



(10) **DE 10 2013 213 602 A1** 2015.01.15

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2013 213 602.1**

(22) Anmeldetag: **11.07.2013**

(43) Offenlegungstag: **15.01.2015**

(51) Int Cl.: **H01H 33/59 (2006.01)**

(71) Anmelder:
Siemens Aktiengesellschaft, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Jänicke, Lutz-Rüdiger, 15831 Mahlow, DE;
Teichmann, Jörg, 14624 Dallgow-Döberitz, DE;
Weisker, Jan, 14656 Brieselang, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

EP 2 523 204 A1
WO 2009/ 149 749 A1

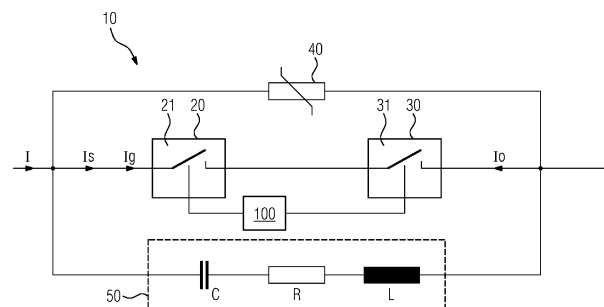
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Gleichstromschalteinrichtung**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung bezieht sich u. a. auf eine Gleichstromschalteinrichtung (10) zum Schalten von Gleichströmen (I), insbesondere Gleichströmen im Kiloamperebereich, mit einer Schalteinheit, einem Schwingkreis (50) und einem Spannungsableiter (40), wobei der Schwingkreis (50) beim Ausschalten der Schalteinheit einen oszillierenden Schwingstrom (I_o) erzeugt, der sich mit dem während des Ausschaltens noch durch die Schalteinheit fließenden Gleichstrom (I_s) überlagert.

Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass mit der Schalteinheit, nachfolgend erste Schalteinheit (20) genannt, eine zweite Schalteinheit (30) in Reihe geschaltet ist, deren Schaltverhalten sich von dem der ersten Schalteinheit (20) unterscheidet, und der Schwingkreis (50) und der Ableiter (40) elektrisch parallel zu dieser Reihenschaltung liegen.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf eine Gleichstromschalteinrichtung zum Schalten von Gleichströmen, insbesondere Gleichströmen in kA-Bereich, mit den Merkmalen gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

[0002] Eine derartige Gleichstromschalteinrichtung ist aus der europäischen Patentschrift EP 2 221 845 B1 bekannt. Diese Gleichstromschalteinrichtung weist eine Schalteinheit, einen Schwingkreis und einen Spannungsableiter auf. Der Schwingkreis erzeugt beim Ausschalten der Schalteinheit einen oszillierenden Schwingstrom, der sich mit dem während des Ausschaltens noch durch die Schalteinheit fließenden Gleichstrom unter Bildung eines oszillierenden Überlagerungsstromes überlagert. Der Überlagerungsstrom wird bei einem Nulldurchgang abgeschaltet. Zur Steuerung der Anregung des Schwingkreises ist eine Steuereinrichtung vorgesehen.

[0003] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Gleichstromschalteinrichtung anzugeben, die einen besonders einfachen Aufbau aufweist und ein besonders schnelles Abschalten des Gleichstroms ermöglicht.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine Gleichstromschalteinrichtung mit den Merkmalen gemäß Patentanspruch 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der erfindungsgemäßen Gleichstromschalteinrichtung sind in Unteransprüchen angegeben.

[0005] Danach ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mit der Schalteinheit, nachfolgend erste Schalteinheit genannt, eine zweite Schalteinheit in Reihe geschaltet ist, deren Schaltverhalten sich von dem der ersten Schalteinheit unterscheidet, und der Schwingkreis und der Ableiter elektrisch parallel zu dieser Reihenschaltung liegen.

[0006] Ein wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Gleichstromschalteinrichtung ist darin zu sehen, dass aufgrund der Unterschiedlichkeit des Schaltverhaltens der Schalteinheiten eine Arbeitsteilung dergestalt möglich ist, dass die erste Schalteinheit den Schwingkreis zum vollständigen Aufschwingen anregt und die zweite Schalteinheit den sich ergebenden Überlagerungsstrom beim Nulldurchgang abschaltet. Mit anderen Worten lässt sich also eine der Schalteinheiten gezielt für die Anregung des Schwingkreises und die andere Schalteinheit gezielt für das Abschalten des Überlagerungsstroms einsetzen.

[0007] Ein weiterer wesentlicher Vorteil der erfindungsgemäßen Gleichstromschalteinrichtung ist dar-

in zu sehen, dass eine separate Steuereinrichtung, wie sie bei der vorbekannten Gleichstromschalteinrichtung zum Ansteuern des Schwingkreises vorhanden ist, nicht erforderlich ist.

[0008] Besonders einfach und damit vorteilhaft lässt sich ein unterschiedliches Schaltverhalten der ersten und zweiten Schalteinheit erreichen, wenn es auf unterschiedlichen physikalischen Effekten in Schaltkammern der Schalteinheiten beruht.

[0009] Um ein besonders schnelles Anregen des Schwingkreises durch die erste Schalteinheit zu erreichen, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die erste Schalteinheit beim Ausschalten des Gleichstromes eine größere Lichtbogenbrennspannung als die zweite Schalteinheit erzeugt.

[0010] Relativ hohe Lichtbogenbrennspannungen weisen beispielsweise Isoliergasschalteinheiten auf, so dass es als vorteilhaft angesehen wird, wenn die erste Schalteinheit eine Isoliergasschalteinheit ist.

[0011] Vorzugsweise enthält die erste Schalteinheit als Isoliergas SF₆ oder ein SF₆-haltiges Gasgemisch.

[0012] Bezüglich der zweiten Schalteinheit wird es als vorteilhaft angesehen, wenn diese derart ausgestaltet ist, dass sie Ströme mit größerer Stromsteilheit beim Nulldurchgang als die erste Schalteinheit schalten kann. Wie bereits erwähnt, dient die zweite Schalteinheit vorzugsweise zum Ausschalten des durch die Reihenschaltung der beiden Schalteinheiten fließenden Stroms.

[0013] Schalter mit der Eigenschaft, auch große Stromsteilheiten beim Nulldurchgang sicher schalten zu können, sind beispielsweise Vakuumschalteinheiten, so dass es als vorteilhaft angesehen wird, wenn die zweite Schalteinheit eine Vakuumschalteinheit ist.

[0014] Besonders vorteilhaft ist es, wenn das unterschiedliche Schaltverhalten der beiden Schalteinheiten auf unterschiedlichen Gasfüllungen (unterschiedlich z. B. im Hinblick auf Gasdruck und/oder Gaszusammensetzung) in den Schaltkammern der Schalteinheiten beruht. Demgemäß wird es als besonders vorteilhaft angesehen, wenn die erste Schalteinheit eine Isoliergasschalteinheit und die zweite Schalteinheit eine Vakuumschalteinheit ist.

[0015] Zum Antreiben der beiden Schalteinheiten kann ein gemeinsamer Antrieb vorgesehen werden.

[0016] Ein unterschiedliches Schaltverhalten der beiden Schalteinheiten lässt sich darüber hinaus auch dadurch erreichen, dass die beiden Schalteinheiten zeitlich versetzt geöffnet werden. Demgemäß ist bei einer besonders vorteilhaften Ausgestal-

zung der Gleichstromschalteinrichtung vorgesehen, dass diese eine Verzögerungseinrichtung aufweist, die beim Ausschalten des Gleichstromes die zweite Schalteinheit zeitlich nach der ersten Schalteinheit öffnet.

[0017] Eine solche Verzögerungseinrichtung kann beispielsweise ein Getriebe aufweisen oder durch ein Getriebe gebildet sein, das zwischen der zweiten Schalteinheit und dem die beiden Schalteinheiten antreibenden Antrieb der Gleichstromschalteinrichtung geschaltet ist.

[0018] Alternativ oder zusätzlich kann die Verzögerungseinrichtung auf einem Federsprungmechanismus basieren, der zwischen die zweite Schalteinheit und den Antrieb geschaltet ist und während oder nach dem Ausschalten der ersten Schalteinheit gespannt wird und zum Ausschalten der zweiten Schalteinheit freigegeben wird.

[0019] Hinsichtlich der Verzögerungsdauer der Verzögerungseinrichtung wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die Verzögerungsdauer und die Eigenfrequenz des Schwingkreises derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Ausschalten der zweiten Schalteinheit erst dann begonnen wird, wenn die Amplitude des oszillierenden Schwingstroms einen Wert von mindestens 75% des auszuschaltenden Gleichstromes aufweist, und/oder erst nach einer Zeitspanne begonnen wird, die mindestens das Dreifache der Eigenfrequenz des Schwingkreises beträgt. Als Zeitpunkt des Ausschaltens wird hier der Zeitpunkt der Trennung der Schaltkontakte der jeweiligen Schalteinheit angesehen.

[0020] Die Erfindung bezieht sich darüber hinaus auf ein Verfahren zum Abschalten eines Gleichstromes, insbesondere eines Gleichstromes im kA-Bereich, bei dem eine Schalteinheit ausgeschaltet wird und ein Lichtbogen erzeugt wird, mit der an dem Lichtbogen auftretenden Lichtbogenspannung ein Schwingkreis angeregt wird und ein oszillierender Schwingstrom erzeugt wird, der sich mit dem während des Ausschaltens noch durch die erste Schalteinheit fließenden Gleichstrom unter Bildung eines Überlagerungsstromes überlagert, und beim Nulldurchgang des Überlagerungsstromes der Überlagerungsstrom abgeschaltet wird und die im Schwingkreis gespeicherte Energie durch einen Ableiter abgebaut wird.

[0021] Bezüglich eines solchen Verfahrens ist erfindungsgemäß vorgesehen, dass mit der Schalteinheit, nachfolgend erste Schalteinheit genannt, eine zweite Schalteinheit in Reihe geschaltet ist, deren Schaltverhalten sich von dem der ersten Schalteinheit unterscheidet, und das Abschalten des durch die Reihenschaltung der beiden Schalteinheiten fließenden Überlagerungsstromes beim Nulldurchgang durch die zweite Schalteinheit erfolgt.

[0022] Bezüglich der Vorteile des erfindungsgemäßen Verfahrens sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit der erfindungsgemäßen Gleichstromschalteinrichtung verwiesen, da die Vorteile der erfindungsgemäßen Gleichstromschalteinrichtung denen des erfindungsgemäßen Verfahrens entsprechen.

[0023] Um ein besonders schnelles Abschalten hoher Gleichströme zu erreichen, wird es als vorteilhaft angesehen, wenn die erste Schalteinheit beim Ausschalten des Gleichstromes eine größere Lichtbogenbrennspannung als die zweite Schalteinheit erzeugt und die zweite Schalteinheit oszillierende Ströme mit größerer Stromsteilheit beim Nulldurchgang als die erste Schalteinheit schalten kann.

[0024] Vorzugsweise beruht das Schaltverhalten der ersten und zweiten Schalteinheit während des Ausschaltens auf unterschiedlichen physikalischen Effekten in Schaltkammern der Schalteinheiten.

[0025] Alternativ oder zusätzlich kann vorgesehen sein, dass das unterschiedliche Schaltverhalten der beiden Schalteinheiten darauf beruht, dass die zweite Schalteinheit verzögert nach der ersten Schalteinheit geöffnet wird.

[0026] Bezüglich der Verzögerung wird es als vorteilhaft angesehen, wenn das Ausschalten der zweiten Schalteinheit erst dann begonnen wird, wenn die Amplitude des oszillierenden Schwingstroms einen Wert von mindestens 75% des auszuschaltenden Gleichstromes aufweist, und/oder erst nach einer Zeitspanne begonnen wird, die mindestens das Dreifache der Eigenfrequenz des Schwingkreises beträgt.

[0027] Um ein schnelles Abschalten der zweiten Schalteinheit nach Anregung des Schwingkreises durch die erste Schalteinheit zu gewährleisten, wird es als besonders vorteilhaft angesehen, wenn während oder nach dem Ausschalten der ersten Schalteinheit ein Federsprungmechanismus gespannt wird und das Ausschalten der zweiten Schalteinheit erfolgt, indem der gespannte Federsprungmechanismus freigegeben wird.

[0028] Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert; dabei zeigen beispielhaft:

[0029] Fig. 1 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Gleichstromschalteinrichtung, bei der das unterschiedliche Schaltverhalten zweier Schalteinheiten auf unterschiedlichen physikalischen Effekten in Schaltkammern der Schalteinheiten beruht,

[0030] Fig. 2 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Gleichstromschalteinrichtung, bei der

die beiden Schalteinheiten durch einen gemeinsamen Antrieb angetrieben werden, und

[0031] Fig. 3 ein Ausführungsbeispiel für eine erfindungsgemäße Gleichstromschalteinrichtung, bei der eine Verzögerungseinrichtung vorhanden ist, die beim Ausschalten des Gleichstroms die erste Schalteinheit vor der zweiten Schalteinheit öffnet.

[0032] In den Figuren werden der Übersicht halber für identische oder vergleichbare Komponenten stets dieselben Bezugszeichen verwendet.

[0033] Die Fig. 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Gleichstromschalteinrichtung **10**, bei der eine erste Schalteinheit **20** und eine zweite Schalteinheit **30** in Reihe geschaltet sind. Parallel zu der Reihenschaltung aus der ersten Schalteinheit **20** und der zweiten Schalteinheit **30** sind ein Spannungsableiter **40** sowie ein Schwingkreis **50** geschaltet. Der Schwingkreis **50** kann beispielsweise durch einen Kondensator C, einen Widerstand R und eine Induktivität L gebildet sein.

[0034] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 werden zum Abschalten eines Gleichstroms I, insbesondere eines Gleichstroms im kA-Bereich, die beiden Schalteinheiten **20** und **30** gleichzeitig, zumindest näherungsweise gleichzeitig, geöffnet. Das Öffnen der beiden Schalteinheiten **20** und **30** kann durch individuelle, in der Fig. 1 nicht gezeigte Antriebe erfolgen, die der jeweiligen Schalteinheit individuell zugeordnet sind.

[0035] Die erste Schalteinheit **20** und die zweite Schalteinheit **30** sind hinsichtlich ihres Schaltverhaltens unterschiedlich, wobei das unterschiedliche Schaltverhalten beim Abschalten auf unterschiedlichen physikalischen Effekten in den Schaltkammern **21** und **31** der beiden Schalteinheiten **20** und **30** beruht.

[0036] Nachfolgend wird beispielhaft davon ausgegangen, dass es sich bei der ersten Schalteinheit **20** um eine Isoliergasschalteinheit, deren Schaltkammer **21** mit SF₆-Isoliergas oder einem SF₆-haltigen Isoliergasgemisch gefüllt ist, und bei der zweiten Schalteinheit **30** um eine Vakuumschalteinheit handelt.

[0037] Aufgrund des in der Schaltkammer **21** der ersten Schalteinheit **20** vorhandenen Isoliergases wird die erste Schalteinheit **20** beim Ausschalten des Gleichstroms I eine größere Lichtbogenbrennspannung als die zweite Schalteinheit **30** erzeugen, bei der in der Schaltkammer **31** kein Isoliergas vorhanden ist, sondern Vakuum herrscht. Die an der ersten Schalteinheit **20** abfallende Lichtbogenbrennspannung führt zu einem relativ schnellen Anschwingen des Schwingkreises **50**, so dass dieser einen oszillierenden Schwingstrom I_o erzeugen und in die Rei-

henschaltung aus den beiden Schalteinheiten **20** und **30** einspeisen wird. Der oszillierende Schwingstrom I_o überlagert sich mit dem während des Ausschaltens durch die Reihenschaltung fließenden Gleichstromes I_s, wodurch ein Überlagerungsstrom I_g gebildet wird.

[0038] Sobald der Überlagerungsstrom I_g durch den Einfluss des oszillierenden Schwingstroms I_o einen Nulldurchgang aufweist, wird die zweite Schalteinheit **30** den Überlagerungsstrom I_g abschalten. Ein solches Abschalten wird die zweite Schalteinheit ohne Weiteres gewährleisten können, weil sie aufgrund des Vakuums in der Schaltkammer **31** im Unterschied zu der ersten Schalteinheit **20** besonders gut geeignet ist, auch Ströme mit besonders großer Stromsteilheit beim Nulldurchgang abzuschalten.

[0039] Zusammengefasst dient die erste Schalteinheit **20** also dazu, den Schwingkreis **50** möglichst schnell anzuregen, um einen oszillierenden Schwingstrom I_o in die Reihenschaltung aus der ersten Schalteinheit **20** und der zweiten Schalteinheit **30** einzuspeisen, und die zweite Schalteinheit **30** dient dazu, den durch die Überlagerung mit dem oszillierenden Schwingstrom I_o gebildeten Überlagerungsstrom I_g beim Nulldurchgang trotz hoher Stromsteilheit abzuschalten.

[0040] Die Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Gleichstromschalteinrichtung, die vom Aufbau her im Wesentlichen der Gleichstromschalteinrichtung gemäß Fig. 1 entspricht. Auch die Gleichstromschalteinrichtung **10** gemäß Fig. 2 weist eine erste Schalteinheit **20** in Form einer Isoliergasschalteinheit und eine zweite Schalteinheit **30** in Form einer Vakuumschalteinheit auf. Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 werden die beiden Schalteinheiten **20** und **30** durch einen gemeinsamen Antrieb **100** ein- bzw. ausgeschaltet.

[0041] Bei dem Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 erfolgt das Ausschalten eines Gleichstroms I durch die beiden Schalteinheiten **20** und **30** durch den Antrieb **100** vorzugsweise gleichzeitig, zumindest näherungsweise gleichzeitig. Hinsichtlich der Arbeitsweise der Gleichstromschalteinrichtung **10** gemäß Fig. 2 sei auf die obigen Ausführungen im Zusammenhang mit der Gleichstromschalteinrichtung **10** gemäß Fig. 1 verwiesen, die hier entsprechend gelten.

[0042] Die Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine Gleichstromschalteinrichtung **10**, bei der die erste Schalteinheit **20** vorzugsweise durch eine Isoliergasschalteinheit und die zweite Schalteinheit **30** durch eine Vakuumschalteinheit gebildet ist. Ein Antrieb **100** dient dazu, die beiden Schalteinheiten **20** und **30** ein- oder auszuschalten.

[0043] Im Unterschied zu dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 2** ist bei der Gleichstromschalteinrichtung **10** gemäß **Fig. 3** eine zusätzliche Verzögerungseinrichtung **110** vorhanden, die beim Ausschalten des Gleichstroms **I** die zweite Schalteinheit **30** erst nach der ersten Schalteinheit **20** öffnet.

Io	Schwingstrom
Is	Strom
L	Induktivität
R	Widerstand

[0044] Die Verzögerungseinrichtung **110** kann ein Getriebe aufweisen oder durch ein Getriebe gebildet sein, das zwischen der zweiten Schalteinheit **30** und dem Antrieb **100** geschaltet ist. Vorzugsweise weist die Verzögerungseinrichtung einen Federsprungmechanismus auf, der während oder nach dem Ausschalten der ersten Schalteinheit **20** gespannt wird und zum Ausschalten der zweiten Schalteinheit **30** freigegeben wird.

[0045] Das Ausschalten der zweiten Schalteinheit **30** beginnt vorzugsweise erst dann, wenn die Amplitude des oszillierenden Schwingstroms **Io** einen Wert von mindestens 75 % des auszuschaltenden Gleichstroms **I** aufweist und/oder erst nach einer Zeitspanne begonnen wird, die mindestens das Dreifache der Eigenfrequenz des Schwingkreises **50** aufweist.

[0046] Durch das verzögerte Ausschalten der zweiten Schalteinheit **30** wird unterstützt, dass durch den an der ersten Schalteinheit **20** beim Ausschalten auftretenden Lichtbogen eine Lichtbogenbrennspannung entsteht, mit der der Schwingkreis **50** besonders schnell angeregt wird. Das Ausschalten der zweiten Schalteinheit **30** erfolgt dann erst, wenn durch den oszillierenden Schwingstrom **Io** sichergestellt ist, dass ein Nulldurchgang, der ein Ausschalten durch die zweite Schalteinheit **30** erlaubt, auch tatsächlich auftreten kann.

[0047] Obwohl die Erfindung im Detail durch bevorzugte Ausführungsbeispiele näher illustriert und beschrieben wurde, so ist die Erfindung nicht durch die offenbarten Beispiele eingeschränkt und andere Variationen können vom Fachmann hieraus abgeleitet werden, ohne den Schutzzumfang der Erfindung zu verlassen.

Bezugszeichenliste

10	Gleichstromschalteinrichtung
20	erste Schalteinheit
21	Schaltkammer
30	zweite Schalteinheit
31	Schaltkammer
40	Spannungsableiter
50	Schwingkreis
100	Antrieb
110	Verzögerungseinrichtung
C	Kondensator
I	Gleichstrom
Ig	Überlagerungsstrom

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- EP 2221845 B1 [0002]

Patentansprüche

1. Gleichstromschalteinrichtung (10) zum Schalten von Gleichströmen (I), insbesondere Gleichströmen im Kiloamperebereich, mit

- einer Schalteinheit,
- einem Schwingkreis (50) und einem
- Spannungsableiter (40),
- wobei der Schwingkreis (50) beim Ausschalten der Schalteinheit einen oszillierenden Schwingstrom (Io) erzeugt, der sich mit dem während des Ausschaltens noch durch die Schalteinheit fließenden Gleichstrom (Is) überlagert,

dadurch gekennzeichnet, dass

- mit der Schalteinheit, nachfolgend erste Schalteinheit (20) genannt, eine zweite Schalteinheit (30, 20') in Reihe geschaltet ist, deren Schaltverhalten sich von dem der ersten Schalteinheit (20) unterscheidet, und
- der Schwingkreis (50) und der Ableiter (40) elektrisch parallel zu dieser Reihenschaltung liegen.

2. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass das unterschiedliche Schaltverhalten der ersten und zweiten Schalteinheit (20, 30) auf unterschiedlichen physikalischen Effekten in Schaltkammern (21, 31) der Schalteinheiten (20, 30) beruht.

3. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schalteinheit (20) beim Ausschalten des Gleichstromes (I) eine größere Lichtbogenbrennspannung als die zweite Schalteinheit (30) erzeugt.

4. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schalteinheit (20) eine Isoliergasschalteinheit ist.

5. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Schalteinheit (30) derart ausgestaltet ist, dass sie Ströme mit größerer Stromsteilheit beim Nulldurchgang als die erste Schalteinheit (20) schalten kann.

6. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Schalteinheit (30) eine Vakuumschalteinheit ist.

7. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Gleichstromschalteinrichtung (10) eine Verzögerungseinrichtung (110) aufweist, die beim Ausschalten des Gleichstromes (I) die zweite Schalteinheit (30) zeitlich nach der ersten Schalteinheit (20) öffnet.

8. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerungseinrichtung (110) ein Getriebe aufweist oder durch ein Getriebe gebildet ist, das zwischen der zweiten Schalteinheit (30) und einem, die beiden Schalteinheiten (20, 30) antreibenden Antrieb (100) der Gleichstromschalteinrichtung (10) geschaltet ist.

9. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach Anspruch 7 oder 8, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerungseinrichtung (110) einen Federsprungmechanismus aufweist oder durch einen Federsprungmechanismus gebildet ist, der zwischen die zweite Schalteinheit (30) und einen Antrieb (100) der Gleichstromschalteinrichtung (10) geschaltet ist und während oder nach dem Ausschalten der ersten Schalteinheit (20) gespannt wird und zum Ausschalten der zweiten Schalteinheit (30) freigegeben wird.

10. Gleichstromschalteinrichtung (10) nach einem der voranstehenden Ansprüche 7 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Verzögerungsdauer der Verzögerungseinrichtung (110) und die Eigenfrequenz des Schwingkreises (50) derart aufeinander abgestimmt sind, dass das Ausschalten der zweiten Schalteinheit (30) erst dann begonnen wird, wenn die Amplitude des oszillierenden Schwingstroms (Io) einen Wert von mindestens 75% des auszuschaltenden Gleichstromes (I) aufweist, und/oder erst nach einer Zeitspanne begonnen wird, die mindestens das Dreifache der Eigenfrequenz des Schwingkreises (50) beträgt.

11. Verfahren zum Abschalten eines Gleichstromes (I), insbesondere eines Gleichstromes im kA-Bereich, bei dem

- eine Schalteinheit (20) ausgeschaltet wird und ein Lichtbogen erzeugt wird,

– mit der an dem Lichtbogen auftretenden Lichtbogen Spannung ein Schwingkreis (50) angeregt wird und oszillierender Schwingstrom (Io) erzeugt wird, der sich mit dem während des Ausschaltens noch durch die erste Schalteinheit (20) fließenden Gleichstrom (Is) unter Bildung eines Überlagerungsstromes (Ig) überlagert, und

– beim Nulldurchgang des Überlagerungsstromes (Ig) der Überlagerungsstrom (Ig) abgeschaltet wird und die im Schwingkreis (50) gespeicherte Energie durch einen Ableiter (40) abgebaut wird,

dadurch gekennzeichnet, dass

- mit der Schalteinheit, nachfolgend erste Schalteinheit (20) genannt, eine zweite Schalteinheit (30) in Reihe geschaltet ist, deren Schaltverhalten sich von dem der ersten Schalteinheit (20) unterscheidet, und
- das Abschalten des durch die Reihenschaltung der beiden Schalteinheiten (20, 30) fließenden Überlagerungsstromes (Ig) beim Nulldurchgang durch die zweite Schalteinheit (30) erfolgt.

12. Verfahren nach Anspruch 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die erste Schalteinheit (20) beim Ausschalten des Gleichstromes (I) eine größere Lichtbogenbrennspannung als die zweite Schalteinheit (30) erzeugt und die zweite Schalteinheit (30) oszillierende Ströme mit größerer Stromsteilheit beim Nulldurchgang als die erste Schalteinheit (20) schalten kann.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, **dadurch gekennzeichnet**, dass die zweite Schalteinheit (30) verzögert nach der ersten Schalteinheit (20) geöffnet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 13, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Ausschalten der zweiten Schalteinheit (30) erst dann begonnen wird, wenn die Amplitude des oszillierenden Schwingstroms (I_o) einen Wert von mindestens 75% des auszuschaltenden Gleichstromes (I) aufweist, und/oder erst nach einer Zeitspanne begonnen wird, die mindestens das Dreifache der Eigenfrequenz des Schwingkreises (50) beträgt.

15. Verfahren nach einem der voranstehenden Ansprüche 11–14, **dadurch gekennzeichnet**, dass

- während oder nach dem Ausschalten der ersten Schalteinheit (20) ein Federsprungmechanismus gespannt wird und
- das Ausschalten der zweiten Schalteinheit (30) erfolgt, indem der gespannte Federsprungmechanismus freigegeben wird.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

