltung, nämlich die Anordnung der Sicherungsaufnahme und somit des dort eingesetzten Sicherungseinsatzes in dem Hauptstrompfad, ist der Stromkreis stets durch den in die Sicherungsaufnahme eingesetzte Sicherungseinsatz abgesichert. Dadurch ist der Hauptstrompfad immer dann unterbrochen, wenn der Sicherungseinsatz keinen Strom führen kann, bspw. wenn der Schmelzleiter des Sicherungseinsatzes aufgrund eines Überstroms durchgeschmolzen ist oder der Schmelzleiter des Sicherungseinsatzes aus anderen Gründen durchtrennt ist oder in der Sicherungsaufnahme gar kein Sicherungseinsatz angeordnet ist.

[0009] Aufgrund der erfindungsgemäßen Gestaltung kommen die eingangs genannten Nachteile von Schmelzsicherungen bei Gleichstromanwendungen weniger oder nicht zum Tragen, da durch das Öffnen des Lasttrennschalters zuverlässig der Strompfad des Schutzgeräts unterbrochen wird. Ein weiterer Vorteil der Verwendung des Lasttrennschalters besteht darin,

dass die durch den ausgelösten Sicherungseinsatz erzeugte Trennstelle in der Regel nicht die Anforderungen an eine sichere Trennung erfüllt, wohingegen der geöffnete Lasttrennschalter diese Anforderungen erfüllt. Der Vorteil der Verwendung des Sicherungseinsatzes besteht darin, dass zuverlässig der Strompfad unterbrochen und/oder der durch den Strompfad fließende Strom aufgrund der ausgelösten Sicherung zumindest sehr stark abgeschwächt wird, um nachgeschaltete Geräte und/oder Personen zu schützen. Durch die Kombination mit der in Reihe geschalteten Sicherungsaufnahme braucht der Lasttrennschalter und der mit diesem gekoppelte Auslösemechanismus keine besonders flinke Schaltcharakteristik aufzuweisen, sodass die entsprechenden Komponenten relativ einfach gestaltet sein können. Dies wirkt sich vorteilhaft auf die Herstellungskosten des Schutzgeräts aus. Der besondere Vorteil des erfindungsgemäßen Schutzgeräts gegenüber einem Leistungsschalter besteht auch darin, dass die Hauptaufgabe des Abschaltvorgangs weiterhin durch den Sicherungseinsatz übernommen wird. Die Kontaktierungselemente und etwaige weitere Elemente zum Kontaktieren und Trennen der Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters können somit einfacher ausgeführt sein, da insbesondere keine besonders hohen Ströme geschaltet werden müssen, da die Stromstärke durch das Aufschmelzen des Sicherungseinsatzes bereits verringert wird. Da der Sicherungseinsatz mit dem Lasttrennschalter in Reihe geschaltet ist, ist eine besonders hohe Sicherheit gewährleistet, sollte es aus irgendwelchen Gründen zu einer Fehlfunktion des Lasttrennschalters und/oder der Überwachungseinrichtung und/oder des Auslösemechanismus kommen. So ist der Anlagen- und der Personenschutz aufgrund des in der Regel sehr zuverlässigen Auslösens des Sicherungseinsatzes, der insbesondere rein thermisch bedingt ist, immer noch zu einem hohen Maß gewährleistet, auch wenn der Lasttrennschalter nicht öffnen sollte.

[0010] Zudem besteht der Vorteil, dass im Fall eines Kurzschlusses lediglich der Sicherungseinsatz ausgetauscht werden muss, um die zuverlässige Funktion des Schutzgeräts wieder herzustellen.

[0011] Ein Überstrom liegt insbesondere dann vor, wenn ein Auslösestrom des Sicherungseinsatzes, der zu einem Abschmelzen des Schmelzleiters und somit zu einem Auslösen des Sicherungseinsatzes führt, vorliegt. Dabei ist es denkbar, dass der Auslösestrom kurzfristig überschritten werden kann, ohne dass der Schmelzleiter abschmilzt. Die Auslösezeit des Sicherungseinsatzes hängt in der Regel davon ab, in welchem Maße der Auslösestrom überschritten wird. Der Auslösestrom und die Auslösezeit des Sicherungseinsatzes hängen von der Auslösecharakteristik des Sicherungseinsatzes ab. Der Auslösestrom beträgt in der Regel ein Mehrfaches des Nennstroms des abzusichernden Stromkreises. Vorzugsweise beträgt der Auslösestrom zumindest das 1,05-fache des Nennstroms des abzusichernden Stromkreises.

[0012] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn ein Fließen von Strom von dem Eingangsanschluss zu dem Ausgangsanschluss ausschließlich über den Strompfad möglich ist. Insbesondere weist das Schutzgerät keinen parallel zu dem Strompfad oder abschnittsweise parallel zu dem Strompfad geschalteten Nebenstrompfad auf. Dadurch ist sichergestellt, dass bei einem Unterbrechen des Strompfads der Stromkreis unterbrochen ist. Auf diese Weise ist ein Fail-Safe-Verhalten sichergestellt, da bei einem Auslösen des Sicherungseinsatzes zuverlässig ein Stromfluss zwischen dem Eingangsanschluss und dem Ausgangsanschluss verhindert ist. Wenn ein Nebenstrompfad existieren würde, der beispielsweise den Sicherungseinsatz überbrückt, könnte bei abgeschmolzenem Schmelzleiter dennoch Strom von dem Eingangsanschluss zu dem Ausgangsanschluss fließen, nämlich über den Nebenstrompfad. Dadurch wäre das Fail-Safe-Verhalten des Sicherungseinsatzes aufgrund des Stromflusses über Nebenstrompfad nicht bei der Absicherung des Stromflusses von dem Eingangsanschluss zu dem Ausgangsanschluss wirksam.

[0013] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn das Schutzgerät, insbesondere die Überwachungseinrichtung, und/oder der Sicherungseinsatz derart ausgelegt sind, dass bei Auftreten eines Überstroms vor dem Auslösen des Auslösemechanismus der Schmelzleiter zumindest teilweise aufgeschmolzen ist. Dies ist dahingehend als vorteilhaft anzusehen, dass beim Schalten der Kontaktierungselemente ein geringerer Strom zu schalten ist. Dadurch kann beispielsweise ein Kontaktabbrand der Kontaktierungselemente verringert werden.

[0014] Eine flinke Auslösecharakteristik des Schutzgeräts kann dadurch erreicht werden, dass insbesondere bei Gleichstrom-Anwendungen Sicherungseinsätze mit der entsprechend flinken Charakteristik verwendet werden, zum Beispiel Schmelzsicherungen der folgenden Betriebsklassen: ar-Sicherung, gr-Sicherung, aBat-Sicherungen, gBat-Sicherungen oder gS-Sicherungen.

[0015] Es ist durchaus denkbar, dass das Schutzgerät dazu eingerichtet ist, bereits vor dem vollständigen Durchschmelzen des Schmelzleiters den Auslösemechanismus auszulösen, um ein möglichst schnelles Unterbrechen des Strompfads durch Trennen der Kontaktierungselemente zu erreichen. So ist es durchaus denkbar, dass es zwar zu einem Überstrom in dem Strompfad kommen kann und der Schmelzleiter abschmilzt, aber bereits während des Abschmelzens der Auslösemechanismus ausgelöst wird, um die vollständige galvanische Trennung durch Öffnen des Lasttrennschalters möglichst schnell zu erreichen, insbesondere wenn der Auslösemechanismus eine gewisse Trägheit aufweist bzw. Auslösezeit benötigt.

[0016] Zum Erkennen eines Überstroms kann die Messelektronik dazu eingerichtet sein, basierend auf der oder den von der Messeinrichtung erfassten elektrischen Messgrößen bestimmte vordefinierte Stromver-

läufe und Spannungsverläufe in dem Strompfad zu erkennen, die für das Auftreten eines Überstroms charakteristisch sind. Beispielsweise könnte ein Überstrom anhand eines zeitlichen Gradienten des Stroms erkannt werden. Ein besonders steiler Stromanstieg ist in der Regel ein Anzeichen für einen Kurzschluss und somit ein Anzeichen für einen bestehenden Überstrom.

[0017] Vorzugsweise sind die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters von einer Trennstellung, in der die Kontaktierungselemente voneinander beabstandet sind und dadurch ein elektrischer Kontakt zwischen den Kontaktierungselemente unterbrochen ist, in eine Kontaktstellung überführbar, in der sich die Kontaktierungselemente kontaktieren und ein elektrischer Kontakt zwischen den Kontaktierungselementen vorliegt, überführbar und umgekehrt zum Schalten des Lasttrennschalters, wobei der Auslösemechanismus dazu eingerichtet ist, bei einem Auslösen des Auslösemechanismus die Kontaktierungselemente von der Kontaktstellung in die Trennstellung zu überführen.

[0018] Der Auslösemechanismus wirkt vorzugsweise mechanisch auf die Kontaktierungselemente ein.

[0019] Es ist durchaus denkbar, dass die Auswertelektronik dazu eingerichtet ist, anhand eines variablen Grenzwerts für die entsprechende elektrische Messgröße zu entscheiden, ob ein Überstrom in dem Strompfad droht oder vorliegt oder vorlag. Grundsätzlich wird es aber als vorteilhaft angesehen, wenn die Auswertelektronik dazu eingerichtet ist, den zeitlichen Verlauf der Messgröße oder der Messgrößen zu erfassen und basierend auf dem zeitlichen Verlauf auf das Vorliegen eines Überstroms zu schließen, beispielsweise anhand des Gradienten des Spannungsabfalls über dem Sicherungseinsatz. So ist es durchaus denkbar, dass insbesondere bei Gleichstromanwendungen im normalen Betrieb der Spannungsabfall über dem Sicherungseinsatz aufgrund des geringen Innenwiderstands des Sicherungseinsatzes in der Nähe von 0 V liegen wird bzw. nur einige Volt betragen wird. Kommt es zu einem Überstrom, der zu einem Auslösen des Sicherungseinsatzes, insofern zu einem Abschmelzen des Schmelzleiters, führt, so steigt aufgrund der steigenden Schmelzleitertemperatur sowie des stark steigenden Stroms auch der Spannungsabfall über dem Sicherungseinsatz an. Sobald der Schmelzleiter an einer oder an mehreren Engstellen durchgeschmolzen ist, führt dies durch die darauffolgenden Lichtbögen über den abgeschmolzenen Engstellen und der damit einhergehenden Lichtbogenimpedanz zu einem weiteren stark steigenden Spannungsabfall. Dieser zeitliche Verlauf des Spannungsabfalls über dem Sicherungseinsatz kann durch die Auswertelektronik erkannt und in einen Auslöseimpuls für den Auslösemechanismus umgesetzt werden. Der Lasttrennschalter unterbricht dann den verbleibenden (Rest-)Kurzschlussstrom und sorgt durch das Trennen der schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters, insbesondere durch Überführen der Kontaktierungselemente in die Trennstellung, für eine sichere

Trennung des Strompfads.

[0020] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn die Überwachungseinrichtung als Sicherungsüberwachungseinrichtung ausgebildet ist, wobei die Sicherungsüberwachungseinrichtung dazu eingerichtet ist, einen Spannungsabfall über den Sicherungseinsatz zu erfassen.

[0021] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist, wie vorher bereits beschrieben, die Auswertelektronik dazu eingerichtet ist, basierend auf einer zeitlichen Entwicklung des Spannungsabfalls über den Sicherungseinsatz das Auftreten eines Überstroms zu erkennen. Dabei ist es durchaus denkbar, dass in einem Speicher der Auswertelektronik ein für einen Überstrom charakteristischer Spannungsverlauf für den verwendeten Sicherungseinsatz hinterlegt ist, wobei die Auswertelektronik dazu eingerichtet ist, den von der Messeinrichtung erfassten Spannungsabfall über dem Sicherungseinsatz mit dem hinterlegten charakteristischen Spannungsverlauf zu vergleichen und basierend auf dem Ergebnis des Vergleichs zu beurteilen, ob ein Überstrom droht oder vorliegt, der zum Durchschmelzen des Schmelzleiters im Sicherungseinsatz führt. Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn die Auswertelektronik programmierbar ist, um eine Anpassung an unterschiedliche Betriebsbedingungen vorzunehmen, beispielsweise um Schwellwerte für den Spannungsabfall und/oder Spannungsverläufe, die das Vorliegen eines Überstroms charakterisieren, an den verwendeten Sicherungseinsatz anzupassen.

[0022] Wie bereits ausgeführt, bietet das erfindungsgemäße Schutzgerät aufgrund der Kombination eines Sicherungseinsatzes mit Schmelzleiter mit einem in Reihe geschalteten Lasttrennschalter insbesondere bei Gleichstromanwendungen besondere Vorteile. Dementsprechend wird es als besonders vorteilhaft angesehen, wenn das Schutzgerät bei Gleichstromanwendungen verwendet wird beziehungsweise als Gleichstrom-Schutzgerät ausgebildet ist.

[0023] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Schutzgerät zweipolig ausgebildet ist mit einem positiven Strompfad und einem negativen Strompfad, wobei es sich bei dem positiven Strompfad um einen positiven Hauptstrompfad handelt und wobei es sich bei dem negativen Strompfad um einen negativen Hauptstrompfad handelt. Vorzugsweise weist dabei der jeweilige Strompfad eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines Sicherungseinsatzes mit Schmelzleiter und einen zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter mit mechanisch schaltbaren Kontaktierungselementen auf, wobei der jeweilige Lasttrennschalter mit einem Auslösemechanismus gekoppelt ist, derart, dass bei einem Auslösen des Auslösemechanismus die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters getrennt werden zum Unterbrechen des jeweiligen Strompfads, wobei die Überwachungseinrichtung dazu eingerichtet ist, den positiven und/oder den negativen Strompfad zu überwa-

chen, wobei die Überwachungseinrichtung dazu eingerichtet ist, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem positiven und/oder dem negativen Strompfad zumindest einen der Auslösemechanismen auszulösen, vorzugsweise den jeweiligen Auslösemechanismus auszulösen, zum Unterbrechen des positiven und/oder negativen Strompfads durch Trennen der Kontaktierungselemente des jeweiligen Lasttrennschalters.

[0024] Die räumliche Anordnung der Komponenten, nämlich des oder der Sicherungsaufnahmen bzw. Sicherungseinsätze und des oder der Lasttrennschalter zueinander kann auf unterschiedliche Art und Weise ausgebildet sein. Als besonders vorteilhaft wird es angesehen, wenn die Sicherungsaufnahmen bzw. die Sicherungseinsätze und der oder die Lasttrennschalter in ein und demselben Gehäuse ausgebildet sind.

[0025] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn der Auslösemechanismus einen vorspannbaren mechanischen Kraftspeicher aufweist. Bei dem vorspannbaren mechanischen Kraftspeicher handelt es sich vorzugsweise um eine oder mehrere mechanische Federn. Bei Auslösen des Auslösemechanismus wird über eine Kopplungsmechanik die in dem Kraftspeicher gespeicherte Kraft auf die schaltbaren Kontaktierungselemente übertragen, um diese von der Kontaktstellung in die Trennstellung zu überführen.

[0026] Grundsätzlich ist es denkbar, dass das Schutzgerät einen Elektromotor aufweist, wobei der Elektromotor dazu eingerichtet ist, den mechanischen Kraftspeicher vorzuspannen. Vorzugsweise erfolgt das Vorspannen des Kraftspeichers allerdings manuell, beispielsweise mittels eines mit der Hand betätigbaren Drehhebels.

[0027] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform weist das Schutzgerät eine mechanisch, vorzugsweise manuell, betätigbare Betätigungseinrichtung zum Überführen der Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters von der Trennstellung in die Kontaktstellung und umgekehrt auf. Bei diesem Betätigungsmechanismus handelt es sich vorzugsweise um einen von dem Auslösemechanismus unabhängige Baugruppe. Dadurch wird ein Schalten des Lasttrennschalters ermöglicht, um auch ohne Vorliegen eines Überstroms und ohne Auslösen des Auslösemechanismus ein Unterbrechen des Stromkreises zu ermöglichen und um den Strompfad und somit den Stromkreis zu schließen.

[0028] Die Betätigungseinrichtung kann beispielsweise eine Handhabe in Form eines Schalthebels aufweisen, wobei durch manuelle Betätigung des Schalthebels durch einen Bediener die Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters von der getrennten Stellung (Trennstellung), in der der Strompfad unterbrochen ist, in die Kontaktstellung überführt werden, in denen der Strompfad geschlossen ist und umgekehrt. Dabei wird es als besonders vorteilhaft angesehen, wenn es sich bei der Betätigungseinrichtung um eine Betätigungseinrichtung mit einem bedienerunabhängigen Schaltmechanismus handelt. Dieser bedienerunabhängigen Schaltmecha-

nismus kann beispielsweise in der Art ausgebildet sein, wie es in der EP 0 496 212 81 beschrieben ist, deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird.

[0029] Der Betätigungsmechanismus kann aber anstatt manuell auch durch einen Motor betätigt werden.

[0030] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn der Betätigungsmechanismus ein Sprungschaltwerk aufweist.

[0031] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform ist vorgesehen, dass das Schutzgerät ein Sperr-
element aufweist, wobei das Sperrelement mit dem
Kraftspeicher des Auslösemechanismus gekoppelt ist
und mit der Betätigungseinrichtung zusammenwirkt, der-
art, dass bei entspanntem Kraftspeicher das Sperrele-
ment das Überführen des Lasttrennschalters von der
geöffneten in die geschlossenen Schaltstellung durch
mechanisches Blockieren der Betätigungseinrichtung
verhindert.

[0032] Dadurch wird sichergestellt, dass der Last-
trennschalter nur dann geschlossen werden kann res-
pektive in die Kontaktstellung überführt werden kann,
wenn der Auslösemechanismus vorgespannt ist. Da-
durch wird eine hohe Betriebssicherheit gewährleistet,
da ein Einschalten nur bei vorgespanntem Kraftspeicher
und somit aktivem Auslösemechanismus möglich ist.

[0033] Es wird als besonders vorteilhaft angesehen,
wenn die Betätigungseinrichtung mit dem Kraftspeicher
des Auslösemechanismus gekoppelt ist, derart, dass bei
einem Betätigen der Betätigungseinrichtung zum Über-
führen der schaltbaren Kontaktierungselemente des
Lasttrennschalters von der geöffneten in die geschlos-
sene Schaltstellung der Kraftspeicher des Auslöseme-
chanismus vorgespannt wird.

[0034] In einer besonders bevorzugten Ausführungs-
form ist vorgesehen, dass die Messeinrichtung einen
oder mehrere Spannungssensoren und/oder einen oder
mehrere Stromsensoren aufweist. Bei dem Stromsensor
kann es sich um eine Rogowskispule, einen Hall-Sensor
oder eine Messmethode unter Nutzung von Halbleiter-
sensorik handeln. Bei dem Spannungssensor kann es
sich um eine herkömmliche direkte Kontaktierung han-
deln oder um einen Spannungsabgriff, wie er aus der
Patentschrift EP 3 671 792 A1 bekannt ist, deren Inhalt
hiermit in diese Anmeldung aufgenommen wird. Es ist
durchaus denkbar, dass die Messeinrichtung keine Ab-
solutwerte des Stroms und/oder der Spannung misst,
sondern lediglich Änderungen des Stroms und/oder der
Spannung.

[0035] Es wird als vorteilhaft angesehen, wenn es sich
bei dem Schutzgerät um ein Niederspannungsschutzge-
rät handelt und das Schutzgerät zur Verwendung bei
einer Gleichspannung im Bereich von betragsmäßig
75 Volt bis 1500 Volt (entsprechend Niederspannungs-
richtlinie 2014/35/EU) und bei einer Stromstärke im Be-
reich von betragsmäßig bis 1600A, vorzugsweise von
betragsmäßig 6A bis 1600A, geeignet ist.

[0036] Vorzugsweise weist der Sicherungseinsatz ein
Kontaktmesser auf.

[0037] In einer besonders bevorzugten Ausführungs-
form ist vorgesehen, dass es sich bei der oder den
Sicherungsaufnahmen um Sicherungsaufnahmen für
NH-Sicherungseinsätze (Niederspannungs-Hochleis-
tungs-Sicherungseinsätze) handelt.

[0038] In einer bevorzugten Ausführungsform ist vor-
gesehen, dass die schaltbaren Kontaktierungselemente
zwei voneinander getrennte, feststehend angeordnete
Basiselemente und eine bewegliche Kontaktbrücke auf-
weisen, wobei die Kontaktbrücke in der Kontaktstellung
des Lasttrennschalters die beiden Basiselemente kon-
taktiert und dadurch elektrisch miteinander verbindet und
in der Trennstellung beabstandet von den beiden Basi-
selementen angeordnet ist. Vorzugsweise ist die Kon-
taktbrücke als Kontaktmesser ausgebildet und das je-
weilige Basiselement weist einen Aufnahmeschlitz für
das Kontaktmesser auf.

[0039] In einer weiteren vorteilhaften Ausführung kann
die Kontaktbrücke trapezförmig ausgebildet sein, wobei
die Basiselemente aus trapezförmig einander zuge-
wandten Plattenkontakten bestehen, wobei die Ausbil-
dung der Basiselemente so ausgebildet ist, die trapez-
förmig ausgebildete Kontaktbrücke in der Kontaktstel-
lung aufzunehmen. Eine solche Gestaltung ist beispiele-
weise in der Patentschrift EP1 439 558 A1 beschrieben,
deren Inhalt hiermit in diese Anmeldung aufgenommen
wird.

[0040] In einer weiteren bevorzugten Ausführungs-
form ist vorgesehen, dass die schaltbaren Kontaktie-
rungselemente zwei voneinander getrennte Kontaktele-
mente aufweist, wobei eines dieser Elemente festste-
hend und das weitere Element beweglich ist, wobei das
bewegliche Kontaktelement in der Kontaktstellung des
Lasttrennschalters die beiden Kontaktelemente kontak-
tiert und dadurch elektrisch miteinander verbindet und in
der Trennstellung das bewegliche Kontaktelement be-
abstandet von dem feststehenden Kontaktelement an-
geordnet ist.

[0041] Aufgrund der sehr niedrigen Zeitkonstanten in
einem Gleichstromkreis kommt es bei einem Schließen
des Lasttrennschalters in der Regel zu einem sehr steilen
Stromanstieg. Dies kann dazu führen, dass beim Ein-
schaltvorgang des Lasttrennschalters auftretende Licht-
bögen zwischen den Kontaktierungselementen zu einem
starken Materialabtrag an den schaltbaren Kontaktie-
rungselementen des Lasttrennschalters und somit zu
einem Kontaktverschleiß führen und es ggf. sogar zu
einem Verschweißen der schaltbaren Kontaktierungs-
elemente aufgrund des hohen Stromflusses kommen
kann. Beispielsweise kann es zu einem Verschweißen
des beweglichen Kontaktmessers und einem oder bei-
den Basiselementen kommen. Dementsprechend wird
es als besonders vorteilhaft angesehen, wenn der Last-
trennschalter ein Kontaktsystem aufweist, bei dem sich
im Moment des elektrischen Kontakts zwischen den
Kontaktierungselementen des Lasttrennschalters sofort
ohne jegliche Verzögerung eine möglichst große elekt-
rische Kontaktfläche ausbildet. Dies kann beispielsweise

dadurch erreicht werden, dass mehrere elektrisch parallel zueinander angeordnete Kontaktierungselemente zeitgleich schließen. Es ist auch durchaus denkbar, dass der beim Schließen des Lasttrennschalters auftretende Lichtbogen auf einen Bereich geführt wird, der bewusst dem Verschleiß geopfert wird. Es wird als besonders vorteilhaft angesehen, wenn zumindest eines der schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters einen Dauerkontakt und einen Opferkontakt aufweist, wobei in der Kontaktstellung der Stromfluss über den Dauerkontakt erfolgt, und bei einem Schaltvorgang der Stromfluss zeitweise über den Opferkontakt erfolgt, um den Dauerkontakt vor einem Lichtbogenabbrand beim Schalten der zu schützen. Durch den Opferkontakt wird eine kontrollierte Lichtbogenführung auf unkritische Flächen erreicht. Bei einer Ausführungsform mit einem beweglichen Brückenkontakt und feststehenden Basiselementen weist zumindest eines der Basiselemente einen solchen Opferkontakt und einen Dauerkontakt auf.

[0042] Es ist auch durchaus denkbar, dass beim Vorgang des Schließens der schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters, insofern beim Einschaltvorgang, eine Komponente mit einer Induktivität, beispielsweise eine Spule, in Reihenschaltung zu den schaltbaren Kontaktierungselementen in den Strompfad eingebracht wird, um durch die dann höhere Induktivität in dem Strompfad den Stromfluss zu begrenzen. Unmittelbar nach dem Einschaltvorgang kann diese Induktivität dann durch einen weiteren Schaltkontakt überbrückt werden.

[0043] In einer bevorzugte Gestaltung ist vorgesehen, dass zumindest eines der schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters einen Vorkontakt, insbesondere einen Opferkontakt, zum zeitweisen Stromführen beim Schalten des Lasttrennschalters, und einen Dauerkontakt aufweist, zum dauerhaften Stromführen in der Kontaktstellung des Lasttrennschalters, wobei der Dauerkontakt und der Vorkontakt derart ausgebildet sind, dass während des Einschaltvorganges des Lasttrennschalters, somit beim Schließen der schaltbaren Kontaktierungselemente, zuerst der Vorkontakt kontaktiert wird und zeitlich nachlaufend der Dauerkontakt kontaktiert wird. Mit dem Vorkontakt ist eine Induktivität, beispielsweise eine Spule, in Reihe geschaltet, wodurch der Stromkreis beim Einschaltvorgang zunächst über den Vorkontakt und somit über die Induktivität schließt und anschließend der Dauerkontakt schließt, wobei in der finalen Kontaktstellung der Vorkontakt nicht mehr kontaktiert wird, wodurch die Induktivität ohne Schalten eines weiteren Schaltkontakts überbrückt wird.

[0044] In einer bevorzugten Weiterbildung ist vorgesehen, dass das Schutzgerät zur Begrenzung bzw. Verringerung eines Stromflusses beim Einschalten des Lasttrennschalters eine elektrische Schaltung aufweist, wobei diese elektrische Schaltung mit dem Lasttrennschalter in Reihe geschaltet ist, wobei die elektrische Schaltung eine Induktivität und einen zu der Induktivität parallel geschalteten elektromagnetischen Schaltkontakt auf-

weist, wobei der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass beim Schließen des Lasttrennschalters der elektromagnetische Schaltkontakt in einer Trennstellung ist, sodass der Stromfluss über die parallel geschaltete Induktivität erfolgt, wobei nach Erreichen der Kontaktstellung des Lasttrennschalters der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass der elektromagnetische Schaltkontakt von der Trennstellung in die Kontaktstellung übergeht. Die Ansteuerung des elektromagnetischen Schaltkontakts kann beispielsweise über die Überwachungseinrichtung erfolgen.

[0045] Es wird als vorteilhaft angesehen, wenn das Schutzgerät zur Begrenzung bzw. Verringerung eines Stromflusses beim Einschalten des Lasttrennschalters eine elektrische Schaltung aufweist, wobei diese elektrische Schaltung mit dem Lasttrennschalter in Reihe geschaltet ist, wobei die elektrische Schaltung eine Induktivität und einen zu der Induktivität parallel geschalteten elektromagnetischen Schaltkontakt aufweist, wobei der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass beim Schließen des Lasttrennschalters der elektromagnetische Schaltkontakt in einer Trennstellung ist, sodass der Stromfluss über die parallel geschaltete Induktivität erfolgt, wobei nach Erreichen der Kontaktstellung des Lasttrennschalters der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass der elektromagnetische Schaltkontakt von der Trennstellung in die Kontaktstellung übergeht.

[0046] Es ist auch denkbar, dass eine Induktivität in Reihe zu dem Lasttrennschalter geschaltet ist, wobei parallel zu der Induktivität ein elektromagnetischer Schaltkontakt angeordnet ist, der geschlossen wird, sobald der Lasttrennschalter die Kontaktstellung erreicht hat, wobei die Überwachungseinrichtung unmittelbar nach Erreichen der Kontaktstellung des Lasttrennschalters eine Spannung auf den elektromagnetischen Schaltkontakt gibt, die den elektromagnetischen Schaltkontakt von der Trennstellung in die Kontaktstellung überführt.

[0047] Verfahren zur Absicherung eines Gleichstromkreises gegen einen Überstrom, wobei zur Absicherung des Gleichstromkreises gegen einen Überstrom das erfindungsgemäße Schutzgerät oder eine der vorbeschriebenen Ausführungsformen des Schutzgeräts verwendet wird.

[0048] In den nachfolgenden Figuren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, ohne auf dieses beschränkt zu sein. Es zeigen:

Fig. 1 ein Diagramm, das den zeitlichen Verlauf von Strom und Spannung an einem Sicherungseinsatz bei einem Kurzschluss zeigt,

Fig. 2 eine Schaltskizze einer ersten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schutzgeräts,

Fig. 3 eine Schaltskizze einer zweiten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Schutzgeräts

Fig. 4 Komponenten eines schaltbaren Kontaktsystems eines Lasttrennschalters des Schutzgeräts in einer Trennstellung des Lasttrennschalters,

Fig. 5 Komponenten eines schaltbaren Kontaktsystems eines Lasttrennschalters des Schutzgeräts in einer Kontaktstellung des Lasttrennschalters.

[0049] Bei der Absicherung eines Gleichstromkreises allein mittels eines Sicherungseinsatzes mit einem Schmelzleiter treten besondere Effekte auf, die mit Nachteilen verbunden sind. Anhand des in der Fig. 1 gezeigten Diagramms sollen diese Effekte nachfolgend näher erläutert werden. Dabei ist zu beachten, dass der Gleichstromkreis bei dem Diagramm in der Fig. 1 nicht über ein erfindungsgemäßes Schutzgerät, sondern lediglich über eine Schmelzsicherung abgesichert ist. In dem Diagramm der Fig. 1 zeigt die Kurve 1 den zeitlichen Verlauf des Spannungsabfalls über die Schmelzsicherung. Die Kurve 2 zeigt den zeitlichen Verlauf des durch die Schmelzsicherung fließenden Stroms. Zum Zeitpunkt t_0 kommt es zu einem Kurzschluss in dem Stromkreis. Die Kurve 2 steigt steil an und geht dann in einen flacheren Verlauf über. Die Kurve 1 und somit der Spannungsabfall über der Schmelzsicherung steigt zunächst nur gering an. Sobald der Schmelzleiter der Schmelzsicherung an einer oder mehreren Engstellen durchgeschmolzen ist, führt dies durch die darauffolgenden Lichtbögen über den abgeschmolzenen Engstellen und der damit einhergehenden Lichtbogenimpedanz zu einem weiteren stark steigenden Spannungsabfall. Dieser setzt zum Zeitpunkt t_1 ein. Dementsprechend kommt es zum Zeitpunkt t_1 zu einem starken Anstieg der Kurve 1. Gleichzeitig wird der Kurzschlussstrom durch die steigende Impedanz bereits reduziert, was sich auch in dem zeitlichen Verlauf des Stroms anhand des zum Zeitpunkt t_1 einsetzenden Abfalls (negative Steigung) der Kurve 2 zeigt. Wie dem Diagramm der Fig. 1 zu entnehmen ist, fällt der Strom bzw. die Kurve 1 beim Schmelzen des Schmelzleiters, somit beim Auslösen der Schmelzsicherung, nicht unmittelbar auf den Wert 0 ab, sondern bleibt noch über einen gewissen Zeitraum erhalten. Selbst wenn der Strom dann schließlich auf 0 abfällt, insofern der Stromkreis getrennt ist, erfüllt die ausgelöste Schmelzsicherung und die Trennstelle des Schmelzleiters nicht die Anforderungen an eine sichere Trennung.

[0050] Diese Nachteile werden durch ein Schutzgerät 3, wie es in der Fig. 2 dargestellt ist, trotz Verwendung einer Schmelzsicherung überwunden. Das Schutzgerät 3 ist vorliegend zweipolig ausgebildet und weist einen positiven Hauptstrompfad 4, nachfolgend als positiver Strompfad 4 bezeichnet, und einen negativen Hauptstrompfad 5, nachfolgende als negativer Strompfad 5 bezeichnet, auf, wobei der jeweilige Strompfad 4, 5 eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines Sicherungseinsatzes 6 mit Schmelzsicherung aufweist. Zu

der jeweiligen Sicherungsaufnahme 6 ist ein Lasttrennschalter 7 in Reihe geschaltet, wobei dieser Lasttrennschalter 7 mechanisch schaltbare Kontaktierungselemente aufweist, die von einer Trennstellung in der der jeweilige Strompfad 4, 5 unterbrochen ist, in eine Kontaktstellung überführbar sind, in der der jeweilige Strompfad 4, 5 geschlossen ist. Der Lasttrennschalter 7 ist in dem Schaltbild der Fig. 2 lediglich symbolhaft dargestellt. Der jeweilige Lasttrennschalter 7 ist mit einem Auslösemechanismus 8 gekoppelt, derart, dass bei einem Auslösen des Auslösemechanismus 8 die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters 7 von der Kontaktstellung in die Trennstellung überführt werden zum Unterbrechen des jeweiligen Strompfads 4, 5. Ein Fließen von Strom von einem dem positiven Strompfad 4 zugeordneten positiven Eingangsanschluss zu einem dem positiven Strompfad 4 zugeordneten positiven Ausgangsanschluss kann ausschließlich über den positiven Strompfad 4 erfolgen. Insbesondere weist das Schutzgerät 3 keinen parallel zu dem positiven Strompfad 4 oder abschnittsweise parallel zu dem positiven Strompfad 4 geschalteten positiven Nebenstrompfad auf, durch den Strom von dem positiven Eingangsanschluss zu dem positiven Ausgangsanschluss fließen könnte, beispielsweise wenn der positive Strompfad 4 unterbrochen ist. Ein Fließen von Strom von dem positiven Eingangsanschluss zu dem positiven Ausgangsanschluss ist daher ausschließlich über den positiven Strompfad 4 möglich. Dadurch ist sichergestellt, dass bei einem Unterbrechen des positiven Strompfads 4, beispielsweise durch Überführen des Lasttrennschalters 7 von der Kontaktstellung in die Trennstellung und/oder durch Auslösen der Schmelzsicherung, kein Strom von dem positiven Eingangsanschluss zu dem positiven Ausgangsanschluss fließen kann. Entsprechendes gilt für den negativen Strompfad 5.

[0051] Das Schutzgerät 3 umfasst für den jeweiligen Strompfad 4, 5 jeweils eine Überwachungseinrichtung 9, wobei diese Überwachungseinrichtung 9 dazu eingerichtet ist, das Auftreten eines Überstroms in dem jeweiligen Strompfad 4, 5 zu erkennen. Dazu weist die jeweilige Überwachungseinrichtung 9 eine Messeinrichtung auf, die dazu eingerichtet ist, den Spannungsabfall über den jeweiligen Sicherungseinsatz 6 zu erfassen, wobei die Überwachungseinrichtung 9 ferner eine Auswertelektronik umfasst, die dazu eingerichtet ist, basierend auf dem zeitlichen Verlauf des Spannungsabfalls über dem jeweiligen Sicherungseinsatz 6 das Vorliegen eines Überstroms, insbesondere eines Kurzschlussstroms, in dem jeweiligen Strompfad 4, 5 zu erkennen. Die Überwachungseinrichtung 9 ist dazu eingerichtet, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem jeweiligen Strompfad 4, 5 den jeweiligen Auslösemechanismus 8 auszulösen und dadurch die Kontaktierungselemente zu betätigen und den entsprechenden Strompfad 4, 5 dadurch zu unterbrechen.

[0052] Der Vorteil des erfindungsgemäßen Schutzgeräts 3 zum Absichern eines Gleichstromkreises besteht

darin, dass die mit der Verwendung von einem Sicherungseinsatz 6 mit Schmelzleiter in einem Gleichstromkreis verbundenen Nachteile durch den mit dem Sicherungseinsatz 6 in Reihe geschalteten Lasttrennschalter 7 kompensiert werden. Durch das Auslösen des Lasttrennschalters 7 wird zudem eine sichere Trennstelle geschaffen, sodass kein Stromfluss mehr durch den jeweiligen Strompfad 4, 5 möglich ist, wodurch der Stromkreis unterbrochen ist. Da der Lasttrennschalter 7 mit dem Sicherungseinsatz 6 in Reihe geschaltet ist, ist es nicht notwendig, dass der Lasttrennschalter 7 bzw. der Auslösemechanismus 8 besonders schnell bzw. flink auslöst, da dies durch die Schmelzleiter bereits erfolgt. Ferner muss der Lasttrennschalter 7 nicht dazu eingerichtet sein, besonders hohe Ströme zu schalten, da die Stromstärke durch das Auslösen der Schmelzsicherung bereits reduziert wird.

[0053] Die Fig. 3 zeigt eine weitere Ausführungsform des Schutzgeräts 3, wobei sich dieses von der Ausführungsform gemäß der Fig. 2 im Wesentlichen dadurch unterscheidet, dass lediglich in dem positiven Strompfad 4 ein Lasttrennschalter 7, der mit einem Auslösemechanismus 8 gekoppelt ist sowie über eine Überwachungseinrichtung 9 verfügt, und eine in Reihe geschaltete Sicherungsaufnahme mit Sicherungseinsatz 6 mit Schmelzleiter vorgesehen ist, während der negativen Strompfad 5 nur einen Lasttrennschalter 7 und eine in Reihe geschaltete Sicherungsaufnahme mit Sicherungseinsatz 6 mit Schmelzleiter besitzt. Dieser Lasttrennschalter 7 im negativen Strompfad kann in einer weiteren Ausführung auch mechanisch mit dem Lasttrennschalter 7 im positiven Strompfad gekoppelt sein, so dass diese gemeinsam betätigt werden, wenn die Auslösebedingungen im positiven Strompfad vorliegen.

[0054] Die Fig. 4 zeigt Komponenten eines schaltbaren Kontaktsystems des Lasttrennschalters 7 des Schutzgeräts 3. Das Kontaktsystem umfasst eine erste Gruppe 10 von schaltbaren Kontaktierungselementen und eine zweite Gruppe 11 von schaltbaren Kontaktierungselementen. Die erste Gruppe 10 ist zwischen einem Eingangskontakt 12 der Sicherungsaufnahme und dem Eingangsanschluss des Schutzgeräts 3 angeordnet und die zweite Gruppe 11 ist zwischen einem Abgangskontakt 13 der Sicherungsaufnahme und dem Ausgangsanschluss des Schutzgeräts 3 angeordnet. In die Sicherungsaufnahme ist vorliegend ein als NH-Sicherungseinsatz ausgebildeter Sicherungseinsatz 6 eingesetzt. Die jeweilige Gruppe 10, 11 umfasst schaltbare Kontaktierungselemente, wobei diese schaltbaren Kontaktierungselemente, zwei räumlich voneinander getrennte, feststehend angeordnete Basiselemente 14a, 14b und eine entlang des Doppelpfeils 15 bewegliche Kontaktbrücke 16 umfassen. Die Kontaktbrücke 16 ist als Kontaktmesser ausgebildet und die beiden Basiselemente 14a, 14b weisen einen Aufnahmeschlitz zur Aufnahme der Kontaktbrücke 16 in der Kontaktstellung auf. In der Kontaktstellung des Lasttrennschalters 7 ist die Kontaktbrücke 16 in die Aufnahmeschlitz der beiden Basiselemente 14a, 14b ein-

gefahren ist und die Basiselemente 14a, 14b sind dann über die Kontaktbrücke 16 elektrisch miteinander verbunden. In der Trennstellung, die in der Fig. 4 gezeigt ist, ist die Kontaktbrücke 16 beabstandet von den beiden Basiselementen 14a, 14b angeordnet und dadurch der Lasttrennschalter 7 in der Trennstellung. Die Kontaktstellung ist in der Fig. 5 gezeigt. Das jeweilige Basiselement weist im Bereich des Schlitzes einen Dauerkontaktfläche und einen die Kontaktbrücke 16 beim Schließen vorlaufend kontaktierenden stabförmigen Vorkontakt 17 auf. Der Vorkontakt 17 bildet dabei einen Opferkontakt, um einen Lichtbogen auf die Dauerkontaktfläche zu vermeiden und dadurch die Dauerkontaktfläche vor einem Lichtbogenabbrand beim Schalten der zu schützen.

Bezugszeichenliste

[0055]

1	Kurve
2	Kurve
3	Schutzgerät
4	positiver Strompfad
5	negativer Strompfad
6	Sicherungseinsatz
7	Lasttrennschalter
8	Auslösemechanismus
9	Überwachungseinrichtung
10	erste Gruppe
11	zweite Gruppe
12	Eingangskontakt
13	Abgangskontakt
14a	Basiselement
14b	Basiselement
15	Doppelpfeil
16	Kontaktbrücke
17	Vorkontakt
t0	Zeitpunkt
t1	Zeitpunkt

Patentansprüche

1. Schutzgerät (3) zum Unterbrechen eines Stromkreises bei Auftreten eines Überstroms, wobei das Schutzgerät (3) einen Strompfad (4; 5) aufweist, der sich durch das Schutzgerät (3) von einem Eingangsanschluss des Schutzgeräts (3) zu einem Ausgangsanschluss des Schutzgeräts (3) erstreckt, wobei das Schutzgerät (3) in dem Strompfad (4; 5) eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines einen Schmelzleiter umfassenden Sicherungseinsatzes (6) und einen zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter (7) mit mechanisch schaltbaren Kontaktierungselementen aufweist, wobei der Lasttrennschalter (7) mit einem Auslösemechanismus (8) gekoppelt ist, derart, dass bei einem

- Auslösen des Auslösemechanismus (8) die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters (7) getrennt werden zum Unterbrechen des Strompfads (4; 5), wobei es sich bei dem Strompfad (4; 5) um einen Hauptstrompfad handelt, wobei das Schutzgerät (3) eine elektronische Überwachungseinrichtung (9) aufweist, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung (9) eine Messeinrichtung aufweist, die dazu eingerichtet ist, eine oder mehrere für das Vorliegen eines Überstroms charakteristische elektrische Messgrößen zu erfassen, wobei die elektronische Überwachungseinrichtung (9) eine Auswerteelektronik aufweist, die dazu eingerichtet ist, basierend auf der oder den von der Messeinrichtung erfassten elektrischen Messgrößen das Auftreten eines Überstroms in dem Strompfad (4; 5) zu erkennen, wobei die Überwachungseinrichtung (9) dazu eingerichtet ist, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem Strompfad (4; 5) den Auslösemechanismus auszulösen zum Unterbrechen des Strompfads (4; 5) durch Trennen der Kontaktierungselemente.
2. Schutzgerät (3) nach Anspruch 1, wobei ein Fließen von Strom von dem Eingangsanschluss zu dem Ausgangsanschluss ausschließlich über den Strompfad (4; 5) möglich ist.
 3. Schutzgerät (3) nach Anspruch 1 oder 2, wobei das Schutzgerät (3) dazu eingerichtet ist, bereits vor dem vollständigen Durchschmelzen des Schmelzleiters den Auslösemechanismus auszulösen,
 4. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Überwachungseinrichtung (9) als Sicherungsüberwachungseinrichtung ausgebildet ist, wobei die Sicherungsüberwachungseinrichtung dazu eingerichtet ist, einen Spannungsabfall über den Sicherungseinsatz (6) zu erfassen.
 5. Schutzgerät (3) nach Anspruch 4, wobei die Auswerteelektronik dazu eingerichtet ist, basierend auf einer zeitlichen Entwicklung des Spannungsabfalls über den Sicherungseinsatz (6) das Auftreten eines Überstroms zu erkennen.
 6. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei das Schutzgerät (3) als Gleichstrom-Schutzgerät ausgebildet ist.
 7. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei das Schutzgerät (3) zweipolig ausgebildet ist mit einem positiven Strompfad (4) und einem negativen Strompfad (5), wobei es sich bei dem positiven Strompfad (4) um einen positiven Hauptstrompfad handelt und wobei es sich bei dem negativen Strompfad (5) um einen negativen Hauptstrompfad handelt, wobei der jeweilige Strompfad (4; 5) eine Sicherungsaufnahme zum Aufnehmen eines Sicherungseinsatzes (6) mit Schmelzleiter und einen zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter (7) mit mechanisch schaltbaren Kontaktierungselementen aufweist, wobei der jeweilige Lasttrennschalter (7) mit einem Auslösemechanismus (8) gekoppelt ist, derart, dass bei einem Auslösen des Auslösemechanismus (8) die schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters (7) getrennt werden zum Unterbrechen des jeweiligen Strompfads (4; 5), wobei die Überwachungseinrichtung (9) dazu eingerichtet ist, den positiven und/oder den negativen Strompfad (4; 5) zu überwachen, wobei die Überwachungseinrichtung (9) dazu eingerichtet ist, bei Erkennen des Auftretens eines Überstroms in dem positiven und/oder dem negativen Strompfad (4; 5) zumindest einen der Auslösemechanismen (8) auszulösen zum Unterbrechen des positiven und/oder negativen Strompfads (4; 5) durch Trennen der Kontaktierungselemente des jeweiligen Lasttrennschalters (7).
 8. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Auslösemechanismus (8) einen vorspannbaren mechanischen Kraftspeicher aufweist.
 9. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Messeinrichtung einen oder mehrere Spannungssensoren und/oder einen oder mehrere Stromsensoren aufweist, beispielsweise eine Rogowskispule, einen Hall-Sensor oder eine Messmethode unter Nutzung von Halbleitersensorik aufweist.
 10. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei es sich bei dem Schutzgerät (3) um ein Niederspannungsschutzgerät handelt und das Schutzgerät (3) zur Verwendung bei einer Gleichspannung im Bereich von betragsmäßig 75 Volt bis 1500 Volt und bei einer Stromstärke im Bereich von betragsmäßig bis 1600A geeignet ist.
 11. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei es sich bei der oder den Sicherungsaufnahmen um Sicherungsaufnahmen für NH-Sicherungseinsätze handelt.
 12. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die schaltbaren Kontaktierungselemente zwei voneinander getrennte, feststehend angeordnete Basiselemente (14) und eine bewegliche Kontaktbrücke (16) aufweisen, wobei die Kontaktbrücke (16) in der Kontaktstellung des Lasttrennschalters (7) die beiden Basiselemente (14) kontaktiert und dadurch elektrisch miteinander verbindet und in der Trennstellung beabstandet von den beiden Basiselementen (14) angeordnet ist.

13. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei zumindest eines der schaltbaren Kontaktierungselemente des Lasttrennschalters (7) einen Vorkontakt (17) zum zeitweisen Stromführen beim Schalten des Lasttrennschalters (7), und einen Dauerkontakt zum dauerhaften Stromführen in der Kontaktstellung des Lasttrennschalters (7) aufweist, wobei der Dauerkontakt und der Vorkontakt (17) derart ausgebildet sind, dass beim Schließen der schaltbaren Kontaktierungselemente zuerst der Vorkontakt (17) kontaktiert wird und zeitlich nachlaufend der Dauerkontakt kontaktiert wird, wobei mit dem Vorkontakt (17) eine Induktivität in Reihe geschaltet ist.
14. Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei das Schutzgerät zur Begrenzung bzw. Verringerung eines Stromflusses beim Einschalten des Lasttrennschalters (7) eine elektrische Schaltung aufweist, wobei diese elektrische Schaltung mit dem Lasttrennschalter (7) in Reihe geschaltet ist, wobei die elektrische Schaltung eine Induktivität und einen zu der Induktivität parallel geschalteten elektromagnetischen Schaltkontakt aufweist, wobei der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass beim Schließen des Lasttrennschalters (7) der elektromagnetische Schaltkontakt in einer Trennstellung ist, sodass der Stromfluss über die parallel geschaltete Induktivität erfolgt, wobei nach Erreichen der Kontaktstellung des Lasttrennschalters (7) der elektromagnetische Schaltkontakt derart angesteuert wird, dass der elektromagnetische Schaltkontakt von der Trennstellung in die Kontaktstellung übergeht.
15. Verfahren zur Absicherung eines Gleichstromkreises gegen einen Überstrom, wobei zur Absicherung des Gleichstromkreises gegen einen Überstrom das Schutzgerät (3) nach einem der Ansprüche 1 bis 14 verwendet wird.

45

50

55

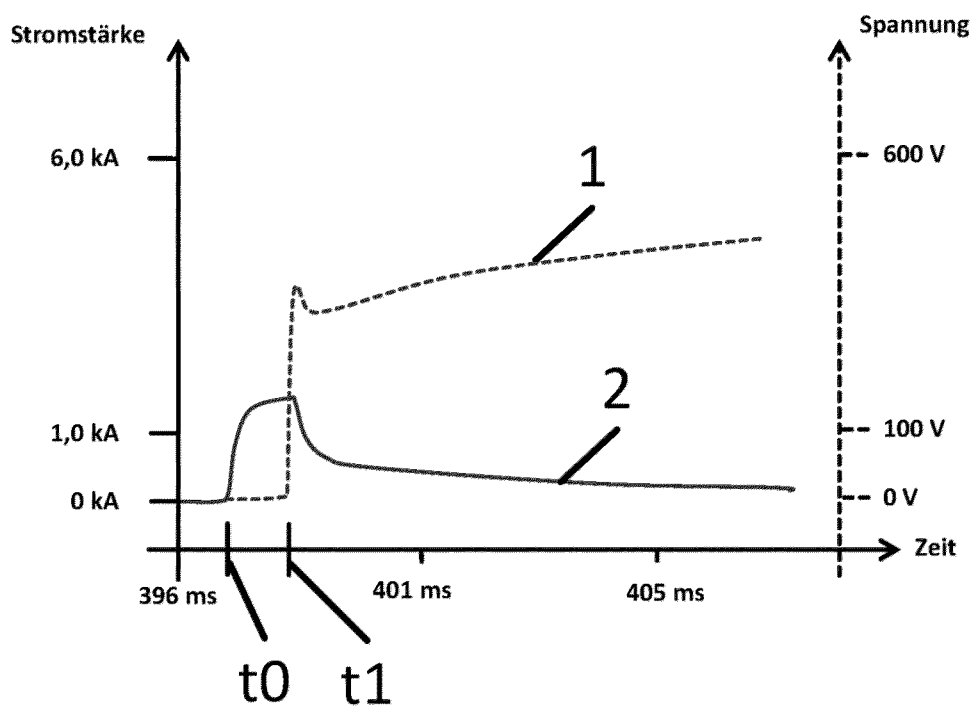


Fig. 1

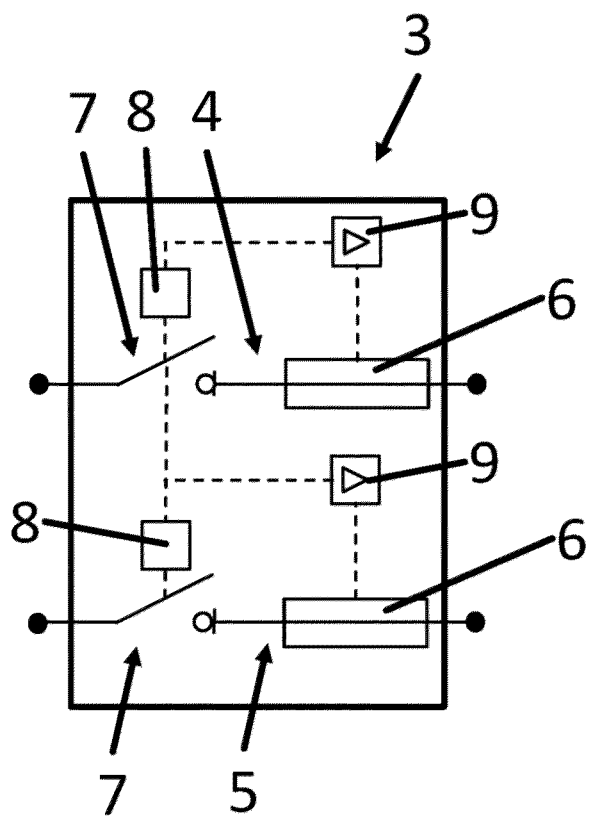


Fig. 2

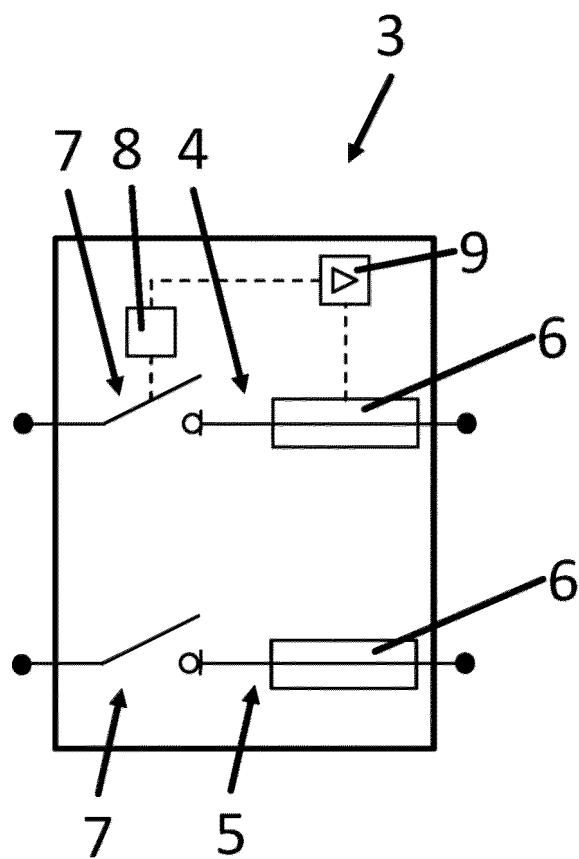


Fig. 3

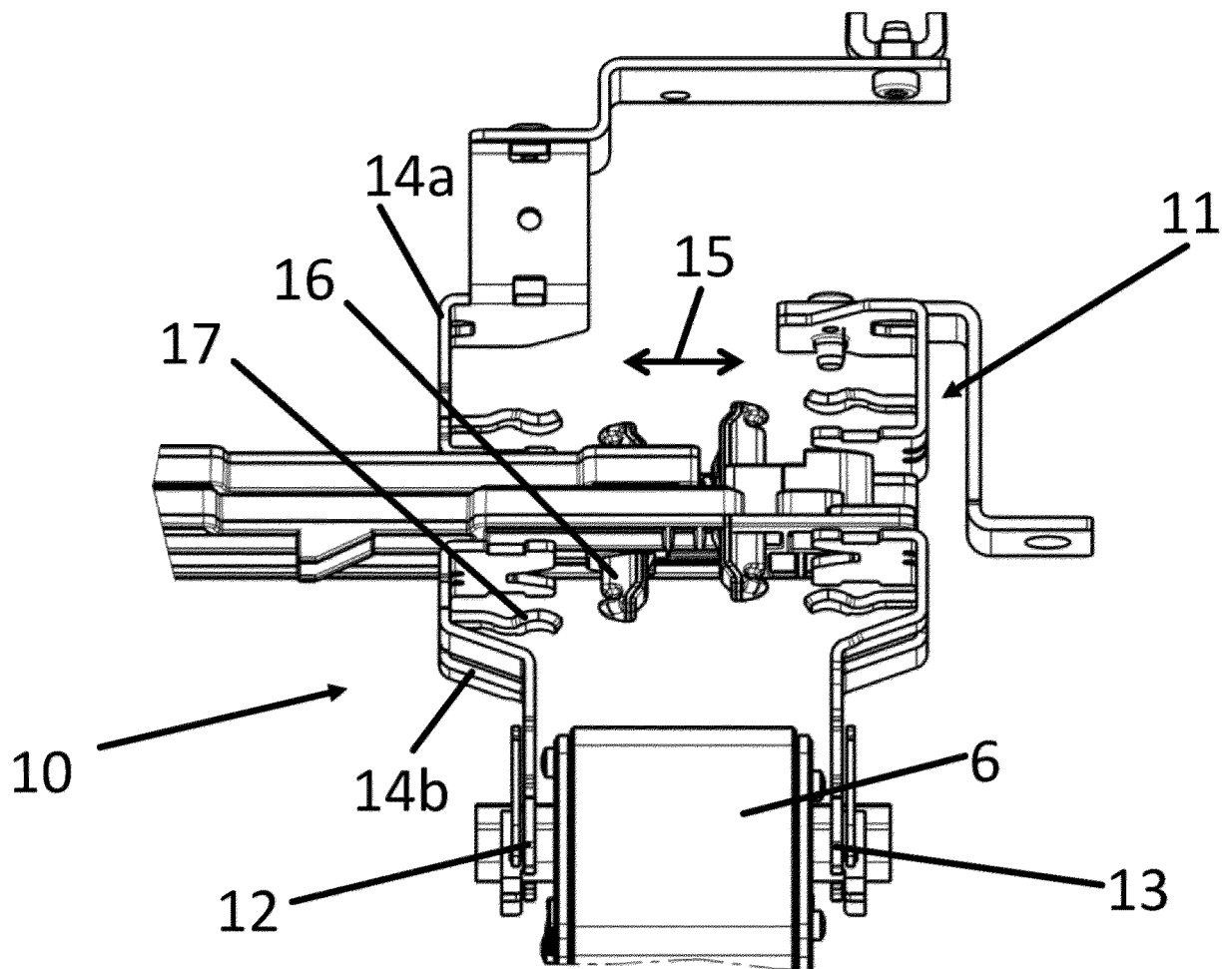


Fig. 4

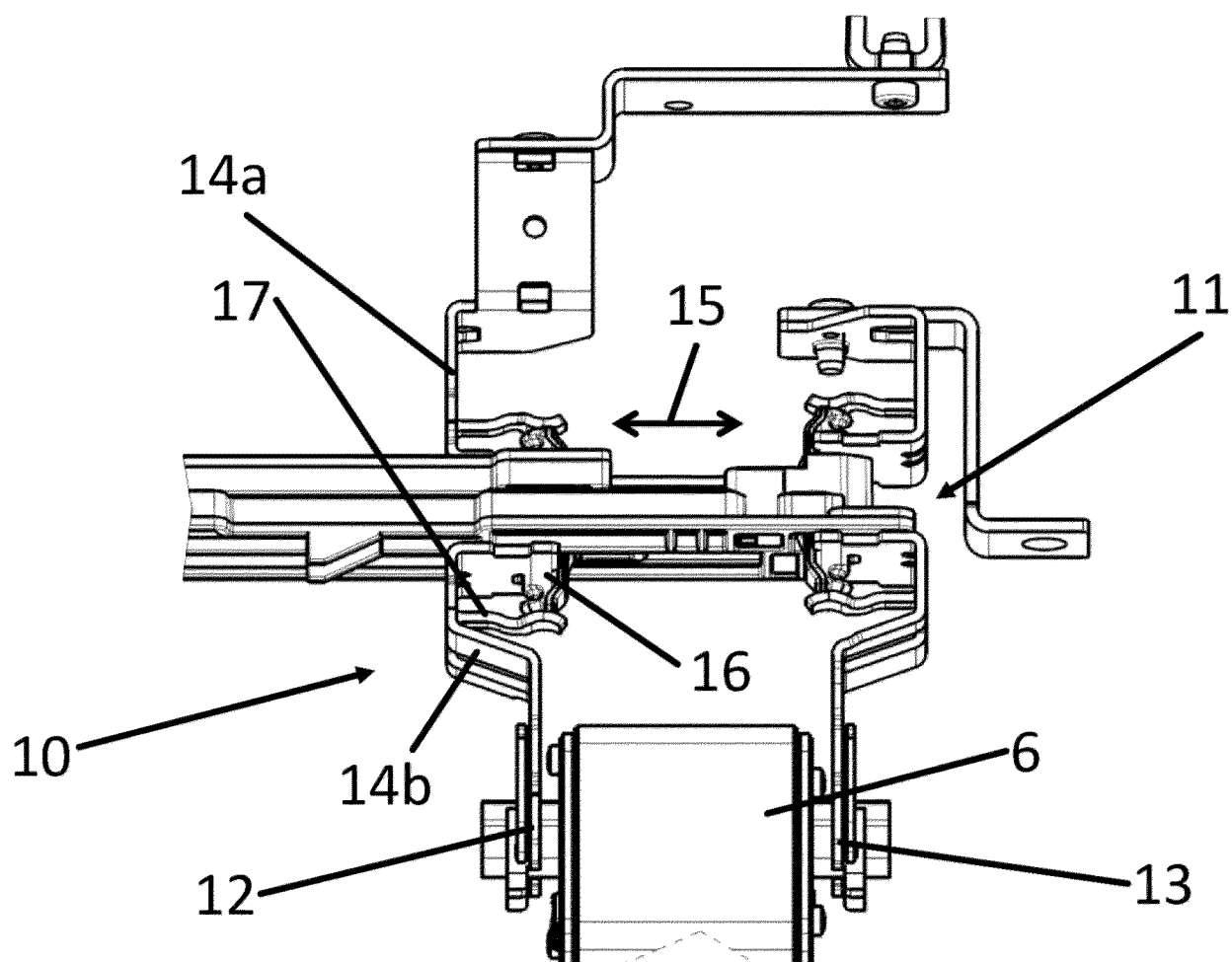


Fig. 5



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 19 8928

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

1

EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	DE 10 2014 004912 A1 (ENERGIJSKI KONDUKTORJI D O O [SI]) 8. Oktober 2015 (2015-10-08)	1-3,6,9, 10,15	INV. H01H9/10 H01H71/12 H01H85/02
Y	* das ganze Dokument *	4,5	

X	US 5 426 406 A (MORRIS ROBERT A [US] ET AL) 20. Juni 1995 (1995-06-20) * Spalte 2, Zeile 18 - Spalte 4, Zeile 10 *	1,2,6, 10,15	
	* Abbildungen 1-5 *		

X	FR 3 021 465 A1 (CAHORS APP ELEC [FR]) 27. November 2015 (2015-11-27) * Seite 10, Zeile 9 - Seite 14, Zeile 30; Abbildungen 2-7 *	1,2,7, 11,15	

Y	EP 3 840 008 A1 (STRIPS D O O [SI]) 23. Juni 2021 (2021-06-23) * Absätze [0105], [0111], [0155] - [0180] *	4,5	
	* Abbildungen 16-18 *		

A	EP 3 724 909 A1 (SMRKOLJ JOZEF [SI]) 21. Oktober 2020 (2020-10-21) * das ganze Dokument *	1-12,15	H01H

Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort		Abschlußdatum der Recherche	
Den Haag		13. September 2024	
		Prüfer	
		Ledoux, Serge	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE			
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : nichtschriftliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentdokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	



GEBÜHRENPFLICHTIGE PATENTANSPRÜCHE

Die vorliegende europäische Patentanmeldung enthielt bei ihrer Einreichung Patentansprüche, für die eine Zahlung fällig war.

☐ Nur ein Teil der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für jene Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war, sowie für die Patentansprüche, für die Anspruchsgebühren entrichtet wurden, nämlich Patentansprüche:

☐ Keine der Anspruchsgebühren wurde innerhalb der vorgeschriebenen Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Patentansprüche erstellt, für die keine Zahlung fällig war.

MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

Siehe Ergänzungsblatt B

☐ Alle weiteren Recherchegebühren wurden innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.

☐ Da für alle recherchierbaren Ansprüche die Recherche ohne einen Arbeitsaufwand durchgeführt werden konnte, der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, hat die Recherchenabteilung nicht zur Zahlung einer solchen Gebühr aufgefordert.

☐ Nur ein Teil der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf Erfindungen beziehen, für die Recherchegebühren entrichtet worden sind, nämlich Patentansprüche:

☒ Keine der weiteren Recherchegebühren wurde innerhalb der gesetzten Frist entrichtet. Der vorliegende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen, nämlich Patentansprüche:

1 - 12, 15

☐ Der vorliegende ergänzende europäische Recherchenbericht wurde für die Teile der Anmeldung erstellt, die sich auf die zuerst in den Patentansprüchen erwähnte Erfindung beziehen (Regel 164 (1) EPÜ).



**MANGELNDE EINHEITLICHKEIT
DER ERFINDUNG
ERGÄNZUNGSBLATT B**

Nummer der Anmeldung
EP 24 19 8928

Nach Auffassung der Recherchenabteilung entspricht die vorliegende europäische Patentanmeldung nicht den Anforderungen an die Einheitlichkeit der Erfindung und enthält mehrere Erfindungen oder Gruppen von Erfindungen, nämlich:

1. Ansprüche: 1-12, 15

Schutzgerät mit einer Sicherungsaufnahme und einem zu der Sicherungsaufnahme in Reihe geschalteten Lasttrennschalter

1.1. Ansprüche: 1-5, 9, 15

Schutzgerät mit einer Sicherungsüberwachungseinrichtung

1.2. Ansprüche: 6, 10

Gleichstrom-Schutzgerät

1.3. Anspruch: 7

Zweipoliges Schutzgerät

1.4. Anspruch: 8

Schutzgerät mit einem einen vorspannbaren mechanischen Kraftspeicher aufweisenden Auslösemechanismus

1.5. Anspruch: 11

Schutzgerät mit Sicherungsaufnahmen für NH-Sicherungseinsätze

1.6. Anspruch: 12

Schutzgerät mit zwei voneinander getrennten Festkontaktelementen und einer beweglichen Kontaktbrücke

2. Ansprüche: 13, 14

Schutzgerät mit einer eine Induktion aufweisenden Schaltung

Bitte zu beachten dass für alle unter Punkt 1 aufgeführten Erfindungen, obwohl diese nicht unbedingt durch ein gemeinsames erfinderisches Konzept verbunden sind, ohne Mehraufwand der eine zusätzliche Recherchegebühr gerechtfertigt hätte, eine vollständige Recherche durchgeführt werden konnte.

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
 ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 24 19 8928

5 In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten
 Patentedokumente angegeben.
 Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
 Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

13 - 09 - 2024

10	Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
	DE 102014004912 A1	08-10-2015	CN 106575866 A	19-04-2017
15			DE 102014004912 A1	08-10-2015
			EP 3130048 A1	15-02-2017
			JP 6629292 B2	15-01-2020
			JP 2017516281 A	15-06-2017
			US 2017025845 A1	26-01-2017
			WO 2015154850 A1	15-10-2015
20	-----	-----	-----	-----
	US 5426406 A	20-06-1995	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
	FR 3021465 A1	27-11-2015	FR 3021465 A1	27-11-2015
			MA 38107 A1	29-02-2016
25	-----	-----	-----	-----
	EP 3840008 A1	23-06-2021	KEINE	
	-----	-----	-----	-----
	EP 3724909 A1	21-10-2020	EP 3724909 A1	21-10-2020
			WO 2019114983 A1	20-06-2019
30	-----	-----	-----	-----
35				
40				
45				
50				
55				

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- DE 102011089631 A1 **[0002]**
- EP 049621281 A **[0028]**
- EP 3671792 A1 **[0034]**
- EP 1439558 A1 **[0039]**