

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
7. August 2014 (07.08.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/117813 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation:
H03K 17/00 (2006.01) *H01H 9/54* (2006.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/051669
- (22) Internationales Anmeldedatum:
29. Januar 2013 (29.01.2013)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (71) Anmelder: SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) Erfinder: ERGIN, Dominik; Waaggasse 14, 91083
Baierdorf (DE). KNAACK, Hans-Joachim; Lampertsbühl
47, 91054 Erlangen (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,
BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,

KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

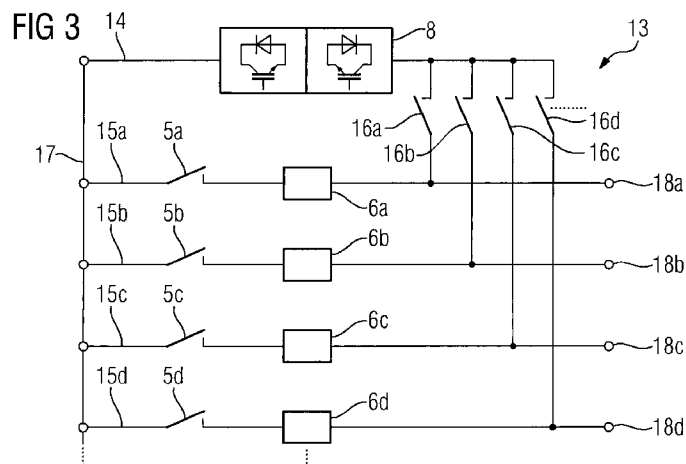
(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: APPARATUS FOR SWITCHING DIRECT CURRENTS IN BRANCHES OF A DC VOLTAGE GRID NODE

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG ZUM SCHALTEN VON GLEICHSTRÖMEN IN ABZWEIGEN EINES
GLEICHSPANNUNGSNETZKNOTENS



(57) Abstract: In order to provide an apparatus (13) for switching direct currents in branches of a DC voltage grid node with a first disconnection branch (14) in which a power switching unit (18) is arranged which has a series circuit comprising two-pole submodules comprising at least one power semiconductor switch (9) which can be switched on and off, an operating current branch (15a) which can be connected in parallel with the disconnection branch (8) and in which a mechanical switch (5) is arranged and which is connectable to a branch of the DC voltage grid node, and commutation means (6) for commutating the direct current from the operating current branch into the disconnection branch, which apparatus can be used, inexpensively, in particular in branches of a DC voltage grid node, it is proposed that at least one further operating current branch (15b) is provided, which can be connected in parallel with the first disconnection branch (15a), wherein each operating current branch (15) can be connected in parallel with the disconnection branch (14) via a paralleling switch (16).

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2014/117813 A1



Um eine Vorrichtung (13) zum Schalten von Gleichströmen in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknötens mit einem ersten Abschaltzweig (14), in dem eine Leistungsschalteinheit (18) angeordnet ist, die eine Reihenschaltung von zweipoligen Submodulen mit wenigstens einem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter (9) aufweist, einem parallel zum Abschaltzweig (8) schaltbaren Betriebsstromzweig (15a), in dem ein mechanischer Schalter (5) angeordnet und der mit einem Abzweig des Gleichspannungsnetzknötens verbindbar ist und mit Kommutierungsmittel (6) zum Kommutieren des Gleichstromes von dem Betriebsstromzweig in den Abschaltzweig, zu schaffen, die insbesondere in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknötens kostengünstig eingesetzt werden kann, wird vorgeschlagen, dass wenigstens ein weiterer Betriebsstromzweig (15b) vorgesehen ist, der dem ersten Abschaltzweig (15a) parallel schaltbar ist, wobei jeder Betriebsstromzweig (15) über einen Parallelschalter (16) dem Abschaltzweig (14) parallel schaltbar ist.

Beschreibung

Vorrichtung zum Schalten von Gleichströmen in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknottens

5

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Schalten von Gleichströmen in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknottens mit einem ersten Abschaltzweig, in dem eine Leistungsschalt-
einheit angeordnet ist, die eine Reihenschaltung von zweipo-
10 ligen Submodulen mit wenigstens einem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter aufweist, einem parallel zum Abschaltzweig schaltbaren Betriebsstromzweig, in dem ein mecha-
nischer Schalter angeordnet und der mit einem Abzweig des Gleichspannungsnetzknottens verbindbar ist und mit Kommutie-
15 rungsmittel zum Kommutieren des Gleichstromes von dem Betriebsstromzweig in den Abschaltzweig.

Eine solche Vorrichtung ist aus der WO 2011/057675 A1 bereits bekannt. Der dort beschriebene Gleichspannungsleistungsschal-
20 ter weist einen Betriebsstrompfad mit einem mechanischen Schalter sowie einen Abschaltzweig auf, der dem Betriebsstrompfad parallel geschaltet ist. In dem Abschaltzweig ist eine Reihenschaltung von Leistungshalbleiterschaltern ange-
ordnet, denen jeweils eine Freilaufdiode gegensinnig parallel
25 geschaltet ist. Die aus Leistungshalbleiterschaltern und Freilaufdiode bestehenden Schalteinheiten sind antiseriell angeordnet, wobei die abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter in Reihe angeordnet sind und für jeden Leistungshalblei-
terschalter ein entsprechender Leistungshalbleiterschalter
30 mit entgegengesetzter Durchlassrichtung vorgesehen ist. Auf diese Art und Weise kann der Strom in beiden Richtungen im Abschaltzweig sowohl geführt als auch unterbrochen werden. Im Betriebsstrompfad ist hingegen neben dem mechanischen Schal-
ter ein im Hinblick auf die Leistungsschalteinheit weniger
35 aufwändiger elektronischer Hilfsschalter in Reihe zum mecha-
nischen Schalter angeordnet. Im Normalbetrieb fließt der Strom über den Betriebsstrompfad und somit über den elektro-
nischen Hilfsschalter sowie den geschlossenen mechanischen

Schalter, da die Leistungshalbleiterschalter des Abschaltzweiges einen im Vergleich zum Betriebsstrompfad erhöhten Widerstand für den Gleichstrom darstellen. Zum Unterbrechen beispielsweise eines Kurzschlussstromes wird der elektronische Hilfsschalter in seine Trennstellung überführt. Hierdurch steigt der Widerstand im Betriebsstrompfad an, so dass der Gleichstrom in den Abschaltzweig kommutiert. Der schnelle mechanische Schalter kann daher stromlos geöffnet werden. Der über den Abschaltzweig geführte Kurzschlussstrom kann durch die Leistungshalbleiterschalter unterbrochen werden. Zur Aufnahme der im Gleichspannungsnetz gespeicherten und beim Schalten abzubauenen Energie sind Ableiter vorgesehen, die den Leistungshalbleiterschaltern des Abschaltzweiges jeweils parallel geschaltet sind.

Der weltweit steigende Energiebedarf und die gleichzeitig gewünschte Verringerung des CO₂-Ausstoßes machen so genannte erneuerbare Energien immer attraktiver. Quellen erneuerbarer Energien sind beispielsweise seeseitig aufgestellte Windkraftanlagen oder aber Photovoltaikkraftanlagen in sonnenreichen Wüstengegenden. Um die so erzeugte Energie ökonomisch nutzen zu können, kommt der Anbindung der erneuerbaren Energiequellen an ein Landversorgungsnetz eine immer größere Bedeutung zu. Vor diesem Hintergrund wird die Errichtung und der Betrieb eines vermaschten Gleichspannungsnetzes immer stärker diskutiert. Voraussetzung hierfür ist jedoch, dass Kurzschlussströme, die in einem solchen vermaschten Gleichspannungsnetz auftreten können, schnell und zuverlässig abgeschaltet werden können.

In der Vergangenheit wurden verschiedene Konzepte für Gleichspannungsleistungsschalter diskutiert. Bei dem gattungsgemäßen Schalterkonzept handelt es sich um ein so genanntes hybrides Schalterkonzept, bei dem die Vorteile von mechanischen und leistungselektronischen Schaltern gemeinsam ausgenutzt werden. Hierbei wird generell zwischen uni- und bidirektionalen Schalterkonzepten unterschieden. Ein unidirektional wirkender Schalter muss Ströme in beide Richtungen führen, aber

nur in einer Schaltung abschalten können, während ein bidirektionaler Schalter Ströme in beiden Richtungen führen und abschalten kann.

- 5 Der eingangs genannten Vorrichtung haftet der Nachteil an, dass diese aufgrund der erforderlichen Leistungselektronik insbesondere bei einer Ausgestaltung als bidirektionaler Schalter kostenintensiv ist. Insbesondere bei einem Einsatz in Netzknotenpunkten, die aus Redundanzgründen oft als Doppelsammelschienensystem realisiert sind, steigen die Kosten
10 weiter an.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art bereitzustellen, die insbesondere in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknottens kostengünstig eingesetzt werden kann.
15

Die Erfindung löst diese Aufgabe dadurch, dass wenigstens ein weiterer Betriebsstromzweig vorgesehen ist, der dem ersten Abschaltzweig parallel schaltbar ist, wobei jeder Betriebsstromzweig über einen Parallelschalter dem Abschaltzweig parallel schaltbar ist.
20

Die Erfindung basiert auf der Idee, dass zum Schalten von Strömen in einem Gleichspannungsnetzknottens mit mehreren Abzweigen es keineswegs notwendig ist, eine der Anzahl der Abzweige entsprechende Anzahl an Gleichspannungsschaltern vorzusehen, wobei jeder Gleichspannungsschalter mit seinem Abschalt- und Betriebsstromzweig ausgerüstet ist. Vielmehr ist es im Rahmen der Erfindung ausreichend, lediglich einen Abschaltzweig bereitzustellen und eine der Anzahl der Abzweige entsprechende Anzahl von Betriebsstromzweigen vorzusehen. Die Betriebsstromzweige sind bei Normalbetrieb beispielsweise nur an einer Stelle mit der Leistungsschalteinheit des Abschaltzweiges verbunden. Erst im Fehlerfall dient ein Parallelschalter, der dem Betriebsstromzweig fest zugeordnet ist, zu dessen Verbindung mit dem Betriebsstromzweig, so dass jede Klemme des mechanischen Schalters des Betriebsstromzweiges
25
30
35

mit einer anderen Klemme der Leistungsschalteinheit des Abschaltzweiges verbunden ist. Mit anderen Worten dient der Parallelschalter zum Parallelschalten des den Fehlerstrom führenden Betriebsstromzweiges mit dem Abschaltzweig. Auf diese Weise kann das dem fehlerbehafteten Betriebsstromzweig zugeordnete Kommutierungsmittel die Kommutierung des Fehlerstromes auf den Abschaltzweig bewirken, so dass die Leistungsschalteinheit, die allen Betriebsstromzweigen gemeinsam ist, das Abschalten des Fehlerstromes vornehmen kann. Erfindungsgemäß ist daher unabhängig von der Anzahl der Abzweige eines Gleichspannungsnetzknosens lediglich eine Leistungsschalteinheit oder zumindest eine reduzierte Anzahl von Leistungsschalteinheiten erforderlich. Die Kosten der erfindungsgemäßen Vorrichtung sind daher erheblich reduziert. Im Betriebsstromzweig sind lediglich ein mechanischer Schalter und gegebenenfalls ein Kommutierungsmittel anzuordnen. Diese beide Bauteile sind wesentlich kostengünstiger als die im Abschaltzweig angeordnete Leistungsschalteinheit, die so dimensioniert ist, dass diese die hohen Leistungen schalten kann, die im Fehlerfall im Bereich der Hochspannungsgleichstromübertragung auftreten können.

Die im Rahmen der Erfindung eingesetzten mechanischen Schalter sind als schnelle Schalter ausgestaltet und weisen vorzugsweise eine Schaltzeit von weniger als 10 Millisekunden aufweisen. Der oder die mechanischen Schalter sind beispielsweise eine Vakuumschaltröhre oder eine Reihenschaltung von Vakuumröhren. Dies gilt beispielsweise für den im Betriebsstromzweig angeordneten mechanischen Schalter. Auch der Parallelschalter kann ein mechanischer Schalter und bevorzugt ein, wie oben beschrieben, schneller mechanischer Schalter sein.

Die Ausgestaltung der Leistungsschalteinheit ist im Rahmen der Erfindung grundsätzlich beliebig. Dies gilt auch für die Kommutierungsmittel. Die Submodule der Leistungsschalteinheit müssen jedoch in der Lage sein, die hohen Fehlerströme sicher abzuschalten und darüber hinaus die dabei frei werdende Ener-

gie kontrolliert abzubauen. Die Kommutierungsmittel sind beispielsweise aktive Kommutierungsmittel und so ausgestaltet, dass sie einen hohen Kreisstrom in der aus dem Abschaltzweig und dem parallelen Betriebsstromzweig gebildeten Masche erzeugen. Dieser Kreisstrom ist dem in dem mechanischen Schalter fließenden Strom entgegengesetzt, so dass dieser nahezu stromlos geöffnet werden kann. Als aktive Kommutierungsmittel kommen beispielsweise zweipolige Submodule in Betracht, die als Voll- oder Halbbrückenschaltung ausgebildet sind. Jedes dieser Submodule weist einen Energiespeicher z.B. in Gestalt eines Kondensators auf, wobei dem Energiespeicher eine oder bei der Vollbrücke zwei Reihenschaltungen von ansteuerbaren Leistungshalbleiterschaltern parallel geschaltet sind. Die Submodulanschlussklemmen sind entweder beide mit dem Potentialpunkt zwischen den Leistungshalbleitern verbunden. Bei der Halbbrückenschaltung liegt jedoch eine Submodulanschlussklemme direkt an einem Pol des unipolaren Energiespeichers an. Die aktiven Kommutierungsmittel können beispielsweise Teil der Leistungsschalteinheit sein, die aus identisch oder unterschiedlich ausgestalteten Submodulen besteht.

Zum Erfassen des Stromflusses ist beispielsweise im Betriebsstromzweig ein Stromsensor vorgesehen. Selbstverständlich kann auch die Spannung im Betriebsstromzweig gegenüber dem Erdpotenzial und/oder die über den Schalter abfallende Spannung überwacht werden. Dies gilt entsprechend auch für den Abschaltzweig. Die Kommutierungsmittel umfassen vorteilhafterweise eine Steuerungs- oder Regelungseinheit, die mit dem Strommesssensor des Betriebsstromzweiges verbunden ist. Die vom Strommesssensor erzeugten Strommesswerte werden an die Regelungseinheit übertragen, welche die empfangenen Strommesswerte auswertet, um festzustellen, ob ein zuvor festgelegtes Eingriffskriterium vorliegt. Ein solches Eingriffskriterium ist beispielsweise ein zu großer Stromanstieg (di/dt) oder wenn die gemessenen Stromwerte einen Stromschwellenwert ein vorgesehenes Zeitfenster lang überschreiten. Grundsätzlich sind jedoch beliebige Verknüpfungen mit weiteren Messwerten von anderen Messgeräten, die beispielsweise in anderen

Gleichspannungsnetzknotten angeordnet sind, oder weitere Kriterien im Rahmen der Erfindung möglich.

Wird ein solches Eingriffskriterium festgestellt, wird das
5 Abschalten des Fehlerstromes in Gang gesetzt. Dies erfolgt beispielsweise durch Öffnen eines elektronischen Hilfsschalters im Betriebsstromzweig als Kommutierungsmittel und des in Reihe hierzu geschalteten mechanischen Schalters, so dass der Strom in die Submodule der Leistungsschalteinheit kommutiert.

10 Vorteilhafterweise weisen die Submodule der Leistungsschalteinheit zumindest teilweise jeweils einen ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter und eine gegensinnig parallel hierzu geschaltete Freilaufdiode auf. Alternativ hierzu
15 kann jedes Submodul auch einen einzigen rückwärts leitfähigen Leistungshalbleiterschalter aufweisen. Als Leistungshalbleiterschalter kommen beispielsweise IGBTs, GTOs oder dergleichen in Betracht. In der Regel weist ein Leistungshalbleiterschalter mehrere in einem Gehäuse angeordnete Leistungshalbleiterschalterchips auf. Zur Verbindung der Lastanschlüsse der Leistungshalbleiterschalterchips dienen beispielsweise Bonddrähte. Abweichend hiervon können jedoch auch druckkontaktierte Leistungshalbleiterschalter im Rahmen der Erfindung eingesetzt werden, bei denen die Leistungshalbleiterschalter-
20 chips lastanschlussseitig über eine Druckkontaktierung miteinander verbunden sind. Solche Leistungshalbleiterschalter sind dem Fachmann jedoch bekannt, so dass auf deren Ausgestaltung hier nicht genauer eingegangen zu werden braucht.

30 Gemäß einer bevorzugten Weiterbildung der Erfindung bilden die Submodule der Leistungshalbleitereinheit zwei Gruppen mit jeweils gleich orientierten Durchlassrichtungen ihrer Leistungshalbleiterschalter aus, wobei die Leistungshalbleiterschalter der einen Gruppe entgegengesetzt zu den Leistungshalbleiterschaltern der anderen Gruppe orientiert sind. Gemäß
35 dieser vorteilhaften Weiterentwicklung ist ein bidirektionaler Schalter bereitgestellt. Ein bidirektionaler Schalter kann den Strom nicht nur in beiden Richtungen führen, sondern

auch in beiden Richtungen sicher abgeschalten. Fließt der Strom in die erste Richtung, werden die Leistungshalbleiterschalter der ersten Gruppe angesteuert, deren Durchlassrichtung der Richtung des zu schaltenden Stromes entspricht.

- 5 Fließt der Strom in die entgegengesetzte zweite Richtung, kommen die Leistungshalbleiterschalter der zweiten Gruppe zum Einsatz, wohingegen die erste Gruppe den Strom mittels ihrer Freilaufdioden nur führen kann.
- 10 Gemäß einer hiervon abweichenden Ausgestaltung der Erfindung ist es auch möglich, dass die Submodule jeweils einen Energiespeicher aufweisen und über eine Leistungshalbleiterschaltung verfügen, die gemeinsam eine so genannte Halbbrücken- oder Vollbrückenschaltung ausbilden. Bei einer Halbbrückenschaltung ist dem Energiespeicher, beispielsweise einem Kon-
- 15 densator, eine Reihenschaltung aus zwei Leistungshalbleiterschaltern parallel geschaltet. Eine Submodulanschlussklemme des zweipoligen Submoduls ist mit dem Potenzialpunkt zwischen den Leistungshalbleiterschaltern der Reihenschaltung verbunden, während die andere Submodulanschlussklemme direkt mit
- 20 einem der Pole des Energiespeichers verbunden ist. Bei einer Vollbrückenschaltung sind zwei Reihenschaltungen von jeweils zwei Leistungshalbleiterschaltern vorgesehen, wobei eine Submodulanschlussklemme mit dem Potenzialpunkt zwischen den
- 25 Leistungshalbleiterschaltern der ersten Reihenschaltung und die zweite Submodulanschlussklemme mit dem Potenzialpunkt zwischen den Leistungshalbleiterschaltern der zweiten Reihenschaltung verbunden ist. Die Vollbrückenschaltung weist somit insgesamt vier Leistungshalbleiterschalter auf, während
- 30 die Halbbrückenschaltung mit zwei Leistungshalbleiterschaltern auskommt. Die Vollbrückenschaltung kann jedoch an den beiden Submodulanschlussklemmen entweder die an dem Energiespeicher abfallende Energiespeicherspannung, eine Nullspannung oder im Gegensatz zur Halbbrückenschaltung auch die in-
- 35 verse Energiespeicherspannung erzeugen. Sind die Submodule der Leistungsschalteinheit jeweils als Halbbrückenschaltung ausgestaltet, ist eine Orientierung der Halbbrückenschaltung in dem Sinne vorzunehmen, dass der Strom in der gewünschten

Richtung wirksam und zuverlässig abgeschaltet werden kann. Entsprechende Überlegungen sind bei der symmetrischen Vollbrückenschaltung nicht notwendig.

- 5 Zweckmäßigerweise weist die Leistungsschalteinheit Varistoren und/oder Ableiter in Parallelschaltung zu wenigstens einem Submodul auf. Die Varistoren oder Ableiter oder vergleichbare nichtlineare Widerstände übernehmen den Abbau der im Netz gespeicherten und beim Schalten frei werdenden Energie.
- 10 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung weist jeder Betriebsstromzweig ein in diesem angeordnetes Kommutierungsmittel auf. Ein solches Kommutierungsmittel ist beispielsweise ein elektronischer Leistungshalbleiterschalter, der jedoch nur
- 15 für geringe Spannungen ausgelegt und somit im Vergleich zur Leistungsschalteinheit kostengünstig ist. Der im Betriebsstromzweig angeordnete Leistungshalbleiterschalter wird daher hier als elektronischer Hilfsschalter bezeichnet.
- 20 Zweckmäßigerweise ist der Abschaltzweig über eine erste Sammelschiene mit jedem Betriebsstromzweig verbunden. Die Sammelschiene bildet in diesem Fall den eigentlichen Netzknoten aus, von dem die mit den Abzweigen verbindbaren Betriebsstromzweige abgehen. Ströme können daher von dem einen Ab-
- 25 zweig über den ersten Betriebsstromzweig und die Sammelschiene in den zweiten Betriebsstromzweig und somit in den zweiten Abzweig fließen.
- 30 Gemäß einer bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung ist jedoch eine zweite Sammelschiene vorgesehen, die über Ersatzbetriebsstromzweige mit jedem Betriebsstromzweig verbunden ist. Die Ersatzbetriebsstromzweige sind wie die Betriebsstromzweige aufgebaut und weisen daher ebenfalls einen mechanischen Schalter und vorteilhafterweise in Reihe zu dem besagten
- 35 Schalter ein Kommutierungsmittel in Gestalt eines elektronischen Hilfsschalters auf, der jedoch keine großen Spannungen halten kann, sondern lediglich zur Kommutierung des Stromes dient. Der besagte mechanische Schalter ist vorteilhafterwei-

se ein schneller mechanischer Schalter mit einer Schaltzeit von weniger als 10 Millisekunden. Hierbei kann es sich um eine Reihenschaltung von Vakuumschaltern oder -röhren handeln. Die zweite Sammelschiene ist aus Sicherheitsgründen und zu Wartungszwecken vorgesehen. Jeder Ersatzbetriebsstromzweig ist an einem Ersatzbetriebsstromverzweigungspunkt mit dem jeweiligen Betriebsstromzweig verbunden. Der mechanische Schalter und gegebenenfalls der elektronische Hilfsschalter jedes Betriebsstromzweiges sind zwischen der ersten Sammelschiene und dem Ersatzbetriebsstromverzweigungspunkt angeordnet. Die Ersatzbetriebsstromzweige sind zweckmäßigerweise mit einem Ersatzparallelschalter mit dem gleichen Abschaltzweig verbindbar, wie der Betriebsstromzweig, dem der besagte Ersatzbetriebsstromzweig zugeordnet ist. Auch der Ersatzparallelschalter ist vorteilhafterweise ein mechanischer Schalter und insbesondere ein schneller mechanischer Schalter.

Gemäß einer diesbezüglichen Weiterentwicklung sind die erste Sammelschiene und die zweite Sammelschiene jeweils über einen Sammelschienenenschalter mit dem ersten Abschaltzweig verbunden. Sind beide Sammelschienen mit dem Abschaltzweig verbunden, müssen zum Schalten der zugeordnete Parallelschalter und der zugeordnete Ersatzparallelschalter geschlossen werden.

Abweichend hiervon ist es möglich, dass ein zweiter Abschaltzweig vorgesehen ist, wobei jeder Betriebsstromzweig über einen mechanischen Ersatzparallelschalter mit dem zweiten Abschaltzweig verbindbar ist.

Im Rahmen der Erfindung kann es vorteilhaft sein, dass der erste und der zweite Abschaltzweig mit der gleichen Sammelschiene verbunden sind.

Weitere Vorteile können sich ergeben, wenn der erste Abschaltzweig und der zweite Abschaltzweig über eine Anordnung mechanischer Schalter und Überbrückungszweige durch Öffnen und Schließen der mechanischen Schalter so miteinander verknüpfbar sind, dass ihre Leistungsschalteinheiten wahlwei-

se gleich- oder gegensinnig in Reihe oder parallel geschaltet sind. Die mechanischen Schalter dieser Anordnung sind bevorzugt schnelle mechanische Schalter mit Schaltzeiten von weniger als 10 ms.

5

Weitere zweckmäßige Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung unter Bezug auf die Figuren der Zeichnung, wobei gleiche Bezugszeichen auf gleich wirkende Bauteile verweisen und wobei

10

Figur 1 eine vorbekannte Vorrichtung zum Schalten von Gleichströmen,

15

Figur 2 einen Gleichspannungsnetzknotten mit zwei Abzweigen, in denen jeweils eine Vorrichtung gemäß Figur 1 angeordnet ist,

20

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

25

Figur 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Figur 6 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

30

Figur 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Figur 8 eine Anordnung von mechanischen Schaltern und Überbrückungszweigen gemäß Figur 7 genauer,

35

Figur 9 mögliche Strompfade über die in Figur 8 gezeigte Anordnung und

Figur 10 die Vorrichtung gemäß Figur 3 mit einem Ladungswiderstand zeigen.

5 Figur 1 zeigt einen Gleichspannungsleistungsschalter 1 gemäß dem Stand der Technik. Der Gleichspannungsleistungsschalter 1 weist zwei Anschlussklemmen 2 und 3 auf, mit denen dieser seriell in einen nicht gezeigten Pol eines Gleichspannungsnetzes schaltbar ist. Zwischen den Gleichspannungsklemmen 2 und
10 3 erstreckt sich ein Betriebsstromzweig 4, in dem ein mechanischer Schalter 5 angeordnet ist. In Reihe zum mechanischen Schalter 5 ist ein elektronischer Hilfsschalter 6 geschaltet. Der Betriebsstromzweig 4 wird von einem Abschaltzweig 7 überbrückt, in dem eine Leistungsschalteinheit 8 angeordnet ist.
15 Wie in der Figur schematisch angedeutet ist, verfügt die Leistungsschalteinheit 8 über eine Reihenschaltung von Submodulen, wobei jedes Submodul einen ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter 9 in Gestalt eines IGBTs und eine gegensinnig parallel dazu geschaltete Freilaufdiode 10 aufweist. Dabei bilden die Submodule zwei Gruppen mit jeweils
20 gleich orientierten Durchlassrichtungen ihrer Leistungshalbleiterschalter aus. Die Leistungshalbleiterschalter 9 der einen Gruppe sind entgegengesetzt zu den Leistungshalbleiterschaltern 9 der anderen Gruppe orientiert. In Figur 1 ist für
25 jede Gruppe nur ein Leistungshalbleiterschalter in Gestalt eines IGBTs 9 dargestellt. Aufgrund der antiseriellen Anordnung der beiden Gruppen ist es möglich, Strom in beiden Richtungen über den Abschaltzweig 7 sowohl zu führen als auch zu schalten. Wäre nur eine der dargestellten Gruppen von Submo-
30 dulen vorhanden, könnte der Strom zwar in beiden Richtungen über den Abschaltzweig 7 geführt, jedoch nur in einer Richtung abgeschaltet werden.

Die Leistungsschalteinheit 8 verfügt ferner über figürlich
35 nicht dargestellte Ableiter, die den Submodulen parallel geschaltet sind. Die Ableiter dienen zum Schutz der Submodule vor zu hohen Spannungen und zum Abbau der beim Schalten frei werdenden und im Netz gespeicherten Energie.

Zum Schalten eines Fehlerstromes werden der mechanische Schalter 5 sowie der elektronische Hilfsschalter 6 nahezu gleichzeitig geöffnet. Der Strom, der beispielsweise von der Anschlussklemme 2 zur Anschlussklemme 3 fließt, kommutiert daher in den Abschaltzweig 7, wo er von der Leistungsschalt-

5

Figur 2 zeigt einen Gleichspannungsnetzknotten 11 mit mehreren Abzweigen 12, in denen jeweils eine Vorrichtung 1 gemäß Figur 1 angeordnet ist.

10

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13. Die Vorrichtung 13 verfügt über einen ersten Abschaltzweig 14 und mehrere Betriebsstromzweige 15, die miteinander über eine Sammelschiene 17 verbunden sind. In jedem Betriebsstromzweig sind ein mechanischer Schalter 5 und in Reihe dazu ein elektronischer Hilfsschalter 6 angeordnet. Mit Hilfe mechanischer Parallelschalter 16 kann jeder Betriebs-

15

20

25

30

Jeder Betriebsstromzweig 15 ist ferner an seiner von der ersten Sammelschiene 17 abgewandten Seite oder Klemme mit einem Abzweiganschluss 18 ausgerüstet, der zum Anschluss eines zugeordneten Abzweiges des durch die erste Sammelschiene 17 ausgebildeten Gleichspannungsnetzknottens dient.

35

Um das Funktionsprinzip der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13 zu verdeutlichen, wird der Ablauf einer Schaltung für ein exemplarisches Beispiel erläutert. Angenommen ist ein Kurzschluss in dem mit dem ersten Betriebsstromzweig 15a verbundenen Abzweigs. Durch den Kurzschluss baut sich ein Fehlerstrom in Richtung der Fehlerstelle auf, welcher von den anderen figürlich nicht dargestellten Abzweigen gespeist wird. Dem entsprechend muss der mit dem Abzweiganschluss 18a verbundene Abzweig abgeschaltet werden, um den Rest des Gleichspannungsnetzes weiterbetreiben zu können. Nach Ermittlung des abzuschaltenden Abzweiges durch den figürlich nicht dargestellten Netzschutz, werden die notwendigen Schaltbefehle durch eine ebenfalls nicht dargestellte Regelungseinheit gegeben. Zunächst wird der mechanische Parallelschalter 16a geschlossen. Hierdurch wird der Betriebsstromzweig 15a dem ersten Abschaltzweig 14 parallel geschaltet. Anschließend wird der Strom durch Ansteuerung des elektronischen Hilfsschalters 6a in den ersten Abschaltzweig 14 kommutiert. Der Öffnungsbefehl für den mechanischen Schalter 5a kann vor, während oder nach dem Schaltsignal an den elektronischen Hilfsschalter 6a erfolgen. Ist der mechanische Schalter 5a stromlos und seine Kontakte so weit voneinander getrennt, dass dieser Spannung aufnehmen kann, wird der Fehlerstrom durch die Leistungsschalteinheit 8 des Abschaltzweiges 14 abgeschaltet.

Figur 4 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13, die sich von dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch unterscheidet, dass eine zweite Sammelschiene 19 vorgesehen ist, die über Ersatzbetriebsstromzweige 20a, 20b, 20c, 20d mit jeweils einem Betriebsstromzweig 15a, 15b, 15c beziehungsweise 15d verbunden ist. Dabei ist in jedem Ersatzbetriebsstromzweig 20a, 20b, 20c, 20d jeweils ein mechanischer Schalter 5a, 5b, 5c, 5d und in Reihe dazu ein elektronischer Hilfsschalter 6a, 6b, 6c, 6d als Kommutierungsmittel angeordnet. Die erste Sammelschiene 17 sowie die zweite Sammelschiene 19 sind über jeweils einen Sammelschienenwechsler 21 beziehungsweise 22 mit dem ersten Abschaltzweig 14 verbindbar. Die zweite Sammelschiene 19 kann

beispielsweise aus Redundanzgründen vorgesehen sein. Für den denkbaren Fall, dass ein Abzweig an die erste Sammelschiene 17 und die zweite Sammelschiene 19 gleichzeitig angeschlossen ist, ist es notwendig, den ersten Abschaltzweig 8 mit beiden
5 Sammelschienen 17 und 19 durch Schließen der Sammelschienen-schalter 21 und 22 zu verbinden. Durch Betätigung der elektronischen Hilfsschalter 6a sowie der mechanischen Schalter 5a des jeweiligen Ersatzbetriebsstromzweiges 20a und des Betriebsstromzweiges 15a kommutiert der Fehlerstrom in den ersten
10 Abschaltzweig 14 und kann dort wieder durch die Leistungsschalteinheit 8 abgeschaltet werden.

Das in Figur 5 gezeigte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13 unterscheidet sich von dem in Figur 4
15 gezeigten Ausführungsbeispiel dadurch, dass ein zweiter Abschaltzweig 23 vorgesehen ist, der mit der zweiten Sammelschiene 19 verbunden ist, wohingegen der erste Abschaltzweig 14 lediglich mit der ersten Sammelschiene 17 verbunden ist. Der erste Abschaltzweig 14 und der zweite Abschaltzweig 23
20 weisen jeweils eine Leistungsschalteinheit 8 auf, die identisch ausgebildet sind, wobei jede Leistungsschalteinheit 8 zum Führen und Schalten von Strömen in beiden Richtungen eingerichtet ist. Die Ersatzbetriebsstromzweige 20a, 20b, 20c und 20d sind wieder mit der zweiten Sammelschiene sowie mit
25 jeweils einem Betriebsstromzweig 15a, 15b, 15c und 15d verbunden. Jeder Betriebsstromzweig 15a, 15b, 15c und 15d ist an die erste Sammelschiene 17 angeschlossen, wobei zwischen der ersten Sammelschiene 17 und dem Verbindungspunkt mit den jeweils zugeordneten Ersatzbetriebsstromzweig 20 der jeweilige
30 mechanische Schalter 5 sowie der jeweilige elektronische Hilfsschalter 6 angeordnet sind. Darüber hinaus sind Ersatzparallelschalter 24a, 24b, 24c, 24d vorgesehen, mit denen der jeweils zugeordnete Betriebsstromzweig 15a, 15b, 15c beziehungsweise 15d mit dem zweiten Abschaltzweig 23 verbindbar
35 ist. Jeder Betriebsstromzweig 15a, 15b, 15c, 15d kann somit entweder mit dem ersten Abschaltzweig 14 oder mit dem zweiten Abschaltzweig 23 oder mit beiden verbunden werden. Die Funktionssicherheit des Gleichspannungsnetzknötens ist somit noch

weiter erhöht. Durch den zweiten Abschaltzweig 23 ergibt sich der Vorteil, dass beide Sammelschienensysteme 17 und 19 völlig unabhängig voneinander betrieben werden können. Weitere Vorteile würden sich ergeben, wenn durch zusätzliche in Figur 5 nicht dargestellte mechanische Schalter noch die Möglichkeit geschaffen wird, beide Abschaltzweige 14 und 23 an eine gemeinsame Sammelschiene 17 oder 19 zu legen, so dass es jederzeit möglich ist, jederzeit zwei Leitungsströme unabhängig voneinander und egal an welcher Sammelschiene der betreffende Abzweig angeschlossen ist, abzuschalten. Auch hier gilt wieder, dass wenn beide Sammelschienen 17, 19 gleichzeitig mit einem Abzweig verbunden sind, also beispielsweise wenn der mechanische Schalter 5a des Ersatzbetriebsstromzweiges 20a und der mechanische Schalter 5a des Betriebsstromzweiges 15a beide geschlossen sind, sowohl der Ersatzparallelschalter 24a als auch der Parallelschalter 16a geschlossen werden müssen, um den Fehlerstrom erfolgreich abschalten zu können.

Die in den Figuren 4 und 5 gezeigten Ausführungsbeispiele weisen jeweils zwei Sammelschienen 17, 19 auf. Dies erscheint gegenüber dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel aufwändiger. Muss jedoch die Vorrichtung 13 gemäß Figur 3 gewartet werden oder ist diese aus anderen Gründen nicht einsetzbar, so muss der komplette Gleichspannungsknoten außer Betrieb genommen werden oder aber der Gleichspannungsknoten wird ohne die Möglichkeit betrieben, fehlerhafte Leitungen vom Knoten trennen zu können. Beide Szenarien sind für den Betreiber eines Gleichspannungsnetzes nicht hinnehmbar. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, einen weiteren Abschaltzweig vorzusehen.

Ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13, die einen ersten Abschaltzweig 14 sowie einen zweiten Abschaltzweig 23 aufweist, ist in Figur 6 gezeigt. In Figur 6 ist jedoch lediglich eine Sammelschiene vorgesehen, die sowohl mit dem ersten Abschaltzweig 17 als auch mit dem zweiten Abschaltzweig 23 verbunden ist. Wie in Figur 5 ist auch bei dem in Figur 6 gezeigten Ausführungsbeispiel jeder

Betriebsstromzweig 15 einmal über einen mechanischen Parallelschalter 16 mit dem ersten Abschaltzweig 14 sowie über einen Ersatzparallelschalter 24 mit dem zweiten Abschaltzweig 23 verbindbar. Gemäß dieser vorteilhaften Ausgestaltung können somit zwei Abzweige gleichzeitig abgeschaltet werden. Darüber hinaus können die Leistungsschalteinheiten 8 des jeweiligen Abschaltzweiges 14 oder 23 durch den abwechselnden Betrieb weniger stark belastet werden. Darüber hinaus ist auch eine gewisse Redundanz und somit erhöhte Sicherheit aufgrund der doppelten Ausführung der mechanischen Schalter bereitgestellt.

Figur 7 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen Vorrichtung 13, wobei jedoch die Leistungsschalteinheiten lediglich als unidirektionale Leistungsschalteinheiten 8a und 8b ausgestaltet sind. Sie sind in der Lage, Ströme in beiden Richtungen zu führen. Abgeschaltet werden können grundsätzlich nur Ströme in einer Richtung, die in Figur 7 von links nach rechts über die Leistungsschalteinheit 8 fließen.

In Figur 7 ist jedoch durch die gestrichelte Linie eine Anordnung von mechanischen Schaltern und Überbrückungszweigen 25 schematisch angedeutet, die in Figur 8 genauer dargestellt ist. Die Anordnung von mechanischen Schaltern und Überbrückungszweigen 25 weist wieder einen ersten Abschaltzweig 14 mit einer unidirektionalen Leistungsschalteinheit 8a sowie einen zweiten Abschaltzweig 23 mit einer unidirektionalen Leistungsschalteinheit 8b auf. Der erste Abschaltzweig 14 ist mit der Anschlussklemme 26 mit einem Kontaktstück eines Parallelschalters oder Ersatzparallelschalters verbunden, wohingegen die Sammelschienenanschlussklemme 27 mit der Sammelschiene 17, wie in Figur 7 gezeigt, verbunden ist. Von einem ersten Verzweigungspunkt 28 erstreckt sich ein Gesamtüberbrückungszweig 29 zu einem zweiten Verzweigungspunkt 30. Von einem dritten Verzweigungspunkt 31 erstreckt sich ein Verbindungszweig 32 zu einem vierten Verzweigungspunkt 33. Von einem fünften Verzweigungspunkt 34 erstreckt sich ein Einzel-

überbrückungsweig 35 zu dem sechsten Verzweigungspunkt 36. Im Gesamtüberbrückungsweig 29 ist zwischen dem ersten Verzweigungspunkt 28 und dem dritten Verzweigungspunkt 31 ein mechanischer Schalter 37 angeordnet. Ein zweiter mechanischer Schalter 38 befindet sich zwischen dem dritten Verzweigungspunkt 31 und dem zweiten Verzweigungspunkt 30 im Gesamtüberbrückungsweig 29. Im zweiten Abschaltzweig 23 ist zwischen dem ersten Verzweigungspunkt 28 und der Leistungsschalteinheit 8b ein weiterer mechanischer Schalter 39 angeordnet. Zwischen dem fünften Verzweigungspunkt 34 und dem vierten Verzweigungspunkt 33 ist der mechanische Schalter 40 vorgesehen, wobei ein weiterer mechanischer Schalter 41 zwischen der Leistungsschalteinheit 8a und dem sechsten Verzweigungspunkt 36 vorgesehen ist. Schließlich ist ein mechanischer Schalter 42 zwischen dem sechsten Verzweigungspunkt 36 und dem zweiten Verzweigungspunkt 36 angeordnet. Ein letzter mechanischer Schalter 43 ist im Einzelüberbrückungsweig 35 angeordnet.

Figur 9 zeigt verschiedene Schalterstellungen der Anordnung von mechanischen Schaltern und Überbrückungsweigen 25. In der oberen Darstellung sind die mechanischen Schalter 39, 40, 41 und 42 geschlossen, wohingegen die mechanischen Schalter 37, 38 und 43 geöffnet sind. Somit sind, wie mit dem Gleichheitszeichen angedeutet, die unidirektionalen Leistungsschalteinheiten 8a und 8b in Reihe zueinander geschaltet. In der mittigen Darstellung der Figur 9 sind die Schalter 39, 43, 41 und 38 geschlossen, wohingegen die Schalter 37, 40 und 42 geöffnet sind. Bei diesen Schalterstellungen sind die Leistungsschalteinheiten 8a und 8b gegensinnig in Reihe geschaltet, wobei die Schalteranordnung 8a die Ströme der einen und die Leistungsschalteinheit 8b in der entgegengesetzten Richtung abgeschaltet kann. Somit können Ströme in beiden Richtungen geführt und abgeschaltet werden. Es ist in dieser Schalterstellung ein so genannter bidirektionaler Leistungsschalter bereitgestellt.

In der in Figur unten dargestellten Schalterstellung sind die Schalter 39, 43, 42 sowie 37 und 41 geschlossen. Die Schalter

38 und 40 befinden sich jedoch in ihrer geöffneten Stellung. In diesem Zustand der Anordnung 25 ist eine Parallelschaltung beider Leistungsschalteinheiten 8a und 8b geschaffen.

5 Figur 10 zeigt eine Möglichkeit, wie die Leistungsschalteinheiten 8a und 8b in Betrieb genommen werden können. Dies ist insbesondere dann durchzuführen, wenn die Submodule als Halb- oder Vollbrückenschaltungen ausgebildet sind und jeweils einen aufzuladenden Energiespeicher aufweisen. In diesem Falle
10 ist ein so genannter Ladewiderstand 44 besonders zweckmäßig, der auf der einzigen Seite an dem ersten Abschaltzweig 14 angeschlossen und auf der anderen Seite entweder mit dem Erdpotential oder mit dem anderen Pol des Gleichspannungsnetzes verbunden ist.

15

Abschließend sei darauf hingewiesen, dass die hier figürlich gezeigten Ausführungsbeispiele als so genannte „Single-Line“-Darstellungen zu verstehen sind. Bei Gleichspannungsnetzen ist jedoch davon auszugehen, dass jede der gezeigten Topologien zweimal vorhanden ist, nämlich einmal für den positiven
20 und einmal für den negativen Pol des Gleichspannungsnetzes.

Patentansprüche

1. Vorrichtung (13) zum Schalten von Gleichströmen in Abzweigen eines Gleichspannungsnetzknotens mit

- 5 - einem ersten Abschaltzweig (14), in dem eine Leistungsschalteinheit (18) angeordnet ist, die eine Reihenschaltung von zweipoligen Submodulen mit wenigstens einem ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter (9) aufweist,
- einem parallel zum Abschaltzweig (8) schaltbaren Betriebsstromzweig (15a), in dem ein mechanischer Schalter (5) angeordnet und der mit einem Abzweig des Gleichspannungsnetzknotens verbindbar ist und
- Kommutierungsmittel (6) zum Kommutieren des Gleichstromes von dem Betriebsstromzweig in den Abschaltzweig,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass wenigstens ein weiterer Betriebsstromzweig (15b) vorgesehen ist, der dem ersten Abschaltzweig (15a) parallel schaltbar ist, wobei jeder Betriebsstromzweig (15) über einen Parallelschalter (16) dem Abschaltzweig (14) parallel schaltbar ist.

20

2. Vorrichtung (13) nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass die Submodule der Leistungsschalteinheit (8) zumindest teilweise jeweils einen ein- und abschaltbaren Leistungshalbleiterschalter (9) und eine gegensinnig parallel hierzu geschaltete Freilaufdiode (10) aufweisen.

25

3. Vorrichtung (13) nach einem der Ansprüche 1 oder 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
30 die Submodule der Leistungsschalteinheit (8) zwei Gruppen (8a,8b) mit jeweils gleich orientierten Durchlassrichtungen ihrer Leistungshalbleiterschalter ausbilden, wobei die Leistungshalbleiterschalter der einen Gruppe (8a) entgegengesetzt zu den Leistungshalbleiterschaltern der anderen Gruppe (8b)
35 orientiert sind.

4. Vorrichtung (13) nach einem der Ansprüche 1 bis 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass

die Submodule der Leistungsschalteinheit (8) jeweils einen Energiespeicher aufweisen und eine Halb- oder Vollbrückenschaltung ausbilden.

5 5. Vorrichtung (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Kommutierungsmittel aktiver Kommutierungsmittel sind, die wenigstens ein zweipoliges Submodul aufweisen, das einen Energiespeicher aufweist und eine Halb- oder Vollbrücken-
10 schaltung ausbildet.

6. Vorrichtung (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Leistungsschalteinheit (8) Varistoren und/oder Ableiter
15 in Parallelschaltung zu wenigstens einem Submodul aufweisen.

7. Vorrichtung (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass jeder Betriebsstromzweig (15) ein in diesem angeordnetes Kom-
20 mutierungsmittel (6) aufweist.

8. Vorrichtung (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Abschaltzweig (14) über eine erste Sammelschiene (17) mit
25 jedem Betriebsstromzweig (15) verbunden ist.

9. Vorrichtung (13) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass eine zweite Sammelschiene (19) vorgesehen ist, die über Ersatzbetriebsstromzweige (20) mit jedem Betriebsstromzweig
30 (15) verbunden ist.

10. Vorrichtung (13) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass
35 die erste Sammelschiene (17) und die zweite Sammelschiene (19) jeweils über einen Sammelschienenwechsler (21,22) mit dem ersten Abschaltzweig (14) verbunden sind.

11. Vorrichtung (13) nach einem vorhergehenden Ansprüche,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
ein zweiter Abschaltzweig (23) vorgesehen ist, in dem eine
zum Schalten von Fehlerströmen eingerichtete Leistungsschalt-
5 einheit angeordnet ist, wobei jeder Betriebsstromzweig (15)
über einen mechanischen Ersatzparallelschalter (24) mit dem
zweiten Abschaltzweig (23) verbindbar ist.

12. Vorrichtung (13) nach Anspruch 11,
10 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der erste und der zweite Abschaltzweig (14,23) mit der glei-
chen Sammelschiene (17) verbunden sind.

13. Vorrichtung (13) nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
15 d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass
der erste Abschaltzweig (14) und der zweite Abschaltzweig
(23) über eine Anordnung von mechanischen Schaltern und Über-
brückungszweigen (25) so miteinander verknüpfbar sind, dass
ihre Leistungsschalteinheiten (8a,8b) gleich- oder gegensin-
20 nig in Reihe oder parallel geschaltet sind.

FIG 1
(Stand der Technik)

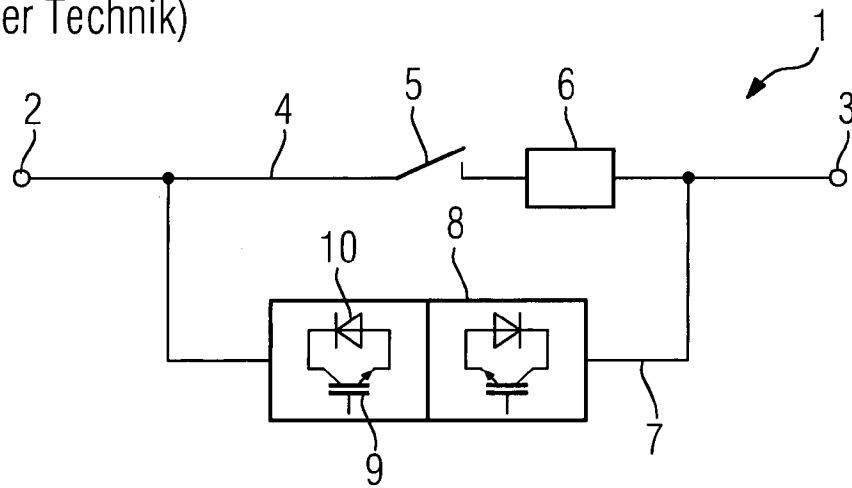
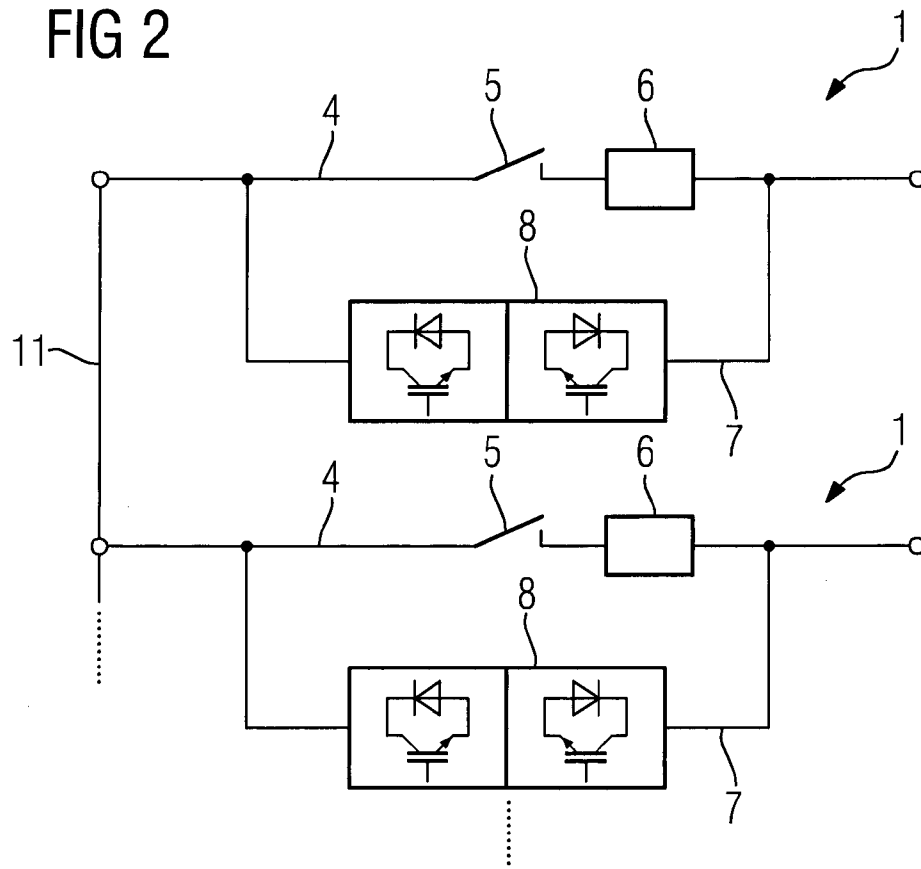


FIG 2



2/7

FIG 3

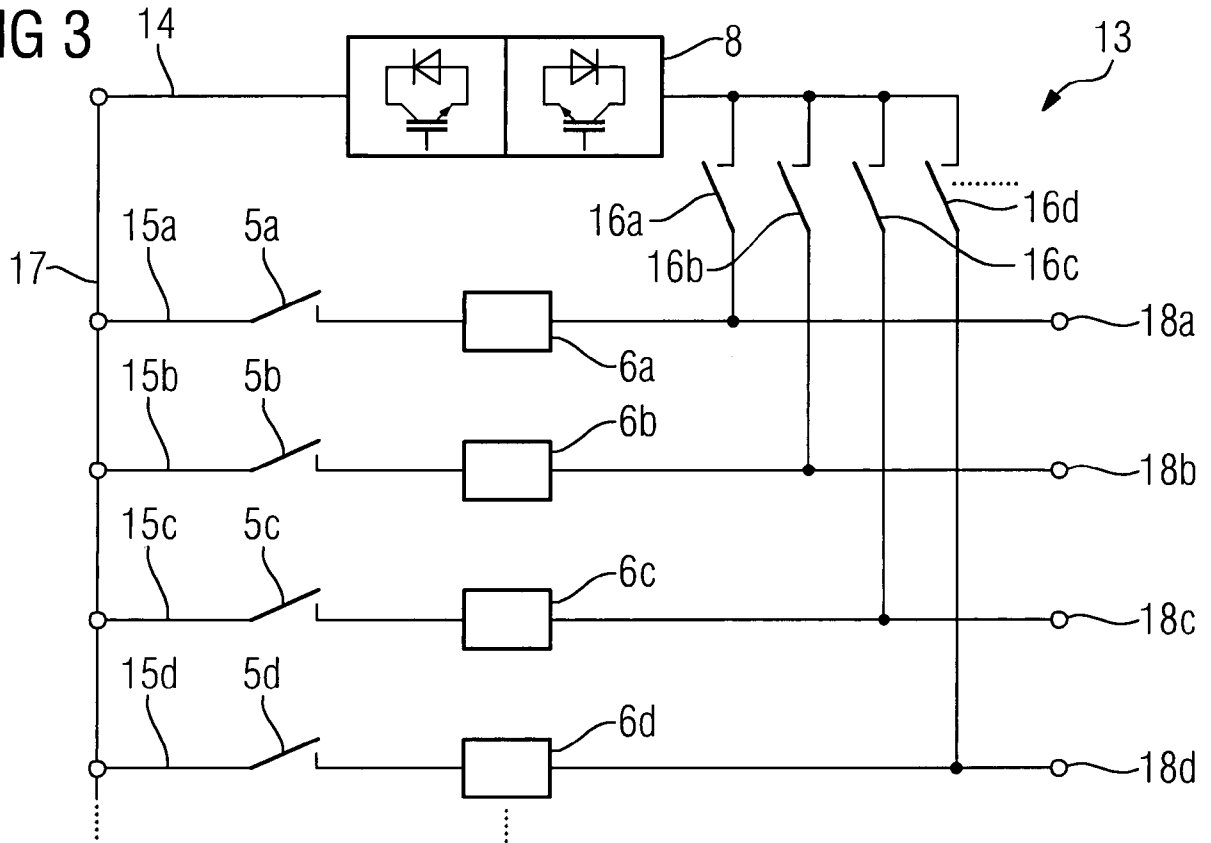


FIG 4

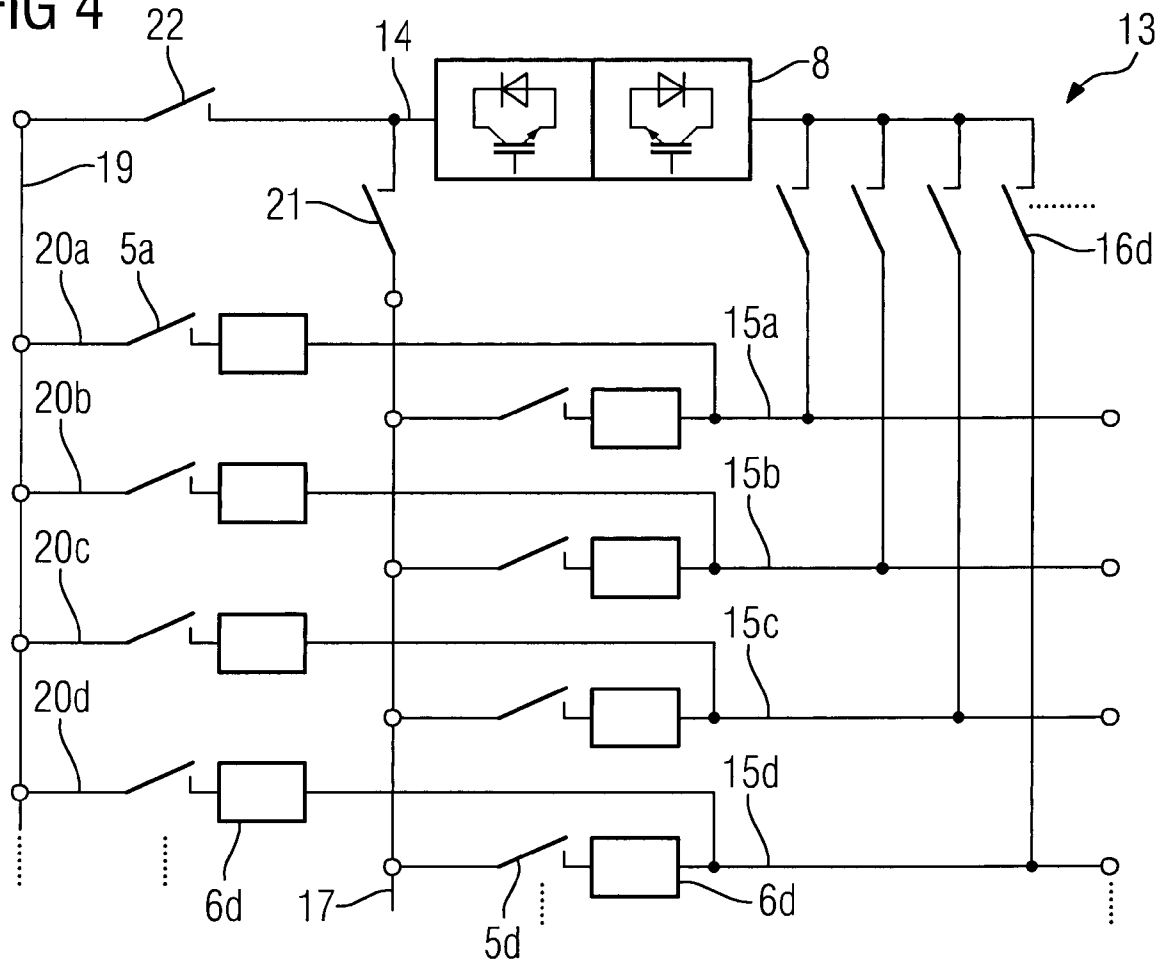


FIG 5

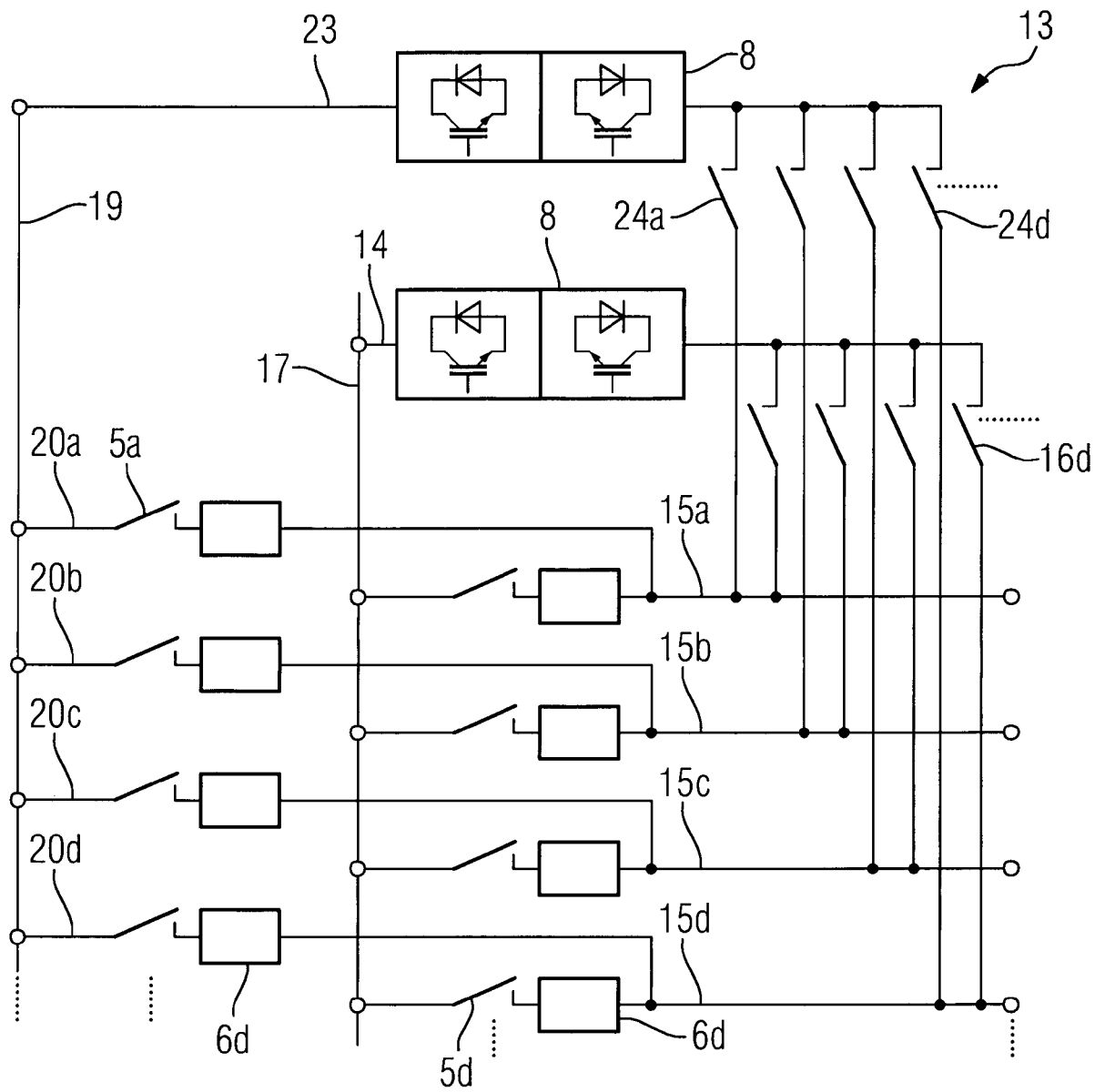
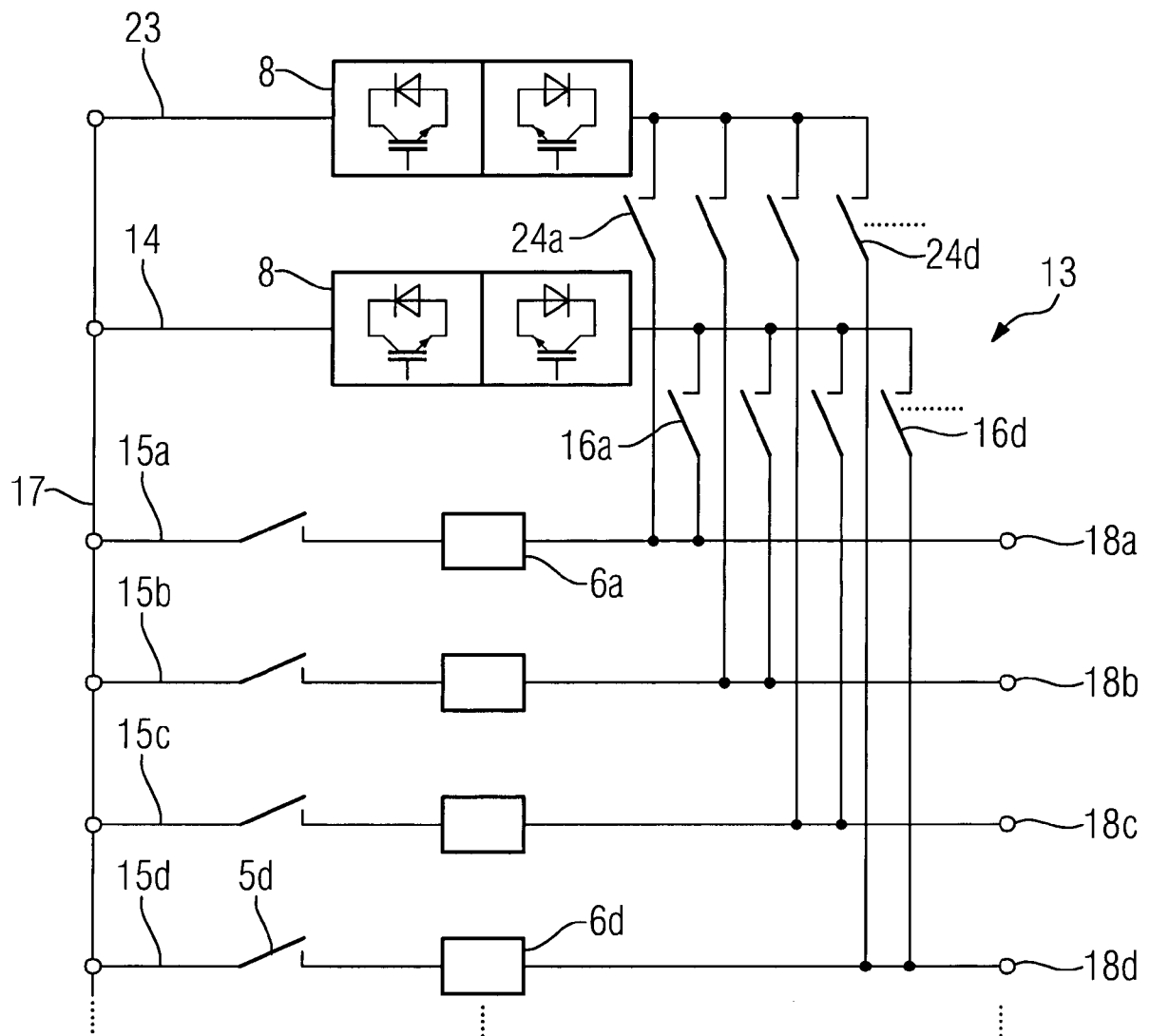


FIG 6



5/7

FIG 7

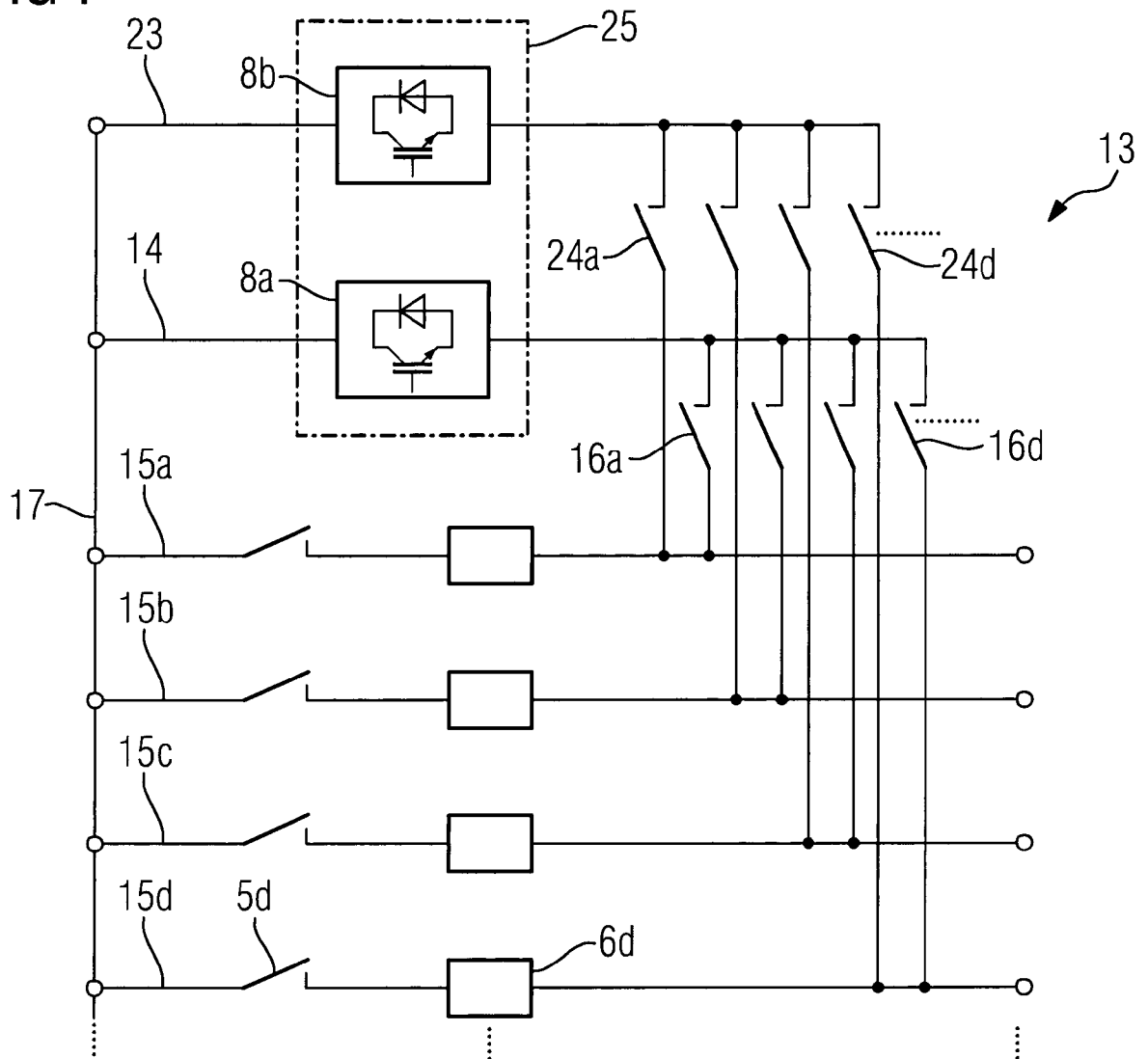


FIG 8

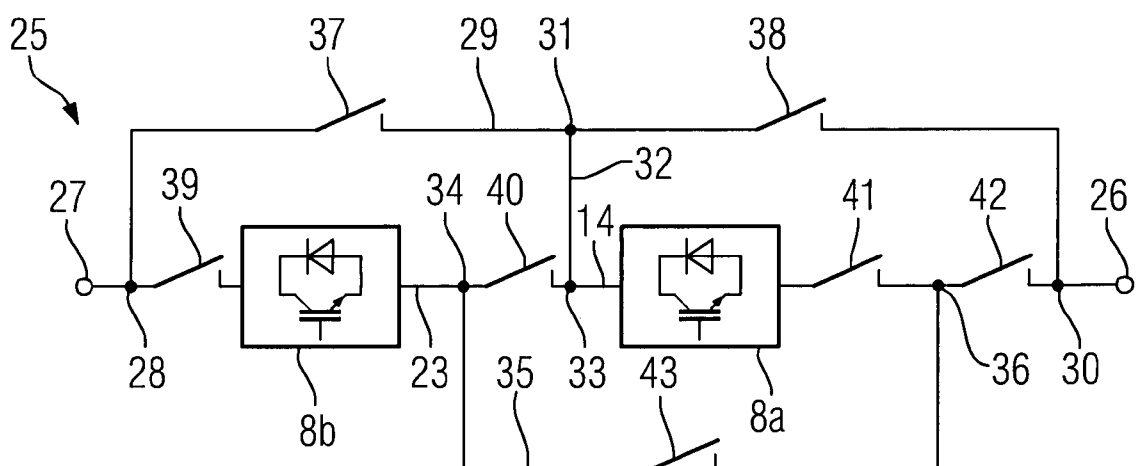


FIG 9

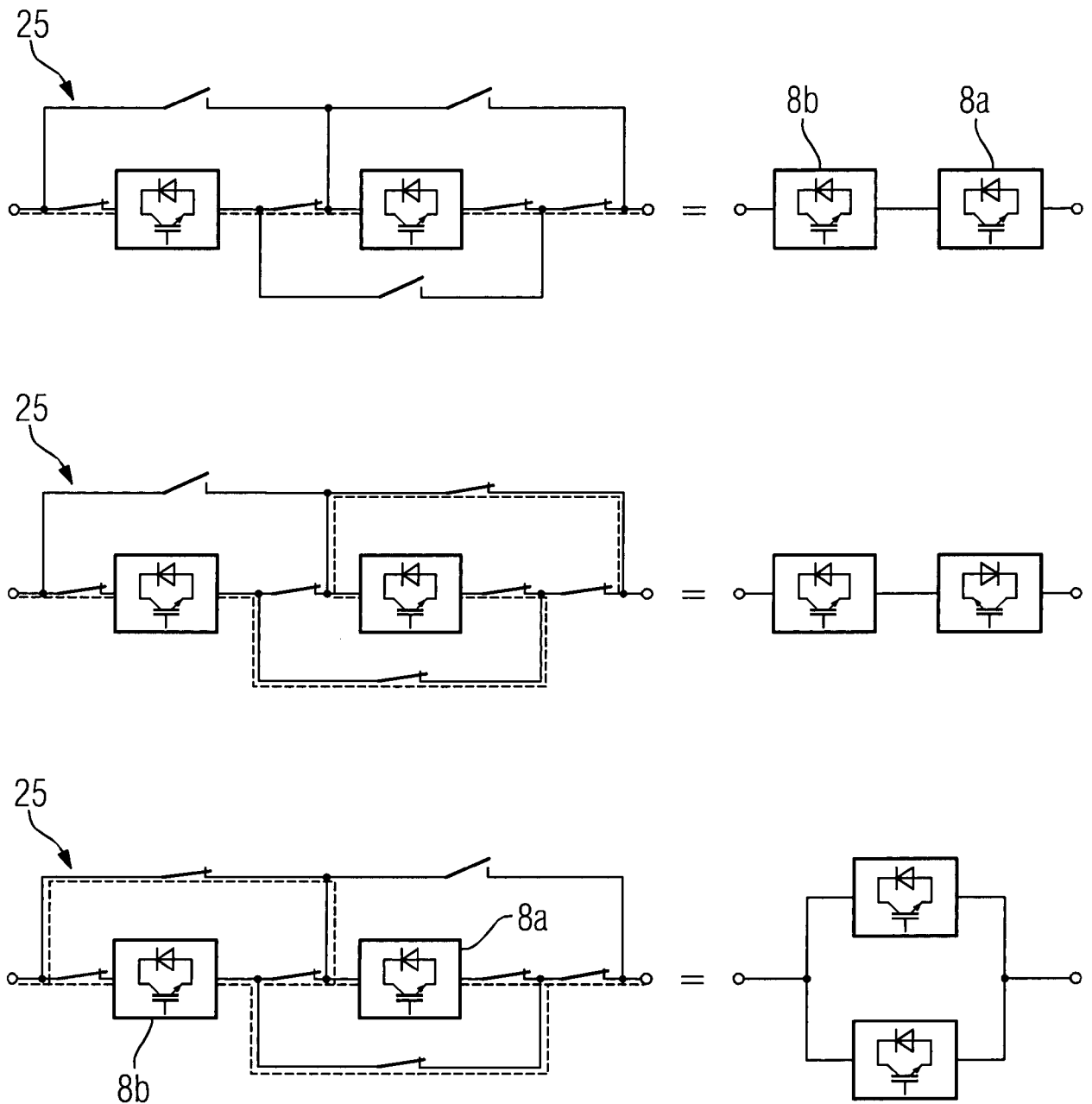
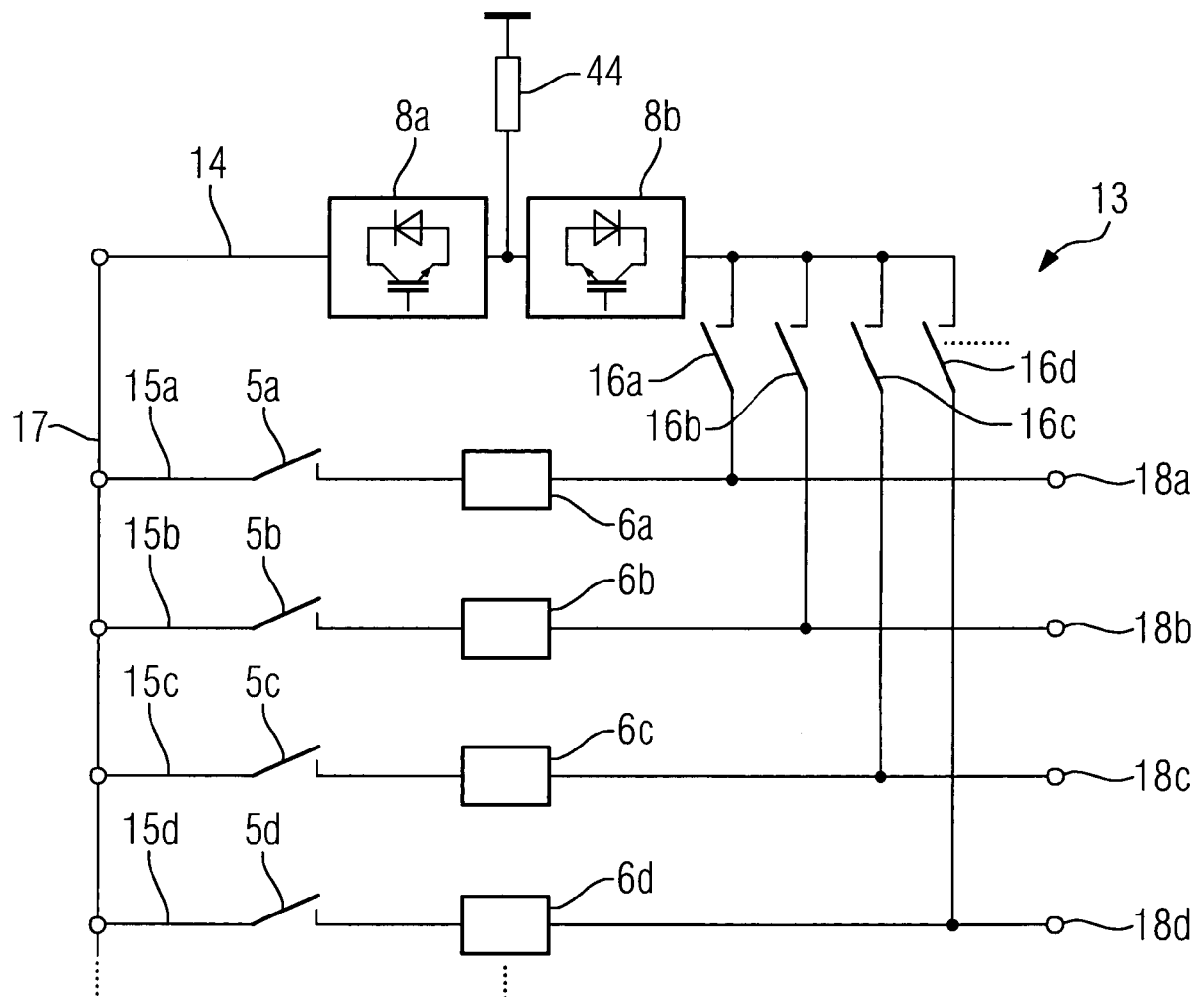


FIG 10



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2013/051669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. H03K17/00 H01H9/54
ADD.

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H03K H01H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2011/057675 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]; HAEFNER JUERGEN [SE]; JACOBSON BJOERN [SE]) 19 May 2011 (2011-05-19) cited in the application page 16, line 30 - page 17, line 8; figure 2 page 19, line 20 - page 20, line 13; figure 6	1-13
A	DE 20 2012 100023 U1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 12 April 2012 (2012-04-12) paragraphs [0022] - [0027]	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

14 May 2013

Date of mailing of the international search report

22/05/2013

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Villafuerte Abrego

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/051669

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2011057675 A1	19-05-2011	AU 2009355281 A1	05-07-2012
		CA 2780946 A1	19-05-2011
		CN 102687221 A	19-09-2012
		EP 2502248 A1	26-09-2012
		KR 20120089751 A	13-08-2012
		US 2012299393 A1	29-11-2012
		WO 2011057675 A1	19-05-2011

DE 202012100023 U1	12-04-2012	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051669

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H03K17/00 H01H9/54
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H03K H01H

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2011/057675 A1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]; HAEFNER JUERGEN [SE]; JACOBSON BJOERN [SE]) 19. Mai 2011 (2011-05-19) in der Anmeldung erwähnt Seite 16, Zeile 30 - Seite 17, Zeile 8; Abbildung 2 Seite 19, Zeile 20 - Seite 20, Zeile 13; Abbildung 6	1-13
A	DE 20 2012 100023 U1 (ABB TECHNOLOGY AG [CH]) 12. April 2012 (2012-04-12) Absätze [0022] - [0027]	1-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

14. Mai 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/05/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Villafuerte Abrego

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051669

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2011057675 A1	19-05-2011	AU 2009355281 A1	05-07-2012
		CA 2780946 A1	19-05-2011
		CN 102687221 A	19-09-2012
		EP 2502248 A1	26-09-2012
		KR 20120089751 A	13-08-2012
		US 2012299393 A1	29-11-2012
		WO 2011057675 A1	19-05-2011

DE 202012100023 U1	12-04-2012	KEINE	
