



(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

- (43)

Veröffentlichungstag:
09.10.2024 Patentblatt 2024/41
- (51)

Internationale Patentklassifikation (IPC):
H01H 9/54 (2006.01)
- (21)

Anmeldenummer: 24167531.3
- (52)

Gemeinsame Patentklassifikation (CPC):
H01H 9/542
- (22)

Anmeldetag: 28.03.2024

- (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
- (72)

Erfinder:
• KÖPF, Hendrik-Christian
90480 Nürnberg (DE)
• STEEGMÜLLER, Peter
90449 Nürnberg (DE)
• HOLBE, Stefan
90425 Nürnberg (DE)
• BÖSCHE, Dirk
38536 Seershausen (DE)
- (30)

Priorität: 06.04.2023 DE 102023203234
- (74)

Vertreter: FDST Patentanwälte
Nordostpark 16
90411 Nürnberg (DE)
- (71)

Anmelder: Ellenberger & Poensgen GmbH
90518 Altdorf (DE)

(54)

VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES HYBRIDSCHALTERS

- (57)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren (28) zum Betrieb eines Hybridschalters (10), der einen Hauptstrompfad (14) mit einem Trennelement (16) und einen parallel zu dem Hauptstrompfad (14) geschalteten Nebenstrompfad (22) mit einem Halbleiterschalter (26) aufweist. Gemäß dem Verfahren (28) wird das Trennelement (16) geöffnet, und eine elektrische Kenngröße (20) des Hauptstrompfads (14) wird ermittelt. Ein Stromfluss über den Halbleiterschalter (24) wird in Abhängigkeit der Kenngröße (20) eingestellt. Hierfür Erfindung betrifft ferner einen Hybridschalter (10).

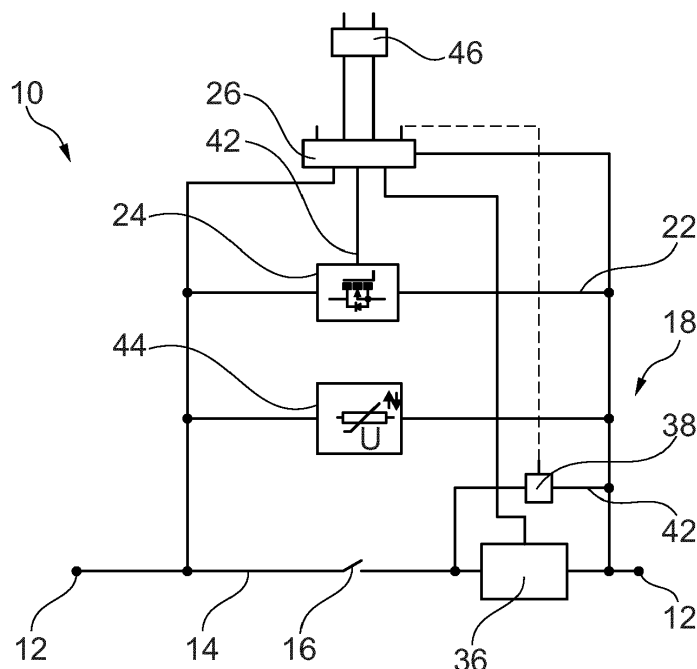


Fig. 3

Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Hybridschalters und einen Hybridschalter. Der Hybridschalter weist einen Hauptstrompfad mit einem Trennelement und einen parallel zu dem Hauptstrompfad geschalteten Nebenstrompfad mit einem Halbleiterschalter auf.

[0002] Aus der WO 2010/108565 A1 ist ein Hybridschalter (hybrider Trennschalter) mit einem mechanischen Schalter oder Trennelement und einer diesem parallel geschalteten Halbleiterelektronik bekannt, die einen Halbleiterschalter, vorzugsweise einen IGBT, umfasst. Die Halbleiterelektronik weist keine zusätzliche Energiequelle auf und ist bei geschlossenem mechanischem Schalter stromsperrend, d. h. praktisch strom- und spannungslos. Zur Stromunterbrechung über den Hybridschalter wird der mechanische Schalter geöffnet, wobei ein Lichtbogen entstehen kann. Die Energie des beim Öffnen des mechanischen Schalters entstehenden Lichtbogens wird von der die Halbleiterelektronik genutzt, wobei die Halbleiterelektronik derart mit dem mechanischen Schalter verschaltet ist, dass bei sich öffnendem mechanischem Schalter die Lichtbogenspannung über diesen (infolge des Lichtbogens) der Halbleiterschalter stromleitend schaltet.

[0003] Sobald der Halbleiterschalter stromleitend geschaltet ist, beginnt der elektrische Strom von dem mechanischen Schalter auf den Halbleiterschalter zu kommutieren. Die entsprechende Lichtbogenspannung bzw. der Lichtbogenstrom lädt zudem einen Energiespeicher in Form eines Kondensators auf, mittels dessen Steuerungspannung für die Halbleiterelektronik bereitgestellt wird. Sobald der elektrische Strom auf den Halbleiterschalter kommutiert ist, verlöscht der Lichtbogen, und der Ladevorgang des Energiespeichers ist beendet. Dabei befindet sich zwischen den Schaltkontakten des mechanischen Schalters ein ionisiertes Gas, das aufgrund des Lichtbogens entstanden ist, und das über die Zeit abgebaut wird. Im Anschluss an den Ladevorgang startet ein Zeitglied, während dessen mittels des Energiespeichers der Halbleiterschalter noch weiterhin stromführend gehalten wird. Nach Ablauf der Zeitdauer des Zeitglieds wird der Halbleiterschalter erneut stromsperrend geschaltet. Anstatt der Verwendung des Zeitglieds wird beispielsweise die Zeitdauer anhand des Ladezustands des Energiespeichers vorgegeben.

[0004] Falls die Zeitdauer zu gering gewählt wird, ist es möglich, dass aufgrund des zwischen den Schaltkontakten des mechanischen Schalters noch vorhandenen ionisierten Gases sowie der anliegenden elektrischen Spannung erneut ein Lichtbogen zündet, sodass über den mechanischen Schaltern wieder ein elektrischer Strom fließt. Daher wird die Zeitdauer üblicherweise vergleichsweise groß gewählt, unter der Annahme, dass nach dieser das ionisierte Gas ausreichend abgebaut wurde und/oder der Abstand der Schaltkontakte des mechanischen Schalters groß genug ist, sodass ein erneutes

Zünden des Lichtbogens unterbleibt.

[0005] Da die Zeitdauer für sämtliche Anwendungsfälle des Hybridschalters verwendet wird, ist die Zeitdauer nochmals vergrößert, wobei in dem jeweiligen konkreten Anwendungsfall beispielsweise eine verringerte Zeitdauer ausgereicht hätte. Während der Zeitdauer herrscht dabei weiterhin ein unerwünschter Stromfluss über den Hybridschalter, was zu einem weiteren unerwünschten Betrieb und gegebenenfalls Beschädigung der über den Hybridschalter bestromten Bauteile und/oder einer Gefährdung von Personen führen kann.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, ein besonders geeignetes zum Betrieb eines Hybridschalters und einen besonders geeigneten Hybridschalter anzugeben, wobei zweckmäßigerweise ein sichere Stromunterbrechung erfolgt, wobei insbesondere eine Schaltdauer verkürzt ist.

[0007] Hinsichtlich des Verfahrens wird diese Aufgabe durch die Merkmale des Anspruchs 1 und hinsichtlich des Hybridschalters durch die Merkmale des Anspruchs 8 erfindungsgemäß gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

[0008] Das Verfahren dient dem Betrieb eines Hybridschalters, der eine Trennvorrichtung ist, also eine Schaltereinheit. Dabei dient das Verfahren insbesondere der Stromunterbrechung über den Hybridschalter, zweckmäßigerweise der Gleichstromunterbrechung. Mit anderen Worten erfolgt bei dem Verfahren eine Unterbrechung eines elektrischen Stromflusses zwischen einer Gleichstromquelle und einer elektrischen Einrichtung. Der Hybridschalter ist beispielsweise unidirektional oder bidirektional ausgestaltet. Zum Beispiel sind die mittels des Hybridschalters schaltbaren elektrischen Spannungen, vorzugsweise die jeweilige Nennspannung, zwischen 200 V und 3 kV und insbesondere 220 V, 400 V, 650 V, 1000V oder 1500 V.

[0009] Der Hybridschalter weist einen Hauptstrompfad auf, der insbesondere zwischen zwei Anschlüssen des Hybridschalters gebildet oder zumindest zwischen diesen geschaltet ist. Die beiden Anschlüsse dienen hierbei insbesondere der Kontaktierung mit weiteren Bestandteilen eines Stromkreises, wie Leitungen oder Stromschienen, und sind beispielsweise mittels Klemmen oder Stecker gebildet. Der Hauptstrompfad weist ein Trennelement auf, das betätigt werden kann. Hierbei ist es möglich, dieses in einen geschlossenen Zustand zu versetzen, bei dem insbesondere der Hauptstrompfad niederohmig ist, sodass insbesondere ein Stromfluss zwischen den beiden Enden des Hauptstrompfads, zweckmäßigerweise zwischen den beiden Anschlüssen, möglich ist. In einem geöffneten Zustand hingegen ist das Trennelement hochohmig ausgestaltet, sodass ein Stromfluss über den Hauptstrompfad im Wesentlichen nicht möglich ist, oder sodass zumindest ein erhöhter ohmscher Widerstand vorherrscht. Zweckmäßigerweise ist das Trennelement ein galvanisch trennendes Bauteil, sofern dieses geöffnet ist. Das Trennelement ist zweckmäßigerweise ein

mechanischer Schalter, wie ein Relais, ein Schütz oder ein Stecker oder umfasst zumindest einen hiervon. Alternativ hierzu ist das Trennelement nach Art eines Überspannungsschutzes ausgestaltet. Der Überspannungsschutz weist dabei insbesondere eine Funkenstrecke auf, die auch als Gasableiter (engl. "gas Discharge Tube; GDT) bezeichnet ist oder zumindest umfasst. Das Trennelement ist zweckmäßigerweise elektrisch betätigbar, und/oder insbesondere geeignet, vorzugsweise vorgesehen und eingerichtet, eine galvanische Auftrennung des Hauptstrompfads bei einem Öffnen, also dem Versetzen in den geöffneten/offenen Zustand, vorzunehmen.

[0010] Der Hybridschalter weist ferner einen Nebestrompfad auf, der einen Halbleiterschalter umfasst. Insbesondere ist der Halbleiterschalter parallel zu dem Trennelement geschaltet, sodass das Trennelement mittels des Halbleiterschalters überbrückt ist. Alternativ sind zum Beispiel noch weitere Bestandteile des Hauptstrompfads mittels des Halbleiterschalters überbrückt. Falls das Trennelement einen Gasableiter aufweist oder daraus besteht, entspricht das Öffnen insbesondere dem Entstehen eines Lichtbogens.

[0011] Der Halbleiterschalter ist zweckmäßigerweise ein Leistungshalbleiterschalter und vorzugsweise ein Feldeffekttransistor, wie ein MOSFET, oder ein IGBT oder GTO. Insbesondere ist dabei in einem Normalbetrieb, also wenn ein Stromfluss über den Hybridschalter erfolgen soll, der Halbleiterschalter stromsperrend und wird insbesondere entsprechend angesteuert. Somit sind elektrische Verluste des Hybridschalters bei Betrieb vergleichsweise gering.

[0012] Das Verfahren wird insbesondere durchgeführt, um eine Stromunterbrechung über den Hybridschalter zu erreichen. Bei dem Verfahren wird zunächst das Trennelement geöffnet. Aufgrund des Öffnens wird ein elektrischer Widerstand des Hauptstrompfads erhöht. Hierbei ist es möglich, dass sich in dem Trennelement, insbesondere zwischen zwei zum Öffnen zueinander beabstandete Schaltkontakte, ein Lichtbogen ausbildet, sodass auch weiterhin ein elektrischer Stromfluss über den Hauptstrompfad erfolgt. Hierbei ist insbesondere jedoch der elektrische Widerstand des Hauptstrompfads und daher auch die darüber abfallende elektrische Spannung erhöht.

[0013] In einem nachfolgenden Arbeitsschritt wird eine elektrische Kenngröße des Hauptstrompfads ermittelt. Die elektrische Kenngröße ist hierbei insbesondere zeitlich veränderlich und abhängig von der aktuellen Situation des Hybridschalters. Mit anderen Worten ist bei nachfolgenden Ausführungen des Verfahrens, auch bei gleichem Hybridschalter, die elektrische Kenngröße insbesondere unterschiedlich, und/oder die elektrische Kenngröße verändert nach dem Öffnen des Trennelements.

[0014] In einem weiteren Arbeitsschritt wird ein Stromfluss über den Halbleiterschalter in Abhängigkeit der Kenngröße eingestellt. Insbesondere wird zur Einstel-

lung des Stromflusses eine entsprechende elektrische Spannung an einen Steuereingang des Halbleiterschalters angelegt. Beim Einstellen wird der elektrische Stromfluss über den Halbleiterschalter erstellt, beendet, reduziert oder vergrößert, sodass insbesondere auch ein über den Hauptstrompfad geführter Anteil des über den Hybridschalter geführten Stroms verändert wird. Das Einstellen des Stromflusses erfolgt beispielsweise binär, sodass dieser entweder erstellt bzw. unterbrochen wird. Dabei wird der Halbleiterschalter insbesondere voll durchgesteuert. Alternativ hierzu erfolgt eine nicht voll durchgesteuerte Ansteuerung des Halbleiterschalters, sodass dieser nicht niederohmig und auch nicht hochohmig ist, sondern einen Widerstand aufweist, sodass ein elektrischer Stromfluss über diesen erfolgt. Zum Beispiel wird bei der Einstellung des Stromflusses eine Zeitdauer eingestellt, die der Halbleiterschalter stromführend ist, also der Zeitpunkt, zu dem der Halbleiterschalter in den elektrisch nichtleitenden Zustand überführt wird, oder der Zeitpunkt wird eingestellt, zu dem der Halbleiterschalter stromführend geschaltet wird. Vorzugsweise ist dabei, beispielsweise aufgrund der Einstellung des elektrischen Stromflusses oder aufgrund einer weiteren Ansteuerung in einem anderen Arbeitsschritt, der Halbleiterschalter nach einer bestimmten Zeitspanne in den elektrisch nichtleitenden Zustand versetzt, wobei die Zeitspanne beispielsweise der oben genannten Zeitdauer entspricht.

[0015] Aufgrund des Verfahrens wird somit bei jedem Schaltvorgang, also bei jeder gewünschten Stromunterbrechung der Stromfluss über den Halbleiterschalter entsprechend der aktuellen Situation eingestellt. Somit ist es möglich, eine Zeitdauer, für die nach dem Öffnen des Trennelements noch mit dem Halbleiterschalter ein elektrischer Strom geführt wird, zu verringern, wobei dennoch ein erneutes Zünden eines Lichtbogens in dem Trennelement nach Öffnen des Halbleiterschalters vermieden ist. Alternativ oder in Kombination wird der Stromfluss derart eingestellt, dass eine Zeitdauer, während der in oder über das Trennelement noch ein Lichtbogen vorhanden nach dem Öffnen verkürzt ist. Alternativ oder in Kombination hierzu ist es möglich eine nach dem Öffnen des Trennelements noch über den Hybridschalter geführte elektrische Strommenge zu verringern, indem insbesondere eine Leitfähigkeit des Halbleiterschalters verringert wird, wobei dieser dennoch stromführend ist. Mit anderen Worten wird der Halbleiterschalter nicht voll durchgesteuert.

[0016] Aufgrund dieses Vorgehens wird eine mittels des Hybridschalters betriebene elektrische Last, also ein Bauteil, lediglich für die vergleichsweise kurze Zeitspanne und/oder mit einer vergleichsweise geringen elektrischen Energie nach dem Öffnen des Trennelements noch weiter betrieben, also mit elektrischem Strom versorgt. Dabei ist ein erneutes Zünden des Lichtbogens über bzw. in dem Trennelement vermieden, sodass nach Abschluss des Verfahrens ein sichere Stromunterbrechung vorherrscht. Die Zeitspanne bzw. die elektrische

Energie ist dabei auf die jeweilige Anwendungssituation angepasst, sodass diese jeweils minimal gewählt werden kann. Somit ist eine Sicherheit erhöht.

[0017] Die Einstellung des Halbleiterschalters, insbesondere das Anlegen einer Steuerspannung, sodass ein Stromfluss über diesen ermöglicht/eingestellt ist, und/oder die Ermittlung der elektrischen Kenngröße erfolgt beispielsweise mittels einer Elektronik, insbesondere einer Ansteuerschaltung, die zum Beispiel mittels einer externen Stromquelle betrieben wird. Alternativ oder in Kombination hierzu wird die Elektronik zumindest teilweise mittels einer über das Trennelement anfallenden elektrischen Spannung bestromt. Somit ist eine Montage des Hybridschalters vereinfacht und eine Robustheit erhöht. Beispielsweise umfasst der Hybridschalter lediglich den Hauptstrompfad und den Nebenstrompfad. Alternativ hierzu umfasst der Hybridschalter zudem eine Störschutzbeschaltung, die parallel zu dem Hauptstrompfad, dem Nebenstrompfad oder zwischen die etwaigen Anschlüsse geschaltet ist. Insbesondere weist die Störschutzbeschaltung einen Varistor auf oder ist mittels dessen gebildet. Mittels der Störschutzbeschaltung wird insbesondere vermieden, dass eine Überspannung an dem Trennelement und/oder dem Halbleiterschalter anliegt, die zu deren Zerstörung führen würde.

[0018] Alternativ oder in Kombination hierzu umfasst der Hybridschalter zweckmäßigerweise ein weiteres Trennelement, das elektrisch in Reihe mit dem Hauptstrompfad und dem Nebenstrompfad geschaltet ist. Dieses wird insbesondere geöffnet, sobald kein elektrischer Stromfluss mehr über den Hauptstrom und den Nebenstrompfad erfolgt. Somit ist es möglich, mittels des Hybridschalters eine galvanische Trennung zu realisieren. Beispielsweise ist das weitere Trennelement oder ein zusätzliches Trennelement zumindest teilweise in den Nebenstrompfad eingebracht, sodass dort ebenfalls eine galvanische Trennung erfolgen kann.

[0019] Zum Beispiel ist der Hybridschalter ein Bestandteil eines Schutzschalters, mittels dessen eine Absicherung einer Komponente des Stromkreises bei Betrieb erfolgt, beispielsweise einer (elektrischen) Leitung oder einer betriebenen Komponente, also einer Last. Mit anderen Worten ist der Hybridschalter entweder ein Bestandteil eines Leitungsschutzschalters oder eines Geräteschutzschalters. Alternativ hierzu ist der Hybridschalter zum Beispiel ein manueller Schalter zur Unterbrechung des Stromflusses über den zugeordneten Stromkreis, wie eines Not-Aus-Schalters.

[0020] Beispielsweise wird die elektrische Kenngröße lediglich einmalig gemessen und in Abhängigkeit hiervon der Stromfluss entsprechend eingestellt. Dabei ist der Stromfluss beispielsweise konstant oder zeitlich veränderlich. Zum Beispiel erfolgt die Einstellung derart, dass zumindest einmalig oder kurzzeitig sich der entsprechende Stromfluss ergibt. Bevorzugt erfolgt die Einstellung derart, dass der Stromfluss für die bestimmte Zeitdauer vorhanden ist, und dass dieser nach Ablauf der Zeitdauer beendet wird. Mit anderen Worten wird somit die Zeit-

dauer des Stromflusses über den Halbleiterschalter in Abhängigkeit der (elektrischen) Kenngröße eingestellt. Nach Ablauf der Zeitdauer ist der Halbleiterschalter insbesondere stromsperrend. Dabei ist die Abhängigkeit, anhand derer die Einstellung erfolgt, zweckmäßigerweise derart, dass ein erneutes Zünden des Lichtbogens in dem Trennelement nach Öffnen des Halbleiterschalters vermieden wird. Somit ist der Hybridschalter lediglich für eine vergleichsweise kurze Zeitspanne, die die Zeitdauer umfasst, während derer der Halbleiterschalter stromführend ist, stromführend, wobei sichergestellt ist, dass ein erneutes Zünden des Lichtbogens im Anschluss hieran nicht erfolgt.

[0021] Zum Beispiel wird in die elektrische Kenngröße mittels eines Sensors gemessen, der beispielsweise dem elektrischen dem Hauptstrompfad zugeordnet ist. Alternativ hierzu wird die elektrische Kenngröße beispielsweise anhand von sonstigen Betriebsdaten des Hybridschalters ermittelt, wobei die Betriebsdaten insbesondere gemessen werden. Beispielsweise die elektrische Kenngröße im Wesentlichen gleichzeitig mit dem Öffnen des Trennelements oder in einem bestimmten zeitlichen Abstand nach dem Öffnen des Trennelements ermittelt. Zum Beispiel wird die elektrische Kenngröße lediglich einmalig ermittelt. Alternativ hierzu erfolgt ein mehrmaliges Ermitteln der elektrischen Kenngröße, insbesondere wenn diese zeitlich veränderlich ist. Das sich zweckmäßigerweise nach dem jeweiligen Ermitteln der elektrischen Kenngröße, der Stromfluss entsprechend eingestellt, sodass ein Anpassen des Stromflusses erfolgt. Insbesondere wird hierbei die elektrische Kenngröße in bestimmten zeitlichen Abständen ermittelt, die beispielsweise variieren oder besonders bevorzugt konstant sind, was die Durchführung des Verfahrens erleichtert. Zweckmäßigerweise wird die elektrische Kenngröße im Wesentlichen kontinuierlich ermittelt und somit im Wesentlichen der Stromfluss entsprechend eingestellt und beispielsweise verändert.

[0022] Besonders bevorzugt wird mittels der Einstellung des Stromflusses die elektrische Kenngröße auf einen Soll-Wert geregelt. Hierbei wird insbesondere der Halbleiterschalter nicht voll durchgesteuert, sodass dieser nicht stets vergleichsweise niederohmig ist, sondern der Widerstand des Halbleiterschalters wird variiert. Beispielsweise ist der Soll-Wert konstant oder ist zeitliche veränderlich. Insbesondere wird der Soll-Wert derart gewählt, dass aufgrund des resultierenden Verhaltens des Hybridschalters ein Ausbilden eines Lichtbogens über das Trennelement nicht erfolgt bzw. dieser unterbrochen wird. Dabei ist der Soll-Wert zweckmäßigerweise zusätzlich derart ausgebildet, dass der Stromfluss minimal ist. Auf diese Weise ist die nach dem Öffnen des Trennelements über den Hybridschalter geführte elektrische Energie vergleichsweise gering, wobei dennoch sicher ein Ausbilden des Lichtbogens unterbleibt. Beispielsweise erfolgt die Regelung im Wesentlichen unverzüglich nach Öffnen des Trennelements. Alternativ hierzu wird zunächst für eine bestimmte Dauer der Stromfluss über den

Halbleiterschalter maximal gewählt, wofür der elektrische Widerstand des Halbleiterschalters auf den niedrigsten möglichen Wert gesetzt wird. Mit anderen Worten wird der Halbleiterschalter zunächst voll durchgesteuert. Erst danach wird der Stromfluss angepasst, sodass die elektrische Kenngröße dem Soll-Wert entspricht. Somit ist sichergestellt, dass nach Öffnen des Trennelements der elektrische Strom vollständig auf den Halbleiterschalter kommutiert und somit der in dem Trennelement gebildete Lichtbogen sicher erlischt. Auch erfolgt bereits eine Entionisierung des in dem Trennelement vorhandenen Gases.

[0023] Beispielsweise wird die elektrische Kenngröße bei geschlossenem Halbleiterschalter erfasst. Beispielsweise ist dabei der Halbleiterschalter voll durchgesteuert, sodass mittels dessen der kleinstmögliche elektrische Widerstand bereitgestellt wird. Alternativ hierzu weist der Halbleiterschalter einen bestimmten, nicht vernachlässigbaren Widerstand auf, sodass mittels dessen zwar ein Leiten eines elektrischen Stroms erfolgt, der jedoch aufgrund des bereitgestellten elektrischen Widerstands begrenzt ist. Beispielsweise wird der Halbleiterschalter geschlossen, also stromführend geschaltet, wenn das Trennelement geöffnet wird, also zum Beispiel während des Öffnens, unverzüglich im Anschluss an das Öffnen oder ein bestimmtes Zeitfenster danach. Alternativ hierzu wird der Halbleiter beispielsweise schon geschlossen, bevor das Trennelement geöffnet wird, sodass der elektrische Strom von dem Trennelement zumindest teilweise bereits auf den Halbleiterschalter und somit auf den Nebenstrompfad kommutiert. Auf diese Weise wird das Ausbilden eines Lichtbogens in dem Trennelement bei dessen Öffnen im Wesentlichen von vornherein unterbunden.

[0024] Die elektrische Kenngröße wird vorzugsweise mit einem ersten Schwellwert verglichen, wobei zweckmäßigerweise die elektrische Kenngröße ermittelt wird, wenn das Trennelement geöffnet ist. Beim Ermitteln ist der Hauptstrompfad geeigneterweise nicht mehr stromführend, und der etwaige Lichtbogen in dem Trennelement ist bereits erloschen. Beispielsweise wird die elektrische Kenngröße kontinuierlich oder zumindest in bestimmten diskreten zeitlichen Abständen ermittelt. Bei dem Vergleich wird insbesondere überprüft, ob die elektrische Kenngröße den ersten Schwellwert überschreitet bzw. unterschreitet, vorzugsweise oder die elektrische Kenngröße größer oder kleiner als der erste Schwellwert ist. In Abhängigkeit des Vergleichs der elektrischen Kenngröße mit dem ersten Schwellwert wird der Halbleiterschalter geöffnet. Der Vergleich, also insbesondere die Art des Vergleichs, und/oder der erste Schwellwert sind dabei derart angepasst, dass bei dem resultierenden Öffnen des Halbleiterschalters, also dem Überführen in den stromsperrenden Zustand, ein (erneutes) Zünden des Lichtbogens in dem Trennelement nicht mehr stattfindet. Geeigneterweise ist das zünden aufgrund der dann herrschenden Gegebenheiten nicht mehr möglich.

[0025] Der erste Schwellwert und der Vergleich ist auf

die jeweils verwendete elektrische Kenngröße angepasst. Zum Beispiel korrespondiert die elektrische Kenngröße zu einer Leitfähigkeit des Hauptstrompfads, und der Halbleiterschalter wird geöffnet, wenn die elektrische Kenngröße kleiner als der erste Schwellwert ist. Falls die elektrische Kenngröße zu einem elektrischen Widerstand, zweckmäßigerweise einer Impedanz, des Hauptstrompfads korrespondiert, wird der Halbleiterschalter geöffnet, wenn die elektrische Kenngröße größer als der erste Schwellwert ist.

[0026] Zusammenfassend wird, sobald anhand des Vergleichs bestimmt, dass ein erneutes Zünden des Lichtbogens nicht mehr möglich ist, insbesondere der Stromfluss über den Halbleiterschalter unterbrochen und entsprechend eingestellt. Mit anderen Worten wird der Halbleiterschalter derart angesteuert, dass dieser nicht mehr stromführend ist. Somit kann bei geeigneter Wahl des ersten Schwellwert sowie der verwendeten elektrischen Kenngröße der über den Hybridschalter geführte elektrische Strom vergleichsweise schnell und sicher beendet werden. Beispielsweise wird bis zum Öffnen des Halbleiterschalters dieser voll durchgesteuert, sodass dieser vergleichsweise niederohmig ist. Alternativ hierzu erfolgt zumindest teilweise eine Begrenzung des elektrischen Stromflusses über diesen.

[0027] Alternativ oder in Kombination hierzu wird die elektrische Kenngröße bei geöffnetem Halbleiterschalter erfasst, also wenn ein Stromfluss über diesen unterbrochen ist. Der Halbleiterschalter wird geschlossen, wenn die elektrische Kenngröße einen zweiten Schwellwert erreicht. Somit wird die elektrische Kenngröße erfasst, wenn in dem Trennelement der Lichtbogen ausgebildet ist. Beispielsweise wird der Halbleiterschalter nach dem Öffnen des Trennelements geöffnet belassen, oder dieser wird beispielsweise zunächst geschlossen und anschließend geöffnet. Aufgrund der vergleichsweise hohen Leitfähigkeit des Halbleiterschalters, also vergleichsweise geringen Widerstand bricht der Lichtbogen über das Trennelement zunächst zusammen, und es erfolgt eine Entionisierung sowie Kühlung des Trennelements. Wenn der Halbleiterschalter danach geöffnet wird, zündet der Lichtbogen erneut, wobei die zum Aufrechterhalten/Zünden des Lichtbogens in dem Trennelement erforderlich elektrische Spannung vergrößert ist. Dabei ist die Menge des vorhandenen ionisierten Gases reduziert und dieses wird in geringerem Umfang neu gebildet.

[0028] Wenn die elektrische Kenngröße den zweiten Schwellwert erreicht, also diesen über- oder unterschreitet, wird der Halbleiterschalter geschlossen. Infolgedessen kommutiert der elektrische Strom von dem Hauptstrompfad auf den Nebenstrompfad, und der in dem Trennelement vorhandene Lichtbogen erlischt, der beispielsweise nach dem Öffnen direkt entstanden ist, oder erneut gezündet ist. Insbesondere änderte sich im Anschluss hieran vergleichsweise zügig die elektrische Kenngröße. Vorzugsweise wird nach dem Schließen des Halbleiterschalters und/oder der daraus resultierenden

Änderung der elektrischen Kenngröße der Halbleiterschalter im Wesentlichen unverzüglich erneut geöffnet. Der Zeitpunkt des Öffnens wird dabei beispielsweise anhand der erneut ermittelten elektrischen Kenngröße bestimmt, oder diese liegt ein bestimmtes Zeitfenster nach dem Zeitpunkt des Schließens des Halbleiterschalters. Der zweite Schwellwert ist zweckmäßigerweise derart gewählt, dass nach dem Schließen und dem nachfolgenden Öffnen des Halbleiterschalters ein Zünden des Lichtbogens in dem Trennelement ausbleibt.

[0029] Zusammenfassend wird somit bei dieser Variante zunächst der Lichtbogen über das Trennelement belassen, wobei die zum Aufrechterhalten des Lichtbogens erforderlich elektrische Spannung ansteigt. Der Halbleiterschalter wird für eine vergleichsweise kurze Zeitspanne geschlossen, damit der Lichtbogen erlischt, und der Zeitpunkt des Schließens ist derart gewählt, dass bei erneutem Öffnen des Halbleiterschalters ein erneutes Zünden des Lichtbogens nicht mehr stattfindet. Hierfür sind der zweite Schwellwert und die elektrische Kenngröße entsprechend gewählt. Bei dieser Vorgehensweise besteht der Lichtbogen für ein verlängertes Zeitfenster. Jedoch ist die mittels des Halbleiterschalters geführte elektrische Energie, der damit geführte elektrische Strom und oder die geschaltete elektrische Spannung vergleichsweise gering, weswegen eine Belastung des Halbleiterschalters reduziert ist. Somit kann ein vergleichsweise kostengünstiger Halbleiterschalter verwendet werden.

[0030] Beispielsweise wird als elektrische Kenngröße ein über den Hauptstrompfad geführter elektrischer Strom oder eine hierzu korrespondierende Größe herangezogen. Insbesondere wird eine elektrische Leitfähigkeit des Hauptstrompfads als elektrische Kenngröße verwendet, oder die elektrische Kenngröße basiert zumindest zweckmäßigerweise hierauf. Hierfür wird beispielsweise ein von dem vollständigen Hybridschalter geführter elektrischer Strom und/oder ein über den Nebenstrom geführte elektrische Strom gemessen und hieraus beispielsweise die Leitfähigkeit ermittelt.

[0031] Besonders bevorzugt wird als elektrische Kenngröße eine elektrische Spannung herangezogen, die über ein elektrisch in Reihe mit dem Trennelement geschaltete weitere Komponente des Hauptstrompfads anfällt. Hierbei überbrückt der Halbleiterschalter zweckmäßigerweise die Reihenschaltung aus dem Trennelement und der weiteren Komponente. Wenn in dem Trennelement der Lichtbogen ausgebildet ist, fließt über den Hauptstrompfad ein elektrischer Strom, sodass über die weitere Komponente eine bestimmte elektrische Spannung anfällt. Insbesondere ist das Trennelement mittels einer Zenerdiode und/oder einer Diode bzw. einer Reihenschaltung aus einer Zenerdiode (Z-Diode, Zener-Diode), einer Diode und/oder einem Widerstand begrenzt, wobei die Sperrrichtung der beiden Dioden entgegengesetzt gerichtet sind. Sobald der Lichtbogen in dem Trennelement erloschen ist, wird mittels dieser insbesondere sichergestellt, dass noch weiterhin eine elektrische

Spannung über die weitere Komponente anfällt. Anhand der über der weiteren Komponente anfallenden elektrischen Spannung ist es möglich, auf den mittels des Hauptstrompfads geführten elektrischen Strom und/oder eine Leitfähigkeit des Hauptstrompfads zurückzuschließen, die bei geöffnetem Trennelement aufgrund des ionisierten Gases noch vorhandenen ist. Somit ist anhand der erfassten elektrischen Spannung bestimmbar, ob ein erneutes Zünden des Lichtbogens erfolgen kann.

[0032] Beispielsweise wird als weitere Komponente ein Widerstand herangezogen, wobei die weitere Komponente beispielsweise ein ohmscher Widerstand ist und/oder eine nach Art eines Shunts ausgestaltet ist. Somit korrespondiert die anfallende elektrische Spannung zu dem mittels des Hauptstrompfads geführten elektrischen Strom, und dieser kann beispielsweise zusätzlich für weitere Auswertungen oder eine sonstige Regelung des Hybridschalters herangezogen werden.

[0033] Besonders bevorzugt wird als weitere Komponente ein Schaltelement verwendet. Hierbei wird die weitere Komponente zweckmäßigerweise zum Erreichen einer bestimmten elektrischen Kenngröße angesteuert. Insbesondere wird hierbei mittels der Ansteuerung ein Bereich vorgegeben, in dem sich die jeweilige elektrische Kenngröße befindenden kann. Vorzugsweise wird hierfür das Schaltelement geöffnet, wobei sich beispielsweise in diesem ebenfalls ein Lichtbogen ausbildet. Beispielsweise ist oder umfasst das Schaltelement einen Halbleiterschalter oder einen mechanischen Schalter, wie insbesondere ein Relais. Zum Beispiel sind das Schaltelement und das Trennelement mittels eines gemeinsamen Doppelschalters gebildet, was eine Konstruktion vereinfacht. Auch werden auf diese Weise das Schaltelement und das Trennelement stets im Wesentlichen gleichzeitig betätigt, was eine Ansteuerung vereinfacht. Alternativ hierzu sind das Schaltelement und das Trennelement zwei separate Bauteile. Zweckmäßigerweise ist das Schaltelement überbrückt, beispielsweise mittels zusätzlicher Elemente, wie eines Widerstands, eines Kondensators, einer Diode, einer Zenerdiode oder einer Parallelschaltung mehrerer dieser Elemente. Dabei ist der Widerstand, der Kondensator, die Diode und/oder die Zenerdiode ein Bestandteil der Komponente, zu dieser separat, wobei das Schaltelement jedoch mittels dieser überbrückt ist. Aufgrund der Elemente fällt auch bei geöffnetem Schaltelement eine elektrische Spannung über dieses an. Auch ist mittels dieser Elemente sichergestellt, dass solange eine elektrische Leitfähigkeit des Hauptstrompfads vorherrscht, die elektrische Kenngröße nicht verschwindet, sodass der Stromfluss entsprechend eingestellt und/oder eine entsprechende Regelung durchgeführt werden kann.

[0034] In einer Weiterbildung wird als elektrische Kenngröße ein in den Hauptstrompfad induzierter elektrischer Strom herangezogen. Der induzierte elektrische Strom wird beispielsweise qualitativ oder quantitativ oder zumindest jeweils eine hierzu korrespondierende Größe. Falls das Trennelement geöffnet ist, und falls in dem

Trennelement kein Lichtbogen mehr vorhanden ist, kann dennoch ionisiertes Gas vorhanden sein, über das der in den Hauptstrompfad induzierten elektrische Strom geführt wird. Falls die Entionisierung ausreichend fortgeschritten ist, kann hingegen in den Hauptstrompfad kein elektrischer Strom mehr induziert werden, oder zumindest ist die Menge verringert. Somit ist es möglich, anhand des induzierten elektrischen Strom auf die Leitfähigkeit des Hauptstrompfads zu schließen. Aufgrund der induktiven Kopplung findet dabei im Wesentlichen kein Einfluss auf einen Normalbetrieb des Hybridschalters statt.

[0035] Zum Induzieren des elektrischen Stroms weist der Hauptstrompfad zweckmäßigerweise eine elektrische Spule auf, die im Weiteren auch als erste Spule bezeichnet wird. Die erste Spule ist dabei elektrisch in Reihe mit dem Trennelement geschaltet. Die erste Spule ist induktiv mit einer weiteren elektrischen Spule gekoppelt, die im Weiteren auch als zweite Spule bezeichnet wird. Insbesondere sind die beiden (elektrischen) Spulen mittels eines gemeinsamen Trafos gebildet. Beispielsweise wird hierbei in bestimmten Abständen über die zweite Spule ein vorbestimmter elektrischer Strom geführt und ermittelt, wie viel Energie davon zu der ersten Spule und somit in den Hauptstrompfad übertragen wird. Hieraus wird der induzierte elektrische Strom ermittelt.

[0036] Der Hybridschalter weist einen Hauptstrompfad mit einem Trennelement und einen parallel zu dem Hauptstrompfad geschalteten Nebenstrompfad mit einem Halbleiterschalter auf. Das Trennelement ist beispielsweise ein mechanischer Schalter, wie ein Relais oder Schütz. Alternativ hierzu ist das Trennelement beispielsweise nach Art eines Steckers ausgebildet. Insbesondere ist das Trennelement derart ausgebildet, dass bei einem Öffnen, also bei einer Erhöhung des ohmschen Widerstands eine mechanische Trennung von zwei Kontakten erfolgt, über die in einem geschlossenen Zustand ein elektrischer Stromfluss erfolgt, wobei die beiden Kontakte mechanisch aneinander anliegen. Der Halbleiterschalter ist zweckmäßigerweise an Leistungshalbleiterschalter und beispielsweise ein IGBT oder MOSFET.

[0037] Der Hybridschalter ist gemäß einem Verfahren betrieben, bei dem das Trennelement geöffnet wird. Zudem wird eine elektrische Kenngröße des Hauptstrompfads ermittelt, und ein Stromfluss über den Halbleiterschalter wird in Abhängigkeit der Kenngröße eingestellt. Beispielsweise umfasst der Hybridschalter eine Steuereinheit die geeignet, insbesondere vorgesehen und eingerichtet, ist, das Verfahren durchzuführen. Die Steuereinheit umfasst oder bildet geeigneterweise eine Ansteuerschaltung für den Halbleiterschalter und/oder das Trennelement. Zum Beispiel erfolgt dabei eine Bestromung der Steuereinheit mittels einer externen Energiequelle. Alternativ hierzu erfolgt eine Bestromung der Steuereinheit mittels des Hauptstrompfads, beispielsweise mittels einer über das Trennelement anfallenden elektrischen Spannung. In einer weiteren Alternative wird das Verfahren aufgrund einer geeigneten Verschaltung

mehrerer diskreter Elemente durchgeführt, wobei zweckmäßigerweise keine externe Stromquelle/Energiequelle vorhanden ist. Somit ist eine Robustheit erhöht und eine Montage des Hybridschalters vereinfacht.

[0038] Insbesondere wird der Hybridschalter in einen Gleichstromkreis verwendet, und das Verfahren wird insbesondere zur Gleichstromunterbrechung herangezogen. Beispielsweise ist der Hybridschalter im Montagezustand ein Bestandteil einer Industrieautomatisierung, Straßenbeleuchtung, eine Schiffsbordnetzes, der elektrifizierten Luftfahrt, einer Bahninfrastruktur oder Bahnantriebs eines Inselnetzes im privaten häuslichen Bereich, eines Energieerzeugers, eines Gewächshauses oder wird im Bereich von Elektromobilität eingesetzt, zum Beispiel in einem Kraftfahrzeug, in der Landwirtschaft oder in einem Baustellenfahrzeug. Insbesondere ist der Hybridschalter hierfür geeignet, zweckmäßigerweise vorgesehen und eingerichtet.

[0039] Beispielsweise ist der Hybridschalter lediglich mittels des Hauptstrompfads und des Nebenstrompfad sowie der etwaigen Steuereinheit gebildet. Besonders bevorzugt jedoch umfasst der Hybridschalter eine Stör-schutzbeschaltung, die parallel zum Hauptstrompfad oder zumindest zu dem Trennelement und/oder dem Halbleiterschalter geschaltet ist. Mittels dieser wird insbesondere eine Überspannung begrenzt. Die Stör-schutzbeschaltung umfasst vorzugsweise einen Varistor oder ist mittels dessen gebildet.

[0040] Besonders bevorzugt ist der Halbleiterschalter ein Feldeffekttransistor, beispielsweise ein MOSFET. Hierbei ist insbesondere der sogenannte Drain und Gate mittels einer Reihenschaltung aus einer Diode und einer Zenerdiode elektrisch miteinander kontaktiert, deren Sperrrichtung entgegengesetzt sind. Alternativ hierzu sind Gate und Source mittels der Reihenschaltung miteinander elektrisch kontaktiert. Insbesondere ist mittels der Reihenschaltung eine Verschaltung nach Art einer sogenannten "active clamping" realisiert. Somit wird bei einer elektrischen Spannung, die eine Mindestgröße aufweist, und die insbesondere nach dem Öffnen des Trennelements auftritt, wenn der Lichtbogen sich ausbildet, der Halbleiterschalter in den elektrisch leitenden Zustand versetzt.

[0041] Beispielsweise ist zudem die etwaige weiteren Komponente vorhanden. Vorzugsweise ist diese mittels der oder einer Reihenschaltung aus der Diode und der Zenerdiode überbrückt. Vorzugsweise ist die Reihenschaltung dabei gegen den Steuereingang (Gate) des Halbleiterschalters geführt. Somit ist Reaktionszeit zum Einschalten des Halbleiterschalters nach Öffnen des Trennelements erhöht, was eine Regelung vereinfacht. Auch ist kein zusätzliches Netzteil erforderlich.

[0042] Alternativ oder in Kombination hierzu umfasst der Hybridschalter eine elektrische (erste) Spule, die elektrisch in Reihe mit dem Trennelement geschaltet ist. Die erste Spule ist insbesondere induktiv mit einer weiteren/zweiten Spule gekoppelt, wobei die beiden Spulen zweckmäßigerweise einem gemeinsamen Transforma-

tor zugeordnet sind, was eine Herstellung erleichtert. Mittels Bestromung der zweiten Spule, nämlich mittels Anlegens einer Wechselspannung, ist es möglich, in den Hauptstrompfad einen elektrischen Strom zu induzieren. Auch ist es aufgrund der induktiven Kopplung mittels weiterer Bestandteile des Transformators möglich, einen mit dem Hauptstrompfad geführten elektrischen Strom zu bestimmen.

[0043] Zweckmäßigerweise ist die zweite Spule ein Bestandteil eines Schwingkreises, der zudem einen Kondensator umfasst. Falls der Hauptstrompfad elektrisch leitfähig ist, und es somit möglich ist, in diesen einen elektrischen Strom zu induzieren, ist die Güte des Schwingkreises vergleichsweise schlecht. Dahingegen ist, falls kein elektrischer Strom induziert werden kann, die Güte des Schwingkreises vergleichsweise hoch. Zweckmäßigerweise wird bei Betrieb der Schwingkreis mit dessen Eigenfrequenz betrieben, weswegen ein Energiebedarf verringert ist. Insbesondere wird hierbei die dem Schwingkreis zugeführte Energie ermittelt und anhand dessen die Leitfähigkeit des Hauptstrompfads bestimmt.

[0044] Ferner betrifft die Erfindung auch die Verwendung eines derartigen Hybridschalters zur Durchführung des Verfahrens und/oder als Schutzschalter.

[0045] Die im Zusammenhang mit dem Verfahren erläuterten Weiterbildungen und Vorteile sind sinngemäß auch auf den Hybridschalter /die Verwendung und untereinander zu übertragen und umgekehrt.

[0046] Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand einer Zeichnung näher erläutert. Darin zeigen:

- Fig. 1 schematisch einen Schaltkreis mit einem Hybridschalter, der
- Fig. 2 ein Verfahren zum Betrieb des Hybridschalters,
- Fig. 3 einen vereinfachten Schaltplan des Hybridschalters, der eine weitere Komponente umfasst, und
- Fig. 4 eine Abwandlung des Hybridschalters, der die weitere Komponente aufweist,
- Fig. 5-9 jeweils eine Ausgestaltungsform der weiteren Komponente,
- Fig. 10 einen vereinfachten Schaltplan einer weiteren Ausführungsform des Hybridschalters,
- Fig. 11 einen vereinfachten Schaltplan einer letzten Ausführungsform des Hybridschalters, und
- Fig. 12 einen detaillierteren Schaltplan des Hybridschalters gemäß Fig. 11.

[0047] Einander entsprechende Teile sind in allen Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen.

[0048] In Figur 1 ist schematisch vereinfacht ein Stromkreis 2 dargestellt, der eine (elektrische) Stromquelle 4 umfasst. Mittels der Stromquelle 4 wird eine Gleichspannung bereitgestellt, die 650 V beträgt. Die Stromquelle 4 ist mittels mehrerer Leitungen 6 mit einer Last 8 verbun-

den, wobei der bei Normalbetrieb mittels der Leitungen 6 geführte elektrische Strom größer als 5 A und ein elektrischer Gleichstrom ist.

[0049] Je nach Anwendungsfall des Stromkreises 2 sind die Stromquelle 4 und die Last 8 angepasst. Beispielsweise ist der Stromkreis 2 ein Bestandteil eines Kraftfahrzeugs, das zum Beispiel landgebunden ist. Hierbei handelt es sich beim Kraftfahrzeug insbesondere um einen Nutzkraftwagen, einen Personenkraftwagen, eine Baumaschine oder eine Landmaschine. Dabei ist Stromquelle 4 beispielsweise mittels einer Hochvoltbatterie oder eines Gleichrichters gebildet. Alternativ hierzu ist das Kraftfahrzeug ein Schienenfahrzeug, und die Stromquelle 4 ist beispielsweise mittels eines Stromabnehmers oder dergleichen gebildet. In einer weiteren Alternative ist das Kraftfahrzeug ein Flugzeug oder ein Schiff. Insbesondere wird jeweils als Last 8 ein Hauptantrieb verwendet. Alternativ hierzu ist der Stromkreis 2 stationär ausgebildet, und die Stromquelle 4 ist beispielsweise ein Versorgungsnetz oder ein lokale Energiespeicher. Die Last 8 ist beispielsweise ein Wechselrichter oder ein Ak-

[0050] In eine der Leitungen 6 ist ein Hybridschalter 10 eingebracht, mittels dessen ein Stromfluss zwischen der Stromquelle 4 und der Last 8 unterbrochen werden kann. Hierfür wird der Hybridschalter 10 beispielsweise manuell betätigt, oder die Hybridschalter 10 ist ein Bestandteil einer Vorrichtung zur Absicherung der Stromquelle 4, der Last 8 oder der Leitungen 6 und beispielsweise ein Schutzschalter. Der Hybridschalter 10 weist zwei Anschlüsse 12 auf, die jeweils mit einem Teil einer der entsprechenden Leitung 6 elektrisch kontaktiert ist.

[0051] Zwischen den beiden Anschlüssen 12 erstreckt sich ein Hauptstrompfad 14 der ein Trennelement 16 umfasst. Das Trennelement 16 ist ein elektrisch betätigbarer mechanischer Schalter, wie zum Beispiel ein Relais. Hierbei ist es möglich, das Trennelement 16 zu öffnen und zu schließen, wobei im geschlossenen Zustand die beiden Anschlüsse 12 mittels des Hauptstrompfads 14 niederohmig elektrisch miteinander kontaktiert sind. Sofern das Trennelement 16 geöffnet ist, ist der Hauptstrompfad 14 galvanisch getrennt, und, sofern eine zwischen den Anschlüssen 12 anliegende elektrische Spannung ausreichend gering ist, ist ein elektrischer Stromfluss über den Hauptstrompfad 14 nicht möglich. Dem Hauptstrompfad 14 ist eine Einheit 18 zugeordnet, mittels derer eine elektrische Kenngröße 20 des Hauptstrompfads 14 ermittelt werden kann. Dabei ist die Einheit 18 beispielsweise ein Bestandteil des Hauptstrompfads 14 oder von diesem mechanisch und/oder elektrisch getrennt.

[0052] Ferner weist der Hybridschalter 10 einen Nebenstrompfad 22 auf, der einen Halbleiterschalter 24 umfasst. Der Nebenstrompfad 22 erstreckt sich dabei ebenfalls zwischen den beiden Anschlüssen 12, und das Trennelement 16 und der Halbleiterschalter 24 sind folglich elektrisch zueinander parallelgeschaltet. Der Halbleiterschalter 24 ist dabei zum Beispiel als IGBT oder

MOSFET ausgebildet. Mittels entsprechender Ansteuerung des Halbleiterschalters 24, nämlich mittels Anlegens einer entsprechenden Ansteuerspannung, ist es möglich, den Halbleiterschalter 24 in einen elektrisch leitenden Zustand zu versetzen, der auch als geschlossener Zustand bezeichnet wird. In diesem Fall ist der Halbleiterschalter 24 voll durchgesteuert, und der damit bereitgestellte elektrische Widerstand ist minimal. Auch ist es möglich, den Halbleiterschalter 24 in einen elektrisch nichtleitenden Zustand zu versetzen, der auch als geöffneter Zustand bezeichnet wird, und bei dem der elektrische Widerstand auf ein Maximum erhöht ist. Jedoch ist es auch möglich, für den elektrischen Widerstand einen Mittelwert zwischen dem Minimum und dem Maximum zu wählen, sodass der Halbleiterschalter 24 einen erhöhten elektrischen Widerstand aufweist, der jedoch geringer als das Maximum ist. In diesem Fall ist ein Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 und somit über den Nebestrompfad 22 prinzipiell möglich, wobei jedoch eine Stromstärke aufgrund des vorhandenen elektrischen Widerstands begrenzt ist.

[0053] Der Hybridschalter 10 weist eine Steuereinheit 26 auf, die eine nicht näher dargestellte Ansteuerschaltung für das Trennelement 16 sowie den Halbleiterschalter 24 umfasst. Mittels dieser ist es möglich, an das Trennelement 16 und den Halbleiterschalter 24 jeweils eine entsprechende (Ansteuer-) Spannung anzulegen, anhand derer sich jeweils der geöffnete oder geschlossene Zustand ergibt. Die Steuereinheit 26 ist geeignet sowie vorgesehen und eingerichtet, ein in Figur 2 dargestelltes Verfahren 28 zum Betrieb des Hybridschalters 10 durchzuführen. Dabei wird das Verfahren 28 durchgeführt, wenn ein elektrischer Strom zwischen der Stromquelle 4 und der Last 8 unterbrochen werden soll. Mit anderen Worten dient das Verfahren 28 der Stromunterbrechung über den Hybridschalter 10. Somit wird das Verfahren 28 zum Beenden eines Normalbetrieb durchgeführt, in dem ein ungestörter Stromfluss von der Stromquelle 4 zu der Last 8 über den Hybridschalter 10 erfolgen soll. Im Normalbetrieb ist dabei das Trennelement 16 geschlossen, sodass die beiden Anschlüsse 12 des Hybridschalters 10 über den Hauptstrompfad 14 niederohmig miteinander elektrisch verbunden sind. Der Halbleiterschalter 24 hingegen ist elektrisch nichtleitend und somit geöffnet, sodass dort keine elektrischen Verluste anfallen.

[0054] In einem ersten Arbeitsschritt 30 des Verfahrens 28 wird das Trennelement 16 geöffnet, also in den elektrisch nichtleitenden Zustand versetzt. Aufgrund des mit dem Hybridschalter 10 geführten elektrischen Stroms sowie der wegen des nunmehr geöffneten Trennelement 16 zwischen den Anschlüssen 12 anliegenden elektrischen Spannung ist es möglich, dass sich ein Lichtbogen 32 in dem Trennelement 16 ausbildet, sodass ein elektrischer Stromfluss über den Hauptstrompfad 14 auch weiterhin besteht. Wenn das Trennelement 16 geöffnet wird, wird beispielsweise im Wesentlichen gleichzeitig oder zu einem früheren oder späteren Zeitpunkt der

Halbleiterschalter 24 in den elektrisch leitenden Zustand versetzt, sodass der mittels des Hauptstrompfads 14 geführte elektrische Strom auf den Nebestrompfad 22 kommutiert. In diesem Fall erlischt der Lichtbogen 32, oder dieser wird gegebenenfalls nicht gebildet, sofern der Halbleiterschalter 24 beim Öffnen des Trennelements 16 bereits in dem elektrisch leitenden Zustand war.

[0055] In einem zweiten Arbeitsschritt 32 wird mittels der Einheit 18 die elektrische Kenngröße 20 des Hauptstrompfads 14 ermittelt. Zum Beispiel die elektrische Kenngröße 20 mittels der Einheit 18 direkt gemessen. Alternativ hierzu wird die elektrische Kenngröße 20, die auch lediglich als Kenngröße bezeichnet wird, anhand von Messdaten abgeleitet und auf diese Weise ermittelt. Die elektrische Kenngröße 20 ist zeitlich veränderlich und verändert sich insbesondere in Abhängigkeit eines zwischen den Anschlüssen 12 oder zumindest über den Hauptstrompfad 14 geführten Anteils des elektrischen Stroms. Alternativ oder in Kombination verändert sich die Kenngröße 20 in Abhängigkeit einer über den Hauptstrompfad 14 zumindest teilweise anfallenden elektrischen Spannung oder zumindest einer Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14. Die elektrische Kenngröße 20 verändert sich dabei insbesondere zudem in Abhängigkeit des Lichtbogens 32, beispielsweise in Abhängigkeit dessen Anwesenheit und/oder der zum Halten erforderlichen elektrischen Spannung und/oder des mittels des Lichtbogens 32 geführten elektrischen Stroms.

[0056] In Abhängigkeit der ermittelten Kenngröße 20 wird ein Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 eingestellt. Zur Einstellung des Stromflusses über den Halbleiterschalter 24 wird dabei insbesondere ein elektrischer Widerstand des Halbleiterschalters 24 entsprechend angepasst oder eingestellt.

[0057] Das Verfahren wird mit einem dritten Arbeitsschritt 34 beendet. In diesem wird, sofern dies noch nicht in dem zweiten Arbeitsschritt 32 erfolgte, der Halbleiterschalter 24 geöffnet, sodass über diesen ebenfalls kein elektrischer Stromfluss mehr möglich ist. Zudem wird bei einer nicht näher dargestellten Variante ein weiteres Trennelement, das elektrisch in Reihe sowohl mit dem Hauptstrompfad 14 als auch mit dem Nebestrompfad 22 geschaltet und somit zwischen diese und einen der Anschlüsse 12, ebenfalls geöffnet. Das weitere Trennelement ist dabei ein Relais oder Schütz, sodass bei geöffnetem weiteren Trennelement die beiden Anschlüsse 12 galvanisch getrennt sind. Da davor bereits kein Stromfluss mehr über den Hybridschalter 10 erfolgte, entsteht beim Öffnen des weiteren Trennelements dort kein Lichtbogen, und das Öffnen erfolgt nicht unter Last.

[0058] In Figur 3 ist ein vereinfachter Schaltplan einer Variante des Hybridschalters 10 dargestellt. Das Trennelement 16 ist als Relais ausgestaltet und elektrisch in Reihe mit einer weiteren Komponente 36 geschaltet, die ebenfalls ein Bestandteil des Hauptstrompfads 14 ist. Der Hybridschalter umfasst einen Spannungssensor 38, der ein Bestandteil eines Hilfsstrompfads 40 ist, mittels

dessen die weitere Komponente 36 überbrückt ist. Mittels des Spannungssensor 38 kann die über die weitere Komponente 36 anfallende elektrische Spannung erfasst werden. Bei einer nicht näher dargestellten Variante ist der Spannungssensor 38 in die weitere Komponente 36 integriert oder beispielsweise nicht vorhanden. Der Spannungssensor 38 sowie die weitere Komponente 36 sind mit der Steuereinheit 26 signaltechnisch und elektrisch kontaktiert und diese bilden zumindest teilweise die Einheit 18.

[0059] Gegen die Steuereinheit 26 ist ein Steuereingang 42 des Halbleiterschalters 24 geführt, sodass mittels der Steuereinheit 26 eine Ansteuerung des Halbleiterschalters 24 erfolgen kann. Ebenso erfolgt mittels der Steuereinheit 26 eine nicht näher dargestellte Ansteuerung des Trennelements 16. Die Steuereinheit 26 ist mit einer Energiequelle 46 elektrisch kontaktiert, mittels derer eine Bestromung der Steuereinheit 26 erfolgt. Mittels dieser wird die von der Energiequelle 46 bereitgestellte elektrische Energie bei Bedarf zu dem Trennelement 16, dem Halbleiterschalter 24, der weiteren Komponente 36 und dem Spannungssensor 38 geleitet. Die Energiequelle 46 ist beispielsweise mittels eines Anschlusses an ein Versorgungsnetz realisiert, das insbesondere unabhängig von dem Stromkreis 2 ist.

[0060] Die Reihenschaltung aus dem Trennelement 16 und der weiteren Komponente 36 ist mit dem Halbleiterschalter 24 überbrückt. Zudem ist die Reihenschaltung und daher auch der Hauptstrompfad 14 und der Nebenstrompfad 22 mit einer Störschutzbeschaltung 44 überbrückt. Die Störschutzbeschaltung 44 umfasst einen Varistor und ist mittels dessen gebildet. Mittels der Störschutzbeschaltung wird ein Ausbilden einer elektrischen Überspannung an dem Hauptstrompfad 14 und dem Nebenstrompfad 22 verhindert, die ansonsten zu einer Zerstörung der einzelnen Komponenten führen könnte.

[0061] Bei Betrieb dieser Ausführungsform des Hybridschalters 10, also bei Durchführung des Verfahrens 28, wird als elektrische Kenngröße 10 die über die weitere Komponente 36 des Hauptstrompfads 14 anfallende elektrische Spannung herangezogen, die mittels des Spannungssensors 38 gemessen wird. Dabei in dem ersten Arbeitsschritt 30 der Halbleiterschalter 24 nach oder gleichzeitig mit dem Öffnen des Trennelements 16 geschlossen. Infolgedessen kommutiert der elektrische Strom auf den Nebenstrompfad 22, und der Lichtbogen 32 verlöscht. Aufgrund des Lichtbogens 32 wurde jedoch in dem Trennelement 16 ionisiertes Gas gebildet, weswegen der Hauptstrompfad noch weiterhin eine, wenn auch verringerte, elektrische Leitfähigkeit aufweist. Infolgedessen bildet sich eine elektrische Spannung zwischen den beiden Enden des Hauptstrompfads 14, und somit auch über die weitere Komponente 36, aus, auch wenn ein Stromfluss über den Hauptstrompfad 14 unterbleibt. Die elektrische Spannung, also die Kenngröße 20, sinkt dabei, je weiter eine Entionisierung des Gases in dem Trennelement 16 erfolgt. Zudem ist die anliegende elektrische Spannung, also die Kenngröße 20 ist dabei

abhängig von der zwischen den Anschlüssen 12 anliegenden elektrischen Spannung.

[0062] In dem zweiten Arbeitsschritt 32 wird der Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 derart eingestellt, dass die elektrische Kenngröße 20, also die über die weitere Komponente 36 anfallende elektrische Spannung, einem Soll-Wert entspricht. Mit anderen Worten wird mittels der Einstellung des Stromflusses die elektronische Kenngröße 20 auf den Soll-Wert geregelt. Der Soll-Wert, also die elektrische Spannung, ist dabei derart, dass wenn dies an der weiteren Komponente 36 anliegt, die in diesem Fall an dem Trennelement 16 anliegende elektrische Spannung kein Zünden des Lichtbogens 32 hervorruft.

[0063] Damit die elektrische Kenngröße 20 dem Soll-Wert entspricht, wird der Halbleiterschalter 24 stromführend geschaltet, wobei der mit den Nebenstrompfad 22 geführte elektrische Strom begrenzt ist, sodass zwischen den Anschlüssen 12 zunächst nicht die vollständige, mit der Stromquelle 4 bereitgestellte Spannung anliegt. Hierfür wird eine entsprechend angepasste elektrische Spannung an den Steuereingang 42 angelegt. Aufgrund der andauernden Entionisierung des Gases in dem Trennelement 16, da der Lichtbogen 32 nicht mehr vorhanden ist, sinkt die elektrische Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14 und somit die über die weitere Komponente 36 anfallende elektrische Spannung. Mittels der Regelung des Stromflusses über den Halbleiterschalter 24 wird dies nachgezogen und die elektrische Spannung, also die Kenngröße 20, erneut auf den Soll-Wert angepasst, wofür der Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 verringert wird, sodass sich die elektrische Spannung zwischen den Anschlüssen 12 erhöht. Folglich nimmt die elektrische Kenngröße 20 erneut den Soll-Wert an, wobei jedoch der Stromfluss über den Hybridschalter 10 geringer ist. Zusammenfassend ist, damit die elektrische Kenngröße 20 dem Soll-Wert entspricht, aufgrund der Entionisierung des Gases in dem Trennelement 16 es erforderlich, die elektrische Spannung zwischen den Anschlüssen 12 zu erhöhen, wofür die Leitfähigkeit des Halbleiterschalters 24 verringert wird.

[0064] Dies erfolgt, bis der Halbleiterschalter 24 vollständig geöffnet ist, sodass die zwischen den Anschlüssen 12 anliegende elektrische Spannung dem Soll-Wert entspricht. Bei einer weiteren Entionisierung ist ein Nachziehen der Regelung nicht mehr möglich. So ist es trotz vollständig geöffnetem Halbleiterschalter 24 nicht mehr möglich, dass die elektrische Kenngröße 20 den Soll-Wert erreicht, da die Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14 zu sehr abgenommen hat. Infolge kommt der Stromfluss über den Hybridschalter 10 vollständig zum Erliegen. Im Anschluss hieran wird der dritte Arbeitsschritt 34 ausgeführt, und das Verfahren 28 wird beendet.

[0065] In einer weiteren Ausgestaltungsform wird in dem ersten Arbeitsschritt 30 ebenfalls der Halbleiterschalter 24 nach oder gleichzeitig mit dem Öffnen des Trennelements 16 geschlossen, sodass der elektrische Strom auf den Nebenstrompfad 22 kommutiert. Dabei

wird der Halbleiterschalter 24 vollständig durchgesteuert. Mit anderen Worten wird ein elektrischer Widerstand des Halbleiterschalters 24 auf ein Minimum gesetzt, wofür eine entsprechende elektrische Spannung an den Steuereingang 42 angelegt wird. Aufgrund der Entionisierung in dem Trennelement 16 nimmt die über der weiteren Komponente 36 anfallende elektrische Spannung ab, und die elektrische Kenngröße 20 verringert sich. Die elektrische Kenngröße 20 wird mittels der Steuereinheit 26 mit einem ersten Schwellwert verglichen. Sobald die elektrische Kenngröße 20 den ersten Schwellwert erreicht oder unterschreitet wird der Halbleiterschalter 24 in dem zweiten Arbeitsschritt 32 geöffnet.

[0066] Der erste Schwellwert ist derart gewählt, dass bei der dann vorherrschenden der verringerten Leitfähigkeit des Trennelement 16 sowie des Hauptstrompfads 14 kein erneutes Zünden des Lichtbogens 32 mehr erfolgt. Hierbei entspricht der erste Schwellwert im Wesentlichen dem Wert, ab dem bei der obigen Variante des Verfahrens 28 trotz vollständig geöffnetem Halbleiterschalter 24 nicht mehr der Soll-Wert erreicht werden kann. Insbesondere wird der dort verwendete Soll-Wert als der erste Schwellwert herangezogen.

[0067] Bei einer Kombination dieser beiden Varianten wird der Soll-Wert geringfügig geringer gewählt, und eine entsprechende Regelung durchgeführt. Sobald die elektrische Kenngröße 20 den Soll-Wert erreicht, wird die Regelung beendet und der Halbleiterschalter 24 geöffnet. Zusammenfassend wird die elektrische Kenngröße 20 somit bei geschlossenem Halbleiterschalter 24 erfasst und in Abhängigkeit eines Vergleichs mit dem ersten Schwellwert, nämlich wenn die elektrische Kenngröße den ersten Schwellwert unterschreitet, wird der Halbleiterschalter 24 geöffnet.

[0068] Bei einer weiteren Alternative wird in dem ersten Arbeitsschritt 30 der Halbleiterschalter 24 zunächst nicht geschlossen, sodass der Lichtbogen 32 weiter besteht. Aufgrund der sich öffnenden Kontakte des Trennelements 16 nimmt jedoch die über das Trennelement 16 und somit auch die zwischen den Anschlüssen 12 anfallende elektrische Spannung zu. Infolgedessen verändert sich, je nach verwendeter weitere Komponente 36, die über die weitere Komponente 36 anfallende elektrische Spannung. Hierbei ist es möglich, dass die elektrische Spannung ansteigt oder auch absinkt.

[0069] Zumindest wird in dem zweiten Arbeitsschritt 32 die elektrische Kenngröße 20 bei geöffnetem Halbleiterschalter 24 erfasst. Wenn die elektrische Kenngröße 20 einen zweiten Schwellwert erreicht, also insbesondere die über die weitere Komponente 36 anfallende elektrische Spannung je nach verwendeter weitere Komponente 36 größer oder kleiner als der zweite Schwellwert ist und/oder diesen unter- bzw. überschreitet, wird der Halbleiterschalter 24 geschlossen. Somit kommutiert erst dann der elektrische Strom von dem Hauptstrompfad 14 auf den Nebenstrompfad 22, sodass der Lichtbogen 32 erlischt. Somit wird der Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 in Abhängigkeit der Kenngröße 20 einge-

stellt, nämlich erstellt, sobald die elektrische Kenngröße 20 den zweiten Schwellwert erreicht.

[0070] Dabei ist der zweite Schwellwert derart gewählt, dass bei einem nachfolgenden erneuten Öffnen des Halbleiterschalters 24 und somit bei einem Anlegen der nun zwischen den Anschlüssen 12 anliegende elektrische Spannung an den Hauptstrompfad 14 diese nicht ausreicht, um den Lichtbogen 32 erneut zu zünden.

[0071] Sobald der Halbleiterschalter 24 geschlossen wurde und der Lichtbogen 32 erloschen ist, wird im Wesentlichen unverzüglich der dritte Arbeitsschritt 34 durchgeführt und der Halbleiterschalter 24 erneut geöffnet. Da der Lichtbogen 32 nicht erneut gezündet werden kann, wird somit der Stromfluss über den Hybridschalter 10 unterbrochen. Bei dieser Variante des Verfahrens 28 und des Hybridschalters 10 dient der Halbleiterschalter 24 dem Beenden des Lichtbogens 32, wenn die zwischen den Anschlüssen 12 anliegenden elektrische Spannung nicht ausreicht, um diesen erneut zu zünden, da die Schaltkontakte des Trennelement 16 einen zu großen Abstand zueinander aufweisen. Infolgedessen kann ein vergleichsweise leistungsschwacher Halbleiterschalter 24 verwendet werden.

[0072] Bei einer Wandlung wird in dem ersten Arbeitsschritt 30 der Halbleiterschalter 24 für eine kurze Zeitspanne geschlossen, wenn das Trennelement 16 geöffnet wird. Hierbei ist die Zeitspanne, die der Halbleiterschalter 24 geschlossen ist, vergleichsweise kurz, sodass bei einem nachfolgenden Öffnen der Lichtbogen 32 erneut zündet. Jedoch erfolgt bei dieser Variante bereits eine kurzzeitige Entionisierung in dem Trennelement 14 oder eine sonstige Kühlung, sodass die zum Aufrechterhalten des Lichtbogens erforderliche elektrische Spannung bereits erhöht ist. Infolgedessen ist es möglich, den zweiten Schwellwert geringer zu wählen.

[0073] In Figur 4 ist eine Abwandlung des Hybridschalters 10 dargestellt, wobei der Nebenstrompfad 22 mit dem Halbleiterschalter 24, der Hauptstrompfad 14 mit dem Trennelement 16 sowie der weiteren Komponente 36 und die Störschutzbeschaltung 44 sowie deren jeweilige Verschaltung miteinander nicht verändert ist.

[0074] Der Steuereingang 42 des Halbleiterschalters 24 jedoch ist über eine Reihenschaltung 48 aus einer Diode 50 und einer Zenerdiode 52 mit einem der Anschlüsse 12 elektrisch kontaktiert, nämlich dem, mit dem auch die weitere Komponente 36 elektrisch direkt kontaktiert ist. Die Sperrrichtung der Diode 50 und der Zenerdiode 52 sind hierbei entgegengesetzt zueinander gerichtet.

[0075] Der Hilfsstrompfad 40 weist nicht mehr den Stromsensor 38 auf, sondern umfasst ebenfalls eine derartige Reihenschaltung 48 mit der entsprechenden Diode 50 sowie der Zenerdiode 52. Gegen den Hilfsstrompfad 40 ist auf der dem Anschluss 12 zugewandten Seite die Energiequelle 46 geführt. Die Energiequelle 46 ist ferner über einen ersten Widerstand 54 gegen das verbleibende Ende des Hilfsstrompfads 40 und somit auch gegen den Hauptstrompfad 14 zwischen dem Trennele-

ment 16 und der weiteren Komponente 36 geführt. Somit wird mittels der Energiequelle 46 das elektrische Potential für den Hilfsstrompfad 40 zumindest teilweise vorgegeben, also die über der weiteren Komponente 36 anfallende elektrische Spannung.

[0076] Die Steuereinheit 26 ist über eine weitere der Reihenschaltungen 48 sowie einen zweiten Widerstand 56, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, ebenfalls gegen den Hauptstrompfad 14 zwischen dem Trennelement 16 und der weiteren Komponente 36 geführt und somit gegen ein Ende des Hilfsstrompfads 40 geführt. Zudem ist die Steuereinheit 26, die noch weiterhin mit dem Steuereingang 42 des Halbleiterschalters 24 elektrisch kontaktiert ist, über eine weitere der Reihenschaltungen 48, die elektrisch in Reihe mit einem dritten Widerstand 58 geschaltet ist, mit dem verbleibenden Anschluss 12 elektrisch geführt. Der Aufbau sämtlicher Reihenschaltungen 48 mit der jeweiligen Diode 50 und der Zenerdiode 52, deren Sperrrichtung gegeneinander gerichtet sind, ist gleich. Jedoch können diese bei unterschiedlichen Reihenschaltungen 48 insbesondere unterschiedliche Sperrspannungen aufweisen.

[0077] Aufgrund der Verschaltung wird bei dieser Variante die über der weiteren Komponente 36 anfallende elektrische Spannung nicht mehr direkt gemessen. Jedoch wird, wenn die über der weiteren Komponente 36 anliegende elektrische Spannung größer als ein bestimmter Wert ist, aufgrund der Verschaltung, die nach Art eines sogenannten "active clampings" ist, der Halbleiterschalter 24 im Wesentlichen unverzüglich elektrisch leitfähig geschaltet, sodass eine Reaktionszeit zum Einschalten des Halbleiterschalters 24 verringert ist. Aufgrund der Verschaltung der Steuereinheit 26 kann dabei die über der weiteren Komponente 36 anfallende elektrische Spannung ermittelt werden, sodass beispielsweise die Regelung erfolgen kann. Zumindest jedoch ist es möglich, den Stromfluss über den Halbleiterschalter 24 in Abhängigkeit der elektrischen Kenngröße 20 einzustellen.

[0078] In Figur 5 ist eine erste Ausgestaltungsform der weiteren Komponente 36 dargestellt. Diese ist als ohmscher Widerstand ausgebildet und weist somit einen konstanten elektrischen Widerstand auf. Hierbei ist es möglich, den Stromsensor 38 in die weitere Komponente 36 zu integrieren, sodass es sich um einen Shunt handelt, mittels dessen insbesondere der über den Hauptstrompfad 14 geführte elektrische Strom gemessen werden kann wird. Bei dieser Variante wird die elektrische Kenngröße 20 vorzugsweise bei geöffnetem Halbleiterschalter 24 erfasst, und der Halbleiterschalter 24 wird geschlossen, wenn die elektrische Kenngröße 20 den zweiten Schwellwert erreicht.

[0079] In den Figuren 6 und 7 ist jeweils eine weitere Ausgestaltungsform der weiteren Komponente 36 dargestellt. Beide Male ist die weitere Komponente 36 ein Schaltelement 60, wobei in Figur 6 das Schaltelement 60 ein Halbleiterschalter, wie ein MOSFET, ist. In Figur 7 ist das Schaltelement 60 und somit auch die weitere

Komponente 36 als mechanischer Schalter ausgestaltet. Hierbei ist es möglich, dass der mechanische Schalter, der insbesondere nach Art eines Relais ausgebildet ist, separat von dem Trennelement 16 ist. Jedoch ist es auch möglich, Schaltelement 60 und das Trennelement 16 mittels einer gemeinsamen Baueinheit bereitzustellen, nämlich eines Doppelschalters, sodass bei Betrieb das Trennelement 16 und die weitere Komponente 36 im Wesentlichen gleichzeitig betätigt werden.

[0080] Bei den dargestellten Varianten wird das Schaltelement 60 bei Durchführung des Verfahrens 28 derart angesteuert, dass eine bestimmte elektrische Kenngröße 20 erreicht wird, nämlich dass die elektrische Kenngröße 20 eine Mindestspannung nicht unterschreitet. Beispielsweise wird hierfür der mechanische Schalter derart angesteuert, dass über diesen ein weiterer Lichtbogen beim Öffnen entsteht.

[0081] Bei den in Figur 8 und 9 dargestellten Varianten weist die weitere Komponente 36 jeweils das Schaltelement 60 auf, das als Halbleiterschalter oder als mechanischer Schalter ausgebildet ist. Das jeweilige Schaltelement 60 ist jeweils mit einem vierten Widerstand 62, einem Kondensator 64 sowie einer zweiten Zenerdiode 66 überbrückt. Mittels dieser wird sichergestellt, dass die über der weiteren Komponente 36 anfallende elektrische Spannung, also die elektrische Kenngröße 20, stets einen Mindestwert aufweist. Bei einer Verwendung einer derartigen weiteren Komponente 6 sind der erste bzw. zweite Schwellwert entsprechend angepasst.

[0082] In Figur 10 ist eine weitere Ausgestaltungsform des Hybridschalters 10 dargestellt, wobei die weitere Komponente 36 als Schaltelement 60 ausgestaltet ist, das mechanisch mit dem Trennelement 16 zu einem Doppelschalter zusammengefasst sind. Auch ist wiederum die Störschutzbeschaltung 44 vorhanden, die nicht abgewandelt ist. Der Nebenstrompfad 22 mit dem Halbleiterschalter 24 ist weiterhin vorhanden, wobei der Steuereingang 42 des Halbleiterschalters 24 über eine der Reihenschaltungen 48 mit dem einen der Ausgänge 12 elektrisch kontaktiert ist, nämlich dem, der auch mit dem Hilfsstrompfad 40 kontaktiert ist. Parallel zu dieser Reihenschaltung 48 ist sowohl ein fünfter Widerstand 68 als auch ein zweiter Kondensator 70 geschaltet. Der Hilfsstrompfad 40 weist lediglich einen sechsten Widerstand 72 auf, mittels dessen die weitere Komponente 36 überbrückt ist, und mittels dessen somit die darüber mindestens abfallende elektrische Spannung vorgegeben wird.

[0083] Der Steuereingang 42 des Halbleiterschalters 24 ist auch weiterhin über eine der Reihenschaltungen 48 sowie über den zweiten Widerstand 56, die elektrisch in Reihe geschaltet sind, gegen den Hauptstrompfad 14 zwischen dem Trennelement 16 und der weiteren Komponente 36 geführt. Optional ist der Steuereingang 42 über eine der Reihenschaltungen 48 sowie den dritten Widerstand 58 gegen den verbleibenden Anschluss 12 geführt.

[0084] Bei dieser Variante des Hybridschalters 10 ist die Steuereinheit 26 nicht als separate Einheit vorhanden.

den, sondern mittels der Verschaltung gebildet. Auch ist eine Energiequelle 46 nicht erforderlich und weggelassen. Sobald das Trennelement 16 geöffnet wird, wird dabei auch die weitere Komponente 36, also das Schaltelement 60, geöffnet. Aufgrund der Verschaltung des Steuereingangs 42 des Halbleiterschalters 24 mit zumindest einem der Anschlüsse 12 nach Art eines sogenannten "active clampings" liegt an dem Steuereingang 42 eine elektrische Spannung an, sodass der Halbleiterschalter 24 elektrisch leitend ist. Mittels des sechsten Widerstands 72 wird diese zumindest teilweise vorgegeben und verändert sich in Abhängigkeit der über dem Schaltelement 60 anfallende elektrische Spannung, die die elektrische Kenngröße 20 darstellt. Mit anderen Worten erfolgt aufgrund der Verschaltung eine Regelung der elektrischen Kenngröße 20 auf den Soll-Wert, wobei diese zumindest teilweise mittels des sechsten Widerstands 72 vorgegeben ist. Somit wird eine Variante des Verfahrens 28 aufgrund der Verschaltung durchgeführt.

[0085] In Figur 11 ist eine weitere Ausgestaltungsform des Hybridschalters 10 vereinfacht dargestellt, der den sich zwischen den Anschlüssen 12 erstreckenden Hauptstrompfad 14 aufweist, zu dem parallel der Nebestrompfad 22 mit dem Halbleiterschalter 24 geschaltet ist. Die Störschutzbeschaltung 44 ist nicht dargestellt und in einer nicht näher dargestellten Variante weggelassen. Auch ist die Steuereinheit 26 nicht gezeigt. In den Hauptstrompfad 14 ist eine erste Spule 74 eingebracht, die elektrisch in Reihe mit dem Trennelement 16 geschaltet ist. Die erste Spule 74 ist induktiv mit einer zweiten Spule 76 gekoppelt, wobei die beiden Spulen 74, 76 Bestandteil eines gemeinsamen Transformators 78 sind. Aufgrund der induktiven Kopplung wird bei einem elektrischen Wechselstrom durch eine der beiden Spulen 74, 76 in der anderen der beiden Spule 74, 76 eine Wechselspannung induziert. Mit anderen Worten handelt sich bei den beiden Spulen 74, 76 um elektrische Spulen, die jeweils mittels eines elektrischen Leiters gebildet sind, der auf einen gemeinsamen weichmagnetischen Kern gewickelt ist, sodass die induktive Kopplung realisiert ist.

[0086] Die zweite Spule 74 ist ein Bestandteil eines Schwingkreises 80, der galvanisch von dem Strompfad 14 und dem Nebestrompfad 22 getrennt ist, und der eine Kapazität 82 in Form eines Kondensators aufweist. Der Schwingkreis 80 ist mittels einer Kontrolleinheit 84 betrieben, mittels derer der Schwingkreis 80 in Eigenresonanz gehalten wird, die anhand der zweiten Spule 76 sowie der Kapazität 82 vorgegeben wird. Hierbei wird mittels der Kontrolleinheit 84 eine entsprechende Wechselspannung an die Kapazität 82 bzw. 2. Spule 76 angelegt, die der Eigenfrequenz des Schwingkreises 80 entspricht. Auch werden mittels der Kontrolleinheit 84 elektrische Verluste ausgeglichen, die sich aufgrund einer verschlechterten Güte des Schwingkreises 80 ergeben. Mit anderen Worten wird mittels der Kontrolleinheit 84 sichergestellt, dass die bei Betrieb in dem Schwingkreis 80 vorhandene Energie stets gleich ist, unabhängig von den Verlusten des Schwingkreises 80.

[0087] Bei Durchführung des Verfahrens 28 wird in dem ersten Arbeitsschritt 30 das Trennelement 16 geöffnet und der Halbleiterschalter 24 geschlossen. Somit entsteht zunächst der Lichtbogen 32, der nachfolgend erlischt. Aufgrund des Lichtbogens 32 befindet sich in dem Trennelement 16 ionisiertes Gas, sodass der Hauptstrompfad 14 auch weiterhin eine (elektrische) Leitfähigkeit aufweist. Mittels der Kontrolleinheit 84 wird in dem zweiten Arbeitsschritt 32 angefangen den Schwingkreis 80 zu betreiben, sodass darin ein Wechselstrom fließt, weswegen in der ersten Spule 74 eine elektrische Wechselspannung induziert wird. Solange der Hauptstrompfad 14 noch eine elektrische Leitfähigkeit aufweist, führt die induzierte elektrische Wechselspannung zu einem Stromfluss in dem Hauptstrompfad 14, und in der ersten Spule 74 gespeicherte elektrische Energie wird ausgekoppelt. Diese stammt aus dem Schwingkreis 80. Mit anderen Worten fließt elektrische Energie aus dem Schwingkreis 80. Somit ist die Güte des Schwingkreises 80 vergleichsweise gering, und mittels der Kontrolleinheit 84 wird eine vergleichsweise große Energiemenge erneut in den Schwingkreis 80 eingeleitet, damit diese einen konstanten Energiegehalt aufweist.

[0088] Die nachgeführte Energie korrespondiert zu dem in den Hauptstrompfad 14 induzierten elektrischen Strom und wird als die elektrische Kenngröße 20 herangezogen. Mit anderen Worten wird als elektrische Kenngröße der in den Hauptstrompfad 14 induzierte elektrische Strom herangezogen. Hierbei ist die Kontrolleinheit 84 und der Schwingkreis 80 derart aufgebaut, dass die maximal nachgeführte elektrische Energie, auch bei maximaler elektrischer Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14, geringer als ein 1 W ist, sodass die bei Betrieb des Hybridschalters 10 insgesamt auftretenden elektrischen Verluste vergleichsweise gering sind.

[0089] Wenn die Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14 nachlässt, ist der sich aufgrund der in der ersten Spule 74 induzierten Wechselspannung ergebende elektrische Strom verringert, weswegen die aus dem Schwingkreis 80 ausgekoppelt Energie ebenfalls verringert ist. Falls der Hauptstrompfad 14 überhaupt keine elektrische Leitfähigkeit mehr aufweist, beträgt dabei der in den Hauptstrompfad 14 induzierte elektrische Strom im Wesentlichen 0 A, und mittels der Kontrolleinheit 84 werden lediglich in dem Schwingkreis 80 selbst auftretende elektrische Verluste ausgeglichen.

[0090] Die elektrische Kenngröße 20 wird mit dem auf diesen Anwendungsfall angepassten ersten Schwellwert verglichen. Hierbei ist der erste Schwellwert derart angepasst, dass bei Unterschreiten des ersten Schwellwerts durch die elektrische Kenngröße 20 die elektrische Leitfähigkeit des Hauptstrompfads 14 derart gering ist, dass bei einem Öffnen des Halbleiterschalters 24 kein erneutes Zünden des Lichtbogens 32 erfolgt. Jedoch ist der Hauptstrompfad 14 noch geringfügig leitfähig, weswegen das Unterschreiten bereits vergleichsweise zügig nach dem ersten Arbeitsschritt 30 erfolgt. In dem zweiten Arbeitsschritt 32 wird daher der Halbleiterschalter 24 ge-

öffnet, wenn die elektrische Kenngröße 20 den ersten Schwellwert unterschreitet.

[0091] Bei einer Alternativ wird in den Hauptstrompfad 14 bei geöffnetem Halbleiterschalter 24, also wenn der Lichtbogen 32 besteht, der elektrische Strom induziert und dies als Kenngröße 20 herangezogen. Da über den Hauptstrompfad 14 bereits ein elektrischer Strom fließt ist die Sättigung des Kerns des Transformators 78 verändert, sodass, je nach Stromflussrichtung in dem Schwingkreis 80 eine Auskopplung von elektrischer Energie erfolgt. Wenn die elektrische Kenngröße 20 den hierauf angepassten zweiten Schwellwert unterschreitet, wird der Halbleiterschalter 24 geschlossen, sodass der elektrische Stromfluss von dem Hauptstrompfad 14 auf den Nebenstrompfad 22 kommutiert. Anschließend wird der Halbleiterschalter 24 erneut geöffnet. Der zweite Schwellwert ist dabei derart angepasst, dass der Lichtbogen 32 nicht erneut zündet.

[0092] In Figur 12 ist ein Schaltkreis dieser Variante des Hybridschalters 10 dargestellt, wobei im Wesentlichen der Schwingkreis 80 sowie die Kontrolleinheit 84 dargestellt sind. Die Kontrolleinheit 84 wird über die Energiequelle 46 mit elektrischer Spannung versorgt. Es sind drei Transistoren 86 vorhanden, die derart mit einem ersten Kontrollwiderstand 88 und einem zweiten Kontrollwiderstand 90 verschaltet sind, dass ein elektrischer Strom, der durch den ersten Kontrollwiderstand 88 fließt auch durch den zweiten Kontrollwiderstand 90 fließen muss. Dabei sind zwei der Transistoren 86 und der zweite Kontrollwiderstand 90 elektrisch in Reihe zwischen die beiden Potentiale der Energiequelle 46 geschaltet. Der verbleibenden Transistor 86, der erste Kontrollwiderstand 88 und eine Kontrollkapazität 91 sind elektrisch in Reihe ebenfalls zwischen die beiden Potentiale der Energiequelle 46 geschaltet.

[0093] Somit ist der Spannungsfall über den zweite Kontrollwiderstand 90 proportional zu dem Ladestrom der Kapazität 82. Diese Spannung wird durch einen RC-Filter geglättet, der parallel zu den beiden elektrisch in Reihe geschalteten Transistoren 86 geschaltet ist, und der aus einem dritten Kondensator 92 und einem siebten Widerstand 94 besteht. Die geglättete Spannung wird an den Sensoreingang eines Spannungsreglers 96 weitergegeben, der sperrt, sobald die gemessene Spannung über 2,5V steigt, und der elektrisch in Reihe mit einem achten Widerstand 98 zwischen die beiden Potentiale der Energiequelle 46 geschaltet ist.

[0094] Zwischen die beiden Potentiale der Energiequelle 46 ist zudem eine elektrische Reihenschaltung aus einem neunten Widerstand 100 und einem vierten Kondensator 102 geschaltet, zu dem parallel eine dritte Zenerdiode 104 geschaltet ist. Über den neunten Widerstand 100 wird bei Betrieb der vierte Kondensator 102 geladen, wobei die Ladespannung mittels der dritten Zenerdiode 104 begrenzt ist. Die Ladespannung liegt aufgrund der Verschaltung an dem Gate eines ersten MOSFETs 106 und an dem Gate eines zweiten MOSFETs 108 an. Sofern die elektrische Spannung an Source des

jeweiligen MOSFETs 106, 108 geringer als am jeweiligen Gate ist, ist der jeweilige MOSFET 106, 108 niederohmig.

[0095] Parallel zu der Kontrollkapazität 91 ist sowohl eine Reihenschaltung aus einer dritten Spule 110 und einem dritten MOSFET 112 aus auch eine Reihenschaltung aus einer vierten Spule 114 und einem vierten MOSFET 116 geschaltet. Zwischen die dritte Spule 110 und die vierte Spule 114 sowie zwischen den dritten MOSFET 112 und den vierten MOSFET 114 ist der Schwingkreis 80 geschaltet.

[0096] Parallel zu dem dritten MOSFET 112 ist eine elektrische Reihenschaltung aus einem fünften Kondensator 118 und einem zehnten Widerstand 120 geschaltet. Der fünfte Kondensator 118 ist mittels einer zweiten Diode 122 überbrückt, über die die dritte Spule 110 mit dem ersten MOSFET 106 elektrisch kontaktiert ist. Der erste MOSFET 106 ist über einen elften Widerstand 124 gegen das Gate des vierten MOSFET 116 geführt. Parallel zu dem vierten MOSFET 116 ist eine elektrische Reihenschaltung aus einem sechsten Kondensator 126 und einem zwölften Widerstand 128 geschaltet. Der sechste Kondensator 126 ist mittels einer dritten Diode 130 überbrückt, über die die vierte Spule 114 mit dem zweiten MOSFET 108 elektrisch kontaktiert ist. Der zweite MOSFET 108 ist über einen dreizehnten Widerstand 132 gegen das Gate des dritten MOSFET 112 geführt.

[0097] Das Gate des dritten MOSFETs 112 ist über eine elektrische Reihenschaltung aus dem dreizehnten Widerstand 132 und einer vierten Zenerdiode 134 mit einem der elektrischen Potentiale der Energiequelle 46 kontaktiert. Über eine elektrische Reihenschaltung aus dem dreizehnten Widerstand 132, einem vierzehnten Widerstand 136 und dem neunten Widerstand 100 ist das Gate des dritten MOSFETs 112 mit dem anderen elektrischen Potential der Energiequelle 46 kontaktiert.

[0098] Das Gate des vierten MOSFETs 116 ist über eine elektrische Reihenschaltung aus dem elften Widerstand 124 und einer fünften Zenerdiode 138 mit einem der elektrischen Potentiale der Energiequelle 46 kontaktiert. Über eine elektrische Reihenschaltung aus dem elften Widerstand 124, einem fünfzehnten Widerstand 140 und dem neunten Widerstand 100 ist das Gate des vierten MOSFETs 116 mit dem anderen elektrischen Potential der Energiequelle 46 kontaktiert.

[0099] Folglich wird die elektrische Spannung über den Schwingkreis 80 mittels des fünften Kondensators 118 und des sechsten Kondensator 126 sowie den ersten und zweiten MOSFET 106, 108 auf den dritten und vierten MOSFET 112, 116 geschaltet. Dies ermöglicht es, den dritten und vierten MOSFET 112, 116 nahe deren Spannungsnulldurchgang zu schalten und somit die Schaltverluste gering zu halten.

[0100] Die vierte und fünfte Spule 110, 114 verhindern einen Kurzschluss, wenn der dritte und vierte MOSFET 112, 116 durchschalten und führen die aufgenommene Energie erneut dem Schwingkreis 80 zu. Da die Zweige über den fünften Kondensator 118 und den sechsten Kondensator 126 kapazitiv angeschlossen sind, wird ein

dauerhaftes Durchsteuern des dritten und vierten MOSFETs 112, 116 sicher vermieden. Ein sicheres Sperren des dritten und vierten MOSFETs 112, 116 wird mittels der zweiten bzw. dritten Diode 122, 130 gewährleistet. Um ein Anschwingen der Schaltung sicherzustellen, werden die Gates des dritten und vierten MOSFETs 112, 116 mittels des jeweiligen Spannungsteilers aus dem zwölften und vierzehnten Widerstand 128, 136 bzw. dem zehnten und fünfzehnten Widerstand 120, 140 mit in etwa deren jeweiliger Threshold-Spannung vorgeladen. Infolgedessen arbeiten der dritte und vierte MOSFETs 112, 116 nach Art eines Verstärkers, bis der Schwingkreis 80 dessen Betriebsspannung erreicht hat.

[0101] Die dem Schwingkreis 80 zugeführte Energie wird der Kontrollkapazität 91 entnommen, der über den ersten Kontrollwiderstand 88 nachgeladen wird. Da neben einem Grundbedarf maßgeblich die Güte/Belastung des Schwingkreises 80 die Energieaufnahme bedingt, kann über die Stromaufnahme direkt die elektrische Kenngröße 20 ermittelt werden. Der erste Kontrollwiderstand 88 dient der Begrenzung der Leistungsaufnahme des Schwingkreises 80 und verhindert, dass die Transistoren 86 beschädigt werden. Zusätzlich wird hierdurch ein signifikanten Leistungseintrag über den Transformator 78 auf das in dem Trennelement 16 vorhandene ionisierte Gas und/oder den Lichtbogen 32 unterbunden. Um die Empfindlichkeit zu erhöhen, kann das Wicklungsverhältnis der beiden Spulen 74, 76 angepasst oder die Betriebsspannung des Schwingkreises 80 erhöht werden.

[0102] 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 einzelnen Ausführungsbeispielen beschriebene Einzelmerkmale auch auf andere Weise miteinander kombinierbar, ohne den Gegenstand der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

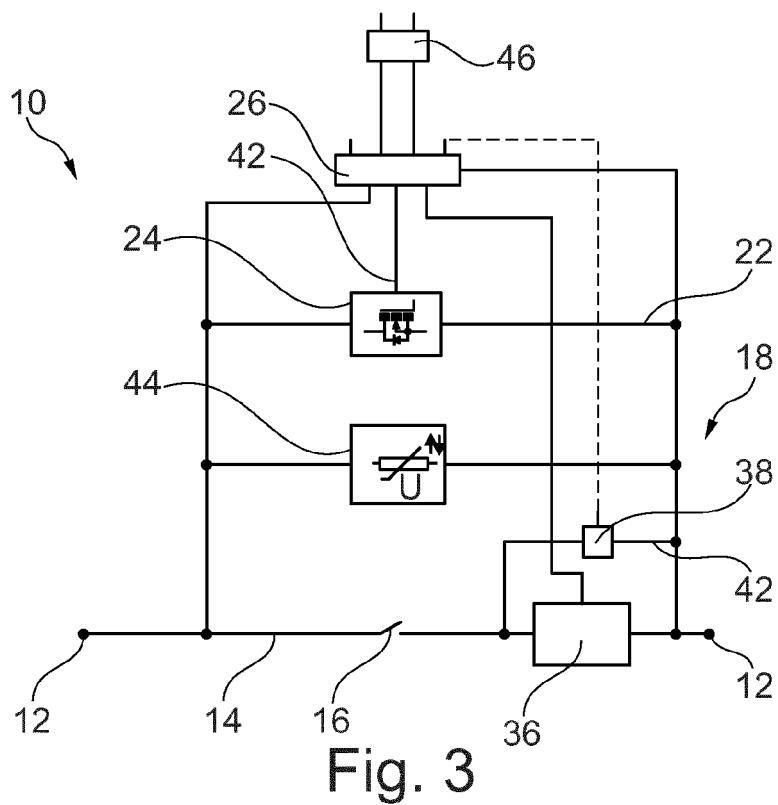
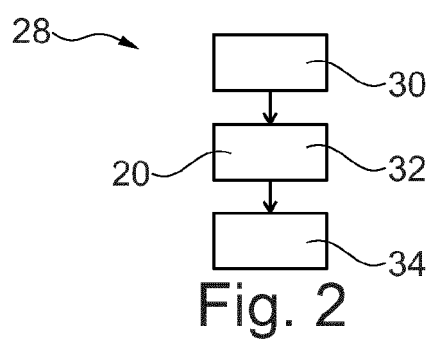
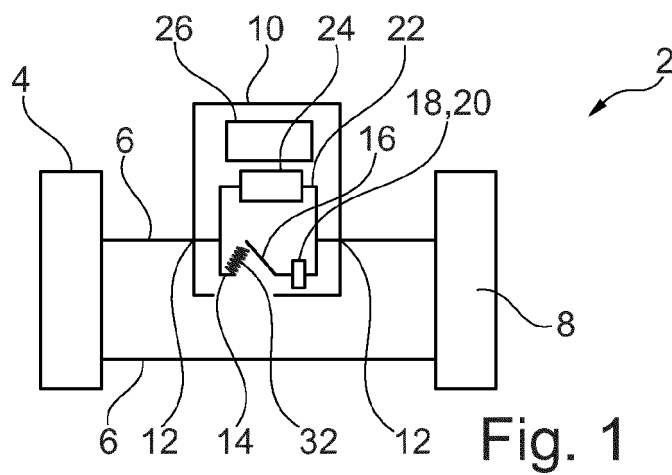
[0103]

2 Stromkreis
4 Stromquelle
6 Leitungen
8 Last
10 Hybridschalter
12 Anschluss
14 Hauptstrompfad
16 Trennelement
18 Einheit
20 elektrische Kenngröße
22 Nebestrompfad
24 Halbleiterschalter
26 Steuereinheit
28 Verfahren

30 erster Arbeitsschritt
32 zweiter Arbeitsschritt
34 dritter Arbeitsschritt
36 weitere Komponente
5 38 Spannungssensor
40 Hilfsstrompfad
42 Steuereingang
44 Störschutzbeschaltung
46 Energiequelle
10 48 Reihenschaltung
50 Diode
52 Zenerdiode
54 erster Widerstand
56 zweiter Widerstand
15 58 dritter Widerstand
60 Schaltelement
62 vierter Widerstand
64 Kondensator
66 zweite Zenerdiode
20 68 fünfter Widerstand
70 zweiter Kondensator
72 sechster Widerstand
74 erste Spule
76 zweite Spule
25 78 Transformator
80 Schwingkreis
82 Kapazität
84 Kontrolleinheit
86 Transistor
30 88 erster Kontrollwiderstand
90 zweiter Kontrollwiderstand
91 Kontrollkapazität
92 dritter Kondensator
94 siebter Widerstand
35 96 Spannungsregler
98 achter Widerstand
100 neunter Widerstand
102 vierter Kondensator
104 dritte Zenerdiode
40 106 erster MOSFET
108 zweiter MOSFET
110 dritte Spule
112 dritter MOSFET
114 vierte Spule
45 116 vierter MOSFET
118 fünfter Kondensator
120 zehnter Widerstand
122 zweite Diode
124 elfter Widerstand
50 126 sechster Kondensator
128 zwölfter Widerstand
130 dritte Diode
132 dreizehnter Widerstand
134 vierte Zenerdiode
55 136 vierzehnter Widerstand
138 fünfte Zenerdiode
140 fünfzehnter Widerstand

Patentansprüche

1. Verfahren (28) zum Betrieb eines Hybridschalters (10), der einen Hauptstrompfad (14) mit einem Trennelement (16) und einen parallel zu dem Hauptstrompfad (14) geschalteten Nebenstrompfad (22) mit einem Halbleiterschalter (26) aufweist, bei welchem
 - das Trennelement (16) geöffnet wird, 10
 - eine elektrische Kenngröße (20) des Hauptstrompfads (14) ermittelt wird,
 - ein Stromfluss über den Halbleiterschalter (24) in Abhängigkeit der Kenngröße (20) eingestellt wird. 15
2. Verfahren (28) nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
dass mittels Einstellung des Stromflusses die elektrische Kenngröße (20) auf einen Soll-Wert geregelt wird. 20
3. Verfahren (28) nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrische Kenngröße (20) bei geschlossenem Halbleiterschalter (24) erfasst wird, und dass in Abhängigkeit eines Vergleichs der elektrischen Kenngröße (20) mit einem ersten Schwellwert der Halbleiterschalter (24) geöffnet wird. 25
 30
4. Verfahren (28) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
dadurch gekennzeichnet,
dass die elektrische Kenngröße (20) bei geöffnetem Halbleiterschalter (24) erfasst wird, und dass der Halbleiterschalter (24) geschlossen wird, wenn die elektrische Kenngröße (20) einen zweiten Schwellwert erreicht. 35
5. Verfahren (28) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, 40
dass als elektrische Kenngröße (20) eine über eine elektrisch in Reihe mit dem Trennelement (16) geschaltete weitere Komponente (36) des Hauptstrompfads (14) anfallende elektrische Spannung herangezogen wird. 45
6. Verfahren (28) nach Anspruch 5,
dadurch gekennzeichnet,
dass als weitere Komponente (36) ein Schaltelement (60) verwendet wird, das zum Erreichen einer bestimmten elektrischen Kenngröße (20) angesteuert wird. 50
7. Verfahren (28) nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet, 55
dass als elektrische Kenngröße (20) ein in den Hauptstrompfad (14) induzierter elektrischer Strom herangezogen wird.
8. Hybridschalter (10), der einen Hauptstrompfad (14) mit einem Trennelement (16) und einen parallel zu dem Hauptstrompfad (14) geschalteten Nebenstrompfad (22) mit einem Halbleiterschalter (24) aufweist, und der gemäß einem Verfahren (28) nach einem der Ansprüche 1 bis 7 betrieben ist.



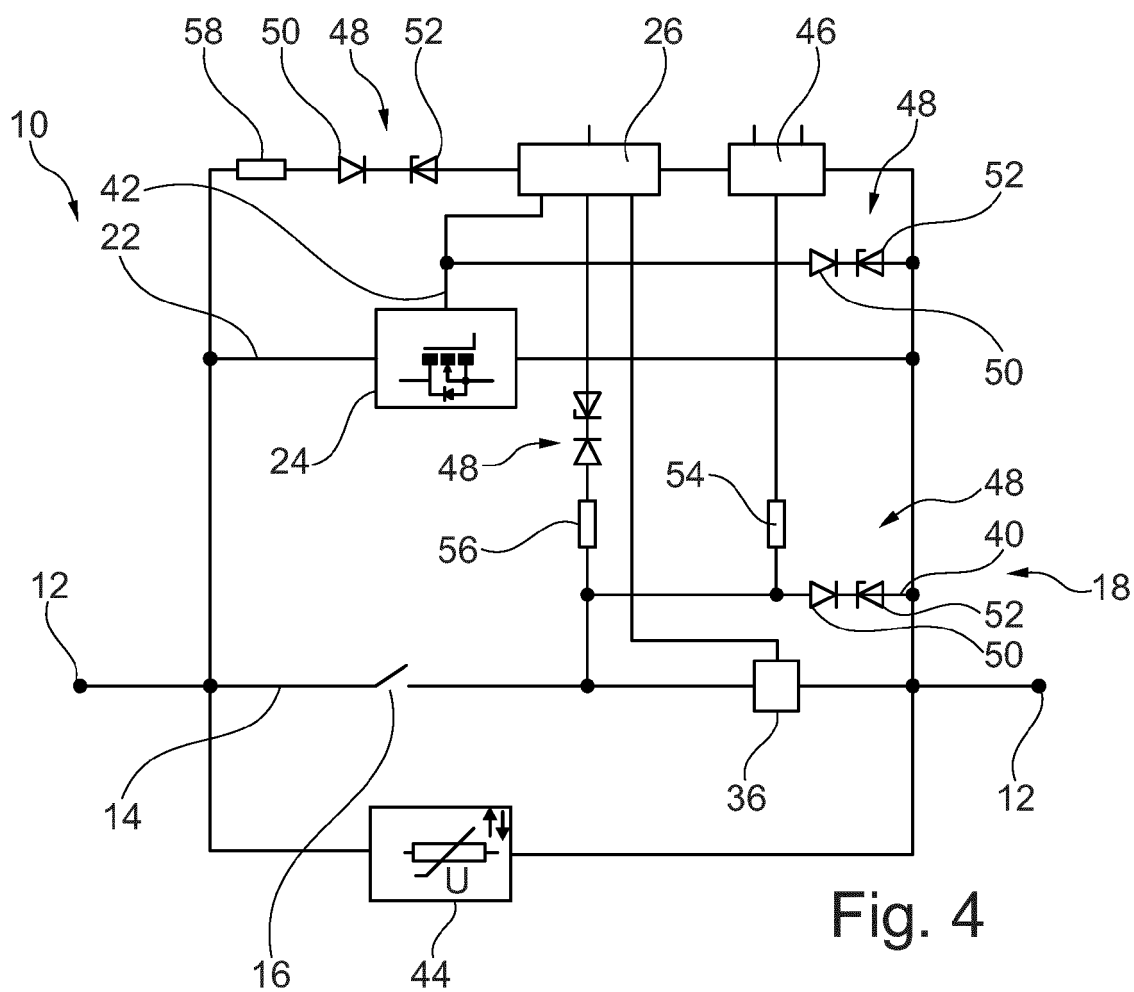


Fig. 4

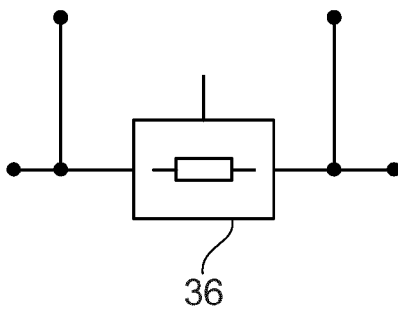


Fig. 5

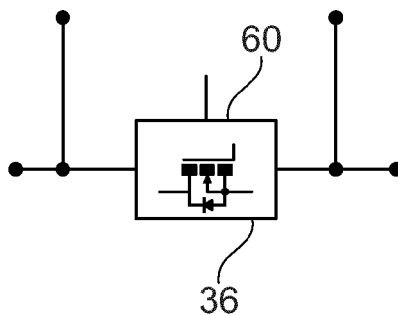


Fig. 6

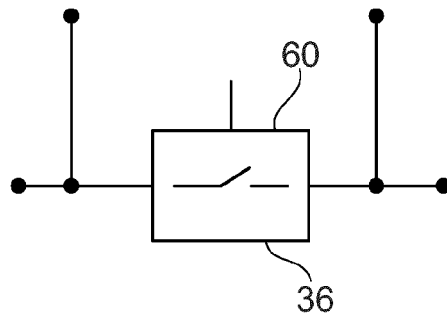


Fig. 7

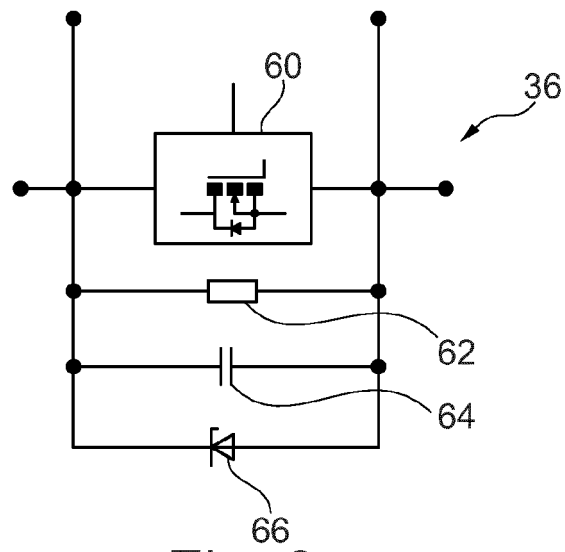


Fig. 8

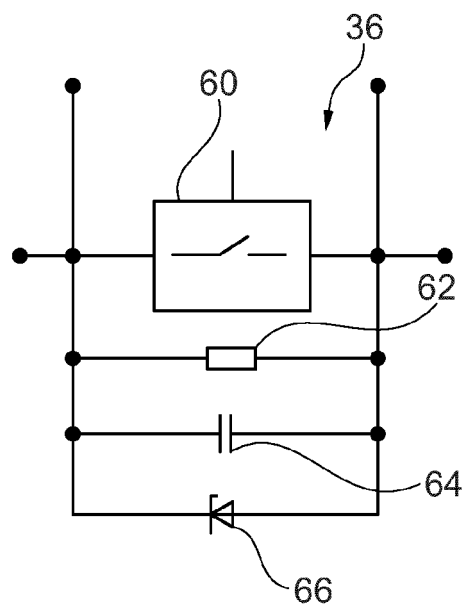
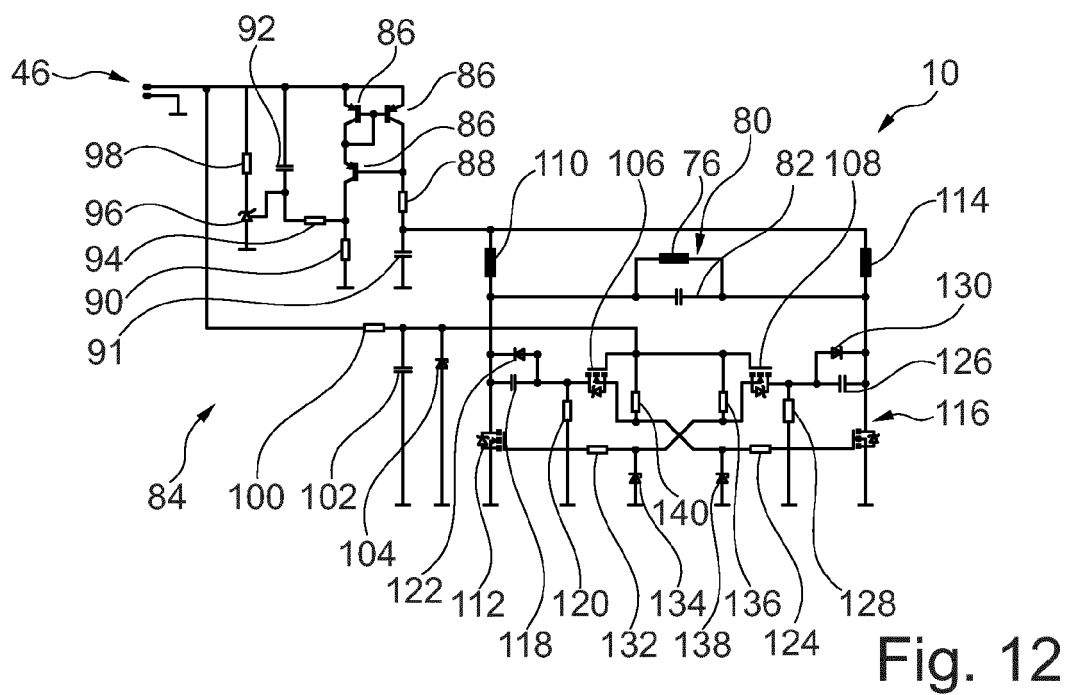
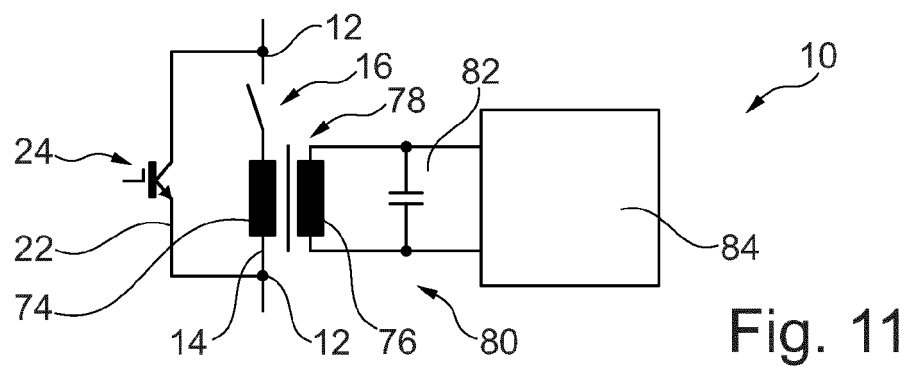
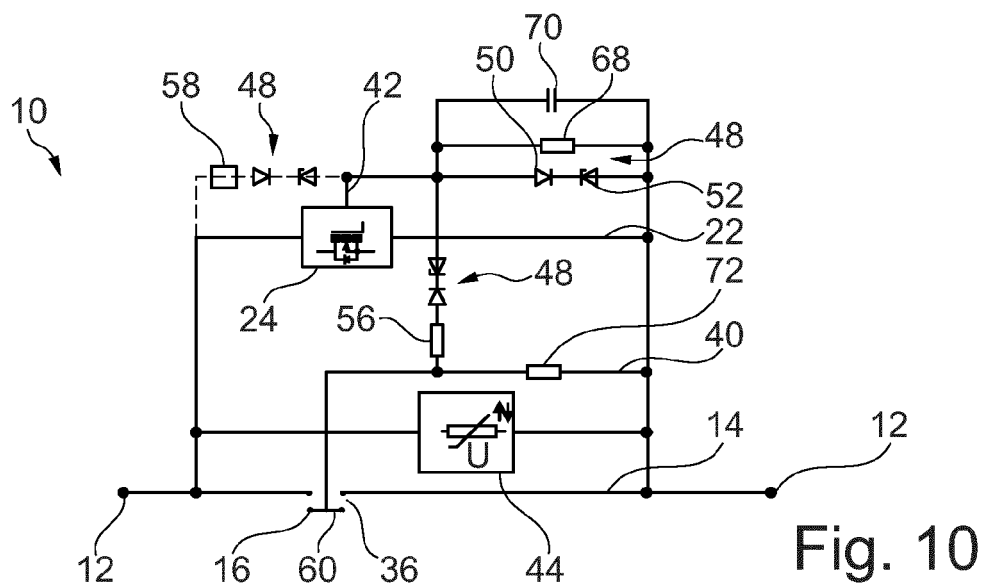


Fig. 9





EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 24 16 7531

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 | US 2010/254046 A1 (LIU ZHENNING [CA] ET AL) 7. Oktober 2010 (2010-10-07) | 1-6,8 | INV. H01H9/54 |
| A | * Absätze [0018], [0027], [0038], [0039]; Abbildungen 1,3 * ----- | 7 | |
| A,D | WO 2010/108565 A1 (ELLENBERGER & POENSGEN [DE]; NAUMANN MICHAEL [DE] ET AL.) 30. September 2010 (2010-09-30) * das ganze Dokument * ----- | 1-8 | |
| | | | RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC) |
| | | | H01H |
| Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt | | | |
| Recherchenort München | | Abschlußdatum der Recherche 29. Juli 2024 | Prüfer Simonini, Stefano |
| 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 | |

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

EP 24 16 7531

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.

29-07-2024

| 10 | Im Recherchenbericht angeführtes Patentedokument | | Datum der Veröffentlichung | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|----|---|---------------|-------------------------------|-----------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| | US | 2010254046 A1 | 07-10-2010 | EP | 2254134 A1 | 24-11-2010 |
| | | | | US | 2010254046 A1 | 07-10-2010 |
| 15 | WO | 2010108565 A1 | 30-09-2010 | AU | 2010227893 A1 | 28-07-2011 |
| | | | | BR | PI1012338 A2 | 29-03-2016 |
| | | | | CA | 2752895 A1 | 30-09-2010 |
| | | | | CN | 102349124 A | 08-02-2012 |
| 20 | | | | DE | 202009004198 U1 | 12-08-2010 |
| | | | | EP | 2411990 A1 | 01-02-2012 |
| | | | | ES | 2401777 T3 | 24-04-2013 |
| | | | | HR | P20130321 T1 | 31-05-2013 |
| | | | | IL | 213866 A | 30-04-2013 |
| | | | | JP | 5469236 B2 | 16-04-2014 |
| 25 | | | | JP | 2012521620 A | 13-09-2012 |
| | | | | KR | 20110129979 A | 02-12-2011 |
| | | | | PL | 2411990 T3 | 28-06-2013 |
| | | | | PT | 2411990 E | 18-03-2013 |
| | | | | RU | 2011134639 A | 27-04-2013 |
| 30 | | | | SG | 174124 A1 | 28-10-2011 |
| | | | | TN | 2011000306 A1 | 17-12-2012 |
| | | | | US | 2012007657 A1 | 12-01-2012 |
| | | | | WO | 2010108565 A1 | 30-09-2010 |
| | | | | ZA | 201103651 B | 25-01-2012 |
| 35 | ----- | | | | | |
| 40 | | | | | | |
| 45 | | | | | | |
| 50 | | | | | | |
| 55 | | | | | | |

EPO FORM P0461

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

- WO 2010108565 A1 [0002]