(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 28. Januar 2016 (28.01.2016)





(10) Internationale Veröffentlichungsnummer WO 2016/012455 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 1/00 (2006.01) **H02M 7/48** (2007.01) **H02M 1/34** (2007.01) **H02M 7/487** (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2015/066660

(22) Internationales Anmeldedatum:

21. Juli 2015 (21.07.2015)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität: 10 2014 110 491.9 24. Juli 2014 (24.07.2014) DE

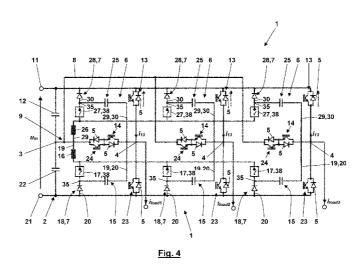
- (71) Anmelder: SMA SOLAR TECHNOLOGY AG [DE/DE]; Sonnenallee 1, 34266 Niestetal (DE).
- (72) Erfinder: RYLKO, Marek; ul. Lipnicka 40a, PL-43-300 Bielsko-Biala (PL). MONDZIK, Andrzej; Ilzecka 158, PL-26-115 Skarzysko Koscielne (PL). PENCZEK, Adam; Wesele 26/1, PL-30-127 Krakow (PL). PIRÓG, Stanislaw; ul. Armii Krajowej 2/99, PL-30-150 Krakow (PL). STALA, Robert; os. Piastow 12B/34, PL-31-623 Krakow (PL). SZAREK, Milosz; Stanczyka 14/111, PL-

30-126 Krakow (PL). **SZOT, Slawomir**; Zwirki i Wigury 2/2, PL-38-400 Krosno (PL).

- (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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

- (54) Title: CIRCUIT ARRANGEMENT FOR A POLYPHASE NPC MULTIPOINT INVERTER WITH RELIEF NETWORK
- (54) Bezeichnung : SCHALTUNGSANORDNUNG FÜR EINEN MEHRPHASIGEN NPC MEHRPUNKTWECHSELRICHTER MIT ENTLASTUNGSNETZWERK



(57) Abstract: A circuit arrangement (1) for a polyphase multipoint inverter comprises an input terminal for a positive pole and an input terminal for a negative pole of an input direct voltage (U_{in}), a centre tap (3) to a halfway point of the input direct voltage (U_{in}) and for each phase an output terminal (4), in order to output an output alternating current (i_{load2} , i_{load2} , i_{load3}), two outer power switches (13, 23), each connected to one of the two input terminals (11, 21), two inner power switches (14, 24) each connected on one side to the centre tap (3) directly or via a diode (5) and on the other side to the output terminal (4) directly or via a diode (5), and a relief network having two capacitors (15, 25) and four unidirectional switching elements (17, 18, 27, 28). A charging path extends between the output terminal (4) and the centre tap (3) for each of the two capacitors (15, 25) of the relief network for each phase, each of the capacitors (15, 25) in the charging path being connected in series to one of the switching elements (17, 27) and to respective chokes (16, 26). A discharging path (20, 30) for each of the two capacitors (15, 25) of each phase extends between the output terminal for each phase and each of the input terminals (11, 21), each of the discharging

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Veröffentlicht:

mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
 3)

vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

paths (20, 30) branching off at a branching point (35) from the respective charging paths (19, 29) after the respective capacitors (15, 25) and before the respective chokes (16, 26), viewed from the output terminal, and another of the switching elements (18, 28) being arranged between the branching point (35) and the input terminal (21, 11) in the discharging path (20, 30). At least the charging paths (19, 29) for all capacitors (15, 25) provided for relieving the switching load for those of the power switches (13, 23) connected to the same of the two input terminals (11, 21) run together through a common choke (16, 26) directly connected to the centre tap (3).

(57) Zusammenfassung: Eine Schaltungsanordnung (1) für einen mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter weist einen Eingangsanschluss für einen positiven Pol und einen Eingangsanschluss für einen negativen Pol einer Eingangsgleichspannung (Uin), einen Mittelabgriff (3) für einen Spannungsmittelpunkt der Eingangsgleichspannung (Uin) und für jede Phase einen Ausgangsanschluss (4) zum Ausgeben eines Ausgangswechselstroms (i_{load2} , i_{load3} , i_{load3}), zwei äußere Leistungsschalter (13, 23), von denen jeweils einer mit einem der beiden Eingangsanschlüsse (11, 21) verbunden ist, zwei innere Leistungsschalter (14, 24), die jeweils einerseits direkt oder über eine Diode (5) mit dem Mittelabgriff (3) und andererseits direkt oder über eine Diode (5) mit dem Ausgangsanschluss (4) verbunden sind, und ein Entlastungsnetzwerk auf, das zwei Kondensatoren (15, 25) und vier unidirektionale Schaltelemente (17, 18, 27, 28) umfasst. Für jeden der beiden Kondensatoren (15, 25) des Entlastungsnetzwerks für jede Phase verläuft ein Aufladepfad zwischen dem Ausgangsanschluss (4) und dem Mittelabgriff (3), wobei der jeweilige Kondensator (15, 25) in dem Aufladepfad mit einem der Schaltelemente (17, 27) und einer Drossel (16, 26) in Reihe geschaltet ist. Zwischen dem Ausgangsanschluss für jede Phase und jedem der Eingangsanschlüsse (11, 21) verläuft ein Entladepfad (20, 30) für jeweils einen der beiden Kondensatoren (15, 25) jeder Phase, wobei der Entladepfad (20, 30) von dem Ausgangsanschluss aus gesehen hinter dem jeweiligen Kondensator (15, 25) und vor der Drossel (16, 26) in einer Abzweigung (35) von dem jeweiligen Aufladepfad (19, 29) abzweigt und wobei ein weiteres der Schaltelemente (18, 28) zwischen der Abzweigung (35) und dem Eingangsanschluss (21, 11) in dem Entladepfad (20, 30) angeordnet ist. Zumindest die Aufladepfade (19, 29) für alle Kondensatoren (15, 25), die zur Schaltentlastung für diejenigen der Leistungsschalter (13, 23) vorgesehen sind, die mit demselben der beiden Eingangsanschlüsse (11, 21) verbunden sind, führen zusammen über eine gemeinsame Drossel (16, 26), die direkt mit dem Mittelabgriff (3) verbunden ist.

SCHALTUNGSANORDNUNG FÜR EINEN MEHRPHASIGEN NPC MEHRPUNKTWECHSELRICHTER MIT ENTLASTUNGSNETZWERK

TECHNISCHES GEBIET DER ERFINDUNG

Die Erfindung bezieht sich auf eine Schaltungsanordnung für einen mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter mit einem Entlastungsnetzwerk. Genauer bezieht sich die Erfindung auf eine Schaltungsanordnung, die die Merkmale des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 aufweist.

5

10

15

20

25

Unter einem Mehrpunktwechselrichter wird hier insbesondere ein Dreipunktwechselrichter verstanden, bei dem ein Ausgangsanschluss, über den ein Ausgangswechselstrom ausgegeben wird, neben einem positiven elektrischen Potential und einem negativen elektrischen Potential wechselweise auch mit einem neutralen elektrischen Potential verbunden wird, um den Ausgangswechselstrom zu formen. Bei dem Mehrpunktwechselrichter mit dem Entlastungsnetzwerk kann es sich auch um einen Fünfpunktwechselrichter oder gar einen Siebenpunktwechselrichter handeln.

Unter einem mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter wird hier insbesondere ein dreiphasiger Mehrpunktwechselrichter verstanden, der drei Ausgangswechselströme ausgibt, deren Phasen um jeweils 120° zueinander versetzt sind. Grundsätzlich kann der mehrphasige Mehrpunktwechselrichter aber auch nur zwei oder mehr als drei Phasen aufweisen, d. h. zueinander phasenversetzte Ausgangswechselströme ausgeben.

STAND DER TECHNIK

Ein als NPC (Neutral Point Clamped) bezeichneter dreiphasiger Dreipunktwechselrichter ist aus Akira Nabae et al., A New Neutral-Point-Clamped PWM Inverter, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 1A-17, No. 5, September/October 1981, Seiten 518 bis 523 bekannt. Hier sind zwischen Eingangsanschlüsse für eine Eingangsgleichspannung je Phase vier Leistungsschalter in Reihe geschaltet. Der Mittelpunkt dieser Reihenschaltung führt zu einem Ausgangsanschluss, über den ein Ausgangswechselstrom ausgegeben wird. Die Zwischenpunkte der Reihenschaltung auf beiden Seiten des Mittelpunkts sind jeweils über in Sperrrichtung ausgerichtete Dioden mit einem Mittelabgriff einer an den Eingangsanschlüssen anliegenden Eingangsgleichspannung verbunden. Der Mittelabgriff ist ein Mittelpunkt einer Reihenschaltung von Zwischenkreiskondensatoren zwischen den Eingangsanschlüssen, die

einen allen Phasen gemeinsamen Gleichspannungszwischenkreis ausbildet. Zur Formung eines an dem Ausgangsanschluss für jede Phase ausgegebenen Ausgangswechselstroms wird während jeder Halbwelle einer an dem Ausgangsanschluss anliegenden Ausgangswechselspannung einer der an einen der Eingangsanschlüsse angeschlossenen äußeren Schalter der der Phase zugeordneten Reihenschaltung komplementär zu dem auf der anderen Seite des Ausgangsanschlusses liegenden inneren Leistungsschalter getaktet. Der auf derselben Seite des Ausgangsanschlusses liegende innere Schalter ist dabei dauerhaft geschlossen und der auf der anderen Seite des Ausgangsanschlusses liegende äußere Schalter dauerhaft geöffnet.

5

10

15

20

25

30

Es sind verschiedene Varianten des dreiphasigen NPC Dreipunktwechselrichters entwickelt worden. Hierzu zählt der sogenannte BSNPC (Bidirectional Switch Neutral Point Clamped)-Wechselrichter, siehe A. Nabae et al.: A New Neutral-Point Clamped PWM Inverter, IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 1A-17, No. 5, September/October 1981, Fig. 10. Bei dem BSNPC-Wechselrichter sind die äußeren Leistungsschalter jeder Phase, die mit ihrem einen Ende mit den Eingangsanschlüssen verbunden sind, mit ihrem anderen Ende direkt auch mit dem Ausgangsanschluss der jeweiligen Phase verbunden, während die inneren Leistungsschalter zwischen dem Mittelabgriff der Eingangsgleichspannung und dem Ausgangsanschluss der jeweiligen Phase so in Reihe oder parallel geschaltet sind, dass mit dem einen inneren Leistungsschalter der Stromfluss in der einen und mit dem anderen inneren Leistungsschalter der Stromfluss in der einen und mit dem anderen inneren Leistungsschalter der Stromfluss in der einen und mit dem Ausgangsanschluss abgeschaltet werden kann. So wird eine in beiden Richtungen separat schaltbare Schaltungsvorrichtung zwischen dem Mittelabgriff und dem Ausgangsanschluss realisiert. Das Schaltschema bei einem BSNPC-Wechselrichter entspricht grundsätzlich demjenigen, das oben für einen NPC-Wechselrichter beschrieben wurde.

Eine als ARCP (Auxiliary Resonant Commutation Pole)-Wechselrichter bekannte Variante eines einphasigen BSNPC-Wechselrichters ist aus der US 2004/0246756 A1 bekannt. Hier ist mit den beiden inneren Leistungsschaltern eine Drossel zwischen dem Mittelabgriff der Eingangsgleichspannung und dem Ausgangsanschluss in Reihe geschaltet. Zudem wird ein durch die Drossel fließender Strom erfasst. Erst wenn bei dieser Erfassung ein Nullstrom gemessen wird, wird der jeweils getaktete innere Leistungsschalter geöffnet. Das Auftreten des Nullstroms wird durch einen Resonanzkreis sichergestellt, in dem die Drossel als Resonanzinduktivität angeordnet ist, und der sich über den Mittelabgriff zu Zwischenkreiskondensatoren eines eingangsseitigen Gleichspannungszwischenkreises des ARCP-Wechselrichters erstreckt. Für die äußeren

Leistungsschalter des bekannten ARCP-Wechselrichters ist zur Schaltentlastung jeweils ein parallel geschalteter Kondensator vorgesehen.

5

10

15

20

25

30

Aus der DE 10 2010 008 426 B4 ist eine Schaltungsanordnung für einen Dreipunktwechselrichter mit einem Entlastungsnetzwerk bekannt. Bei einem mehrphasigen Dreipunktwechselrichter soll diese Schaltungsanordnung mit eigenem Entlastungsnetzwerk für jede Phase vorhanden sein, was zu einem mehrphasigen Dreipunktwechselrichter mit den Merkmalen des Oberbegriffs des unabhängigen Patentanspruchs 1 führt. Das jeweilige Entlastungsnetzwerk ist aus wenigstens einer Spule, zwei Kondensatoren und einer Reihenschaltung aus vier in gleicher Richtung gepolten Dioden gebildet, von denen die beiden äußeren Dioden jeweils direkt mit den Eingangsanschlüssen für den positiven und den negativen Pol einer Eingangsgleichspannung verbunden sind. Der Mittelpunkt zwischen den beiden inneren Dioden ist einerseits über die Spule mit einem Mittelabgriff der Eingangsgleichspannung und andererseits mit einem mittleren Brückenzweig der Schaltungsanordnung des Dreipunktwechselrichters für die jeweilige Phase verbunden. Die beiden Kondensatoren sind jeweils einerseits mit einem Zwischenpunkt zwischen einer der inneren und einer der äußeren Dioden und andererseits mit dem Ausgangsanschluss für die jeweilige Phase verbunden. Zusammen mit der Spule bilden die Kondensatoren jeweils einen Resonanzkreis aus. Dieser Resonanzkreis wird zum Laden des jeweiligen Kondensators auf die Eingangsgleichspannung genutzt, wenn der ihm gegenüberliegende äußere Leistungsschalter geöffnet ist. Beim Schließen dieses äußeren Leistungsschalters entlädt sich der zuvor geladene Kondensator und übernimmt damit den bis dahin durch den Leistungsschalter fließenden Strom und stellt so eine Schaltentlastung für diesen Leistungsschalter bereit. Zur vollständigen Entladung des Kondensators wird ein anderer, über den Ausgangsanschluss hinweg mit der Drossel gebildeter Resonanzkreis genutzt. Bei diesem bekannten, auch als S3L (Soft Switching Three Level)-Wechselrichter bezeichneten Mehrpunktwechselrichter können die Pulse beim komplementären Takten eines der äußeren Leistungsschalter mit einem der inneren Leistungsschalter anders als bei anderen NPC-Wechselrichtern, die eine Totzeit zwischen diesen Pulsen erfordern, einander überlappen. Allerdings fließt jeder Strom von dem Mittelabgriff zu dem auch Ausgangsanschluss einer der Phasen zwangsweise durch die der Phase zugeordnete Drossel. Entsprechend muss jede Drossel des Entlastungsnetzwerks für jede Phase für die maximale Stromstärke dieses Stroms dimensioniert sein.

AUFGABE DER ERFINDUNG

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Schaltungsanordnung für einen besonders kostengünstigen mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter mit Entlastungsnetzwerk aufzuzeigen.

LÖSUNG

Die Aufgabe der Erfindung wird durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des unabhängigen Patentanspruchs 1 gelöst. Bevorzugte Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind in den abhängigen Patentansprüchen definiert.

BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

10

15

20

25

30

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung für einen mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter weist einen Eingangsanschluss für einen positiven Pol und einen Eingangsanschluss für einen negativen Pol einer Eingangsgleichspannung, einen Mittelabgriff für einen Spannungsmittelpunkt der Eingangsgleichspannung und für jede Phase einen Ausgangsanschluss zum Ausgeben eines Ausgangswechselstroms, zwei äußere Leistungsschalter, von denen jeweils einer mit einem der beiden Eingangsanschlüsse verbunden ist, zwei innere Leistungsschalter, die jeweils einerseits direkt oder über eine Diode mit dem Mittelabgriff und andererseits direkt oder über eine Diode mit dem Ausgangsanschluss verbunden sind, und ein Entlastungsnetzwerk für die äußeren Leistungsschalter auf. Das Entlastungsnetzwerk für jede Phase umfasst zwei Kondensatoren und vier unidirektionale Schaltelemente. Für jeden der beiden Kondensatoren des Entlastungsnetzwerks der jeweiligen Phase verläuft ein Aufladepfad zwischen dem Ausgangsanschluss und dem Mittelabgriff, wobei der jeweilige Kondensator in dem Aufladepfad mit einem der unidirektionalen Schaltelemente und einer Drossel in Reihe geschaltet ist. Zwischen dem Ausgangsanschluss der jeweiligen Phase und jedem der Eingangsanschlüsse verläuft zudem ein Entladepfad für jeweils einen der beiden Kondensatoren des Entlastungsnetzwerks der jeweiligen Phase, wobei dieser Entladepfad von dem Ausgangsanschluss aus gesehen hinter dem jeweiligen Kondensator und vor der Drossel in einer Abzweigung von dem jeweiligen Aufladepfad abzweigt und wobei ein weiteres der unidirektionalen Schaltelemente zwischen der Abzweigung und dem Eingangsanschluss in diesem Entladepfad und damit nicht in dem Aufladepfad angeordnet ist. Zumindest die Aufladepfade für alle Kondensatoren, die zur Schaltentlastung für diejenigen der Leistungsschalter vorgesehen sind, die mit demselben der beiden Eingangsanschlüsse

verbunden sind, führen zusammen über eine gemeinsame Drossel, die direkt mit dem Mittelabgriff verbunden ist. Dies bedeutet, dass sich die Entlastungsnetzwerke aller Phasen jede der gemeinsamen Drosseln teilen und dass entsprechend die Zahl der gemeinsamen Drosseln und die mit der Bereitstellung der Drosseln verbundenen Kosten nicht mit der Zahl der Phasen ansteigen.

5

10

15

20

25

30

Dass die inneren Leistungsschalter der jeweiligen Phase direkt oder über eine Diode mit dem Mittelabgriff bzw. dem Ausgangsanschluss verbunden sind, bedeutet, dass sie für jeden Gleichstrom oder zumindest für einen Gleichstrom einer durch die Durchlassrichtung der jeweiligen Diode vorgegebenen Richtung permanent elektrisch leitend mit dem Mittelabgriff bzw. dem Ausgangsanschluss verbunden sind. Dies schließt nicht aus, dass in der jeweiligen Verbindung zusätzlich ein induktives oder resistives Bauteil angeordnet ist. Mit der Diode können auch noch weitere Dioden gleicher Durchlassrichtung parallel oder in Reihe geschaltet sein.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann für alle Phasen ein gemeinsamer Gleichspannungszwischenkreis zwischen den beiden Eingangsanschlüssen für die Eingangsgleichspannung vorgesehen sein. Dieser Gleichspannungszwischenkreis kann geteilt sein, wobei sein Mittelpunkt den Mittelabgriff für den Spannungsmittelpunkt der Eingangsgleichspannung bildet. Der geteilte Gleichspannungszwischenkreis kann aus zwei oder mehr Zwischenkreiskondensatoren aufgebaut sein, wobei der Mittelabgriff beispielsweise der Mittelpunkt einer Reihenschaltung dieser Zwischenkreiskondensatoren ist.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind die Entlastungsnetzwerke der verschiedenen Phasen, die sich mindestens eine gemeinsame Drossel teilen, zu entkoppeln, damit es zu keinen wechselseitigen Störungen, insbesondere in Form von ungewollten Kurzschlussströmen über die Entlastungsnetzwerke mehrerer Phasen kommt. Solche Kurzschlussströme können auftreten, wenn zwei Kondensatoren, die zur Schaltentlastung für zwei äußere Leistungsschalter dienen, die mit unterschiedlichen der beiden Eingangsanschlüsse verbunden sind, gleichzeitig aufgeladen werden oder wenn der eine von ihnen unter Entladen des anderen aufgeladen wird. Die gewünschte Entkopplung kann durch verschiedenen Maßnahmen erreicht werden, die auch aus anderen Gründen realisiert werden können, d. h. bei einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung nicht unbedingt zusätzlich getroffen werden müssen.

So kann bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung eine Steuerung vorhanden sein, die dazu eingerichtet ist, nach einem Einschalten eines der äußeren Leistungsschalter einer der Phasen und vor einem nächsten Einschalten eines anderen der äußeren Leistungsschalter einer anderen der Phasen mindestens eine Aufladezeit abzuwarten, in der der zur Schaltentlastung des einen der äußeren Leistungsschalter vorgesehene Kondensator im Wesentlichen auf das Doppelte der Eingangsgleichspannung aufgeladen wird. Nach dieser Aufladezeit ist der zur Schaltentlastung des einen der äußeren Leistungsschalter vorgesehene Kondensator bereits im Wesentlichen vollständig aufgeladen und dieses Aufladen wird durch das Einschalten des anderen der äußeren Leistungsschalter der anderen der Phasen nicht mehr gestört.

5

20

25

30

Weiterhin kann die Steuerung dazu eingerichtet sein, auch nach einem Einschalten eines der äußeren Leistungsschalter einer der Phasen und vor einem nächsten Einschalten eines der inneren Leistungsschalter einer anderen der Phasen mindestens die Aufladezeit abzuwarten. Hier wird durch das Abwarten der Aufladezeit sichergestellt, dass der zur Schaltentlastung des einen der äußeren Leistungsschalter der einen Phase vorgesehene Kondensator nicht unter Entladen eines aufgeladenen Kondensators der anderen Phase aufgeladen wird.

Alternativ oder zusätzlich kann bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung zur Entkopplung der Entlastungsnetzwerke der einzelnen Phasen das eine der unidirektionalen Schaltelemente in jedem Aufladepfad ein aktiv ansteuerbares Schaltelement sein. Mit Hilfe dieser aktiven Ansteuerbarkeit kann z. B. auch ein in der Durchlassrichtung des unidirektionalen Schaltelements fließender Strom verhindert werden, um ein unerwünschtes Aufladen des jeweils nicht zur Schaltentlastung dienenden Kondensators der jeweiligen Phase zu unterbinden oder auch ein Aufladen des jeweils zur Schaltentlastung dienenden Kondensators zu begrenzen. Wenn von den aktiv ansteuerbaren Schaltelementen in den Aufladepfaden der Entlastungsnetzwerke aller Phasen nur das in dem Ladepfad des jeweils aufzuladenden Kondensator geschlossen ist, kommt es zu keinen wechselseitigen Störungen beim Aufladen der einzelnen Kondensatoren. Wenn zudem beachtet wird, dass das jeweilige aktiv ansteuerbare Schaltelement noch nicht geschlossen wird, während sich ein Kondensator zur Schaltentlastung entlädt, von dem der Entladestrom auf den aufzuladenden Kondensatoren der einzelnen Entlastungsnetzwerke vermieden.

Konkret kann das in jedem Aufladepfad vorhandene eine aktiv ansteuerbare unidirektionale Schaltelement ein nicht aktiv ansteuerbares unidirektionales Schaltelement, d. h. eine Diode,

und ein damit in Reihe geschaltetes aktiv ansteuerbares bidirektionales Schaltelement umfassen. Das nicht aktiv ansteuerbare unidirektionale Schaltelement darf dabei nicht zugleich in dem zugehörigen Entladepfad liegen. Das gilt auch für ein einteiliges aktiv ansteuerbares unidirektionales Schaltelement oder allgemeiner für den Teil des aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelements, der es unidirektional macht. Jeder andere Teil des aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelements kann auch dort angeordnet sein, wo der Aufladepfad und der zugehörige Entladepfad zusammenfallen. So kann das aktiv ansteuerbare Schaltelement auch zwischen dem Ausgangsanschluss der jeweiligen Phase und der Abzweigung des Entladepfads von dem Aufladepfad angeordnet sein. Dann muss es jedoch zum Zeitpunkt der mit dem jeweiligen Kondensator bereitzustellenden Schaltentlastung geschlossen sein, sofern es im geöffneten Zustand auch einen Stromfluss in der Entladerichtung des Kondensators abschaltet. Bei dem aktiv ansteuerbaren Schaltelement bedeutet "bidirektional", dass es einen Stromfluss in beiden Richtungen ermöglicht, diesen aber nicht unbedingt auch in beiden Richtungen abschalten kann. Konkret kann es sich bei dem aktiv ansteuerbaren bidirektionalen Schaltelement um einen Transistor mit einer antiparallelen Diode handeln, deren Durchlassrichtung dann entgegengesetzt zu der Durchlassrichtung der Diode ausgerichtet ist, die das nicht aktiv ansteuerbare unidirektionale Schaltelement ausbildet. Die antiparallele Diode kann beispielsweise eine Bodydiode des Transistors sein.

5

10

15

20

25

30

Das nicht aktiv ansteuerbare unidirektionale Schaltelement und das aktiv ansteuerbare bidirektionale Schaltelement des aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelements können bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung unter Zwischenordnung des Kondensators und/oder der Drossel in dem Aufladepfad in Reihe geschaltet sein. Sie können ebenso auf derselben Seite des Kondensators und/oder der Drossel angeordnet sein.

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann jeder Entladepfad direkt an den jeweiligen Eingangsanschluss angeschlossen sein. Das in dem Entladepfad zwischen dem Eingangsanschluss und der Verzweigung von dem Aufladepfad vorgesehene weitere unidirektionale Schaltelement ist vorzugsweise ein passives unidirektionales Schaltelement, d. h. eine Diode.

Jeder Aufladepfad und damit auch jeder Entladepfad ist bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung vorzugsweise direkt an den Ausgangsanschluss der jeweiligen Phase angeschlossen, um sein Aufladen und auch sein Entladen zur Schaltentlastung unabhängig von der Schaltstellung der inneren Leistungsschalter zu realisieren.

An seinem anderen Ende kann jeder Aufladepfad direkt oder über die Verbindung der inneren Leistungsschalter der jeweiligen Phase mit dem Mittelabgriff zu dem Mittelabgriff verlaufen. Dabei können alle Aufladepfade für alle Kondensatoren aller Entlastungsnetzwerke aller Phasen zusammen über die gemeinsame Drossel führen, die zwischen einer Zusammenführung, an der alle Verbindungen zusammengeführt sind, die die beiden inneren Leistungsschalter jeweils einer Phase mit dem Mittelabgriff verbinden, und dem Mittelabgriff angeordnet ist. Diese Lage der einen gemeinsamen Drossel entspricht der Lage jeder Drossel jedes Entlastungsnetzwerks jeder Phase der aus der DE 10 2010 008 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung.

5

10

15

20

25

30

Im Falle einer gemeinsamen Drossel kann die Entkopplung der Entlastungsnetzwerke der einzelnen Phasen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung auch durch jeweils eine Hilfsdrossel in jedem dieser Entlastungsnetzwerke erreicht werden. Dazu sind diese Hilfsdrosseln jeweils von den inneren Leistungsschaltern aus gesehen vor der gemeinsamen Drossel in den noch nicht zusammengeführten Verbindungen der beiden inneren Leistungsschalter der einzelnen Phasen mit dem Mittelabgriff anzuordnen, wobei dann die beiden Aufladepfade des Entlastungsnetzwerkes der jeweiligen Phase über eine eigene Hilfsdrossel führen, die von den inneren Leistungsschaltern aus gesehen vor der Zusammenführung in der Verbindung der beiden inneren Leistungsschalter der jeweiligen Phasen mit dem Mittelabgriff angeordnet ist, und damit nur in den Aufladepfaden der jeweiligen Phase. Mit den Hilfsdrosseln werden die einzelnen Entlastungsnetzwerke passiv entkoppelt.

Selbst mit solchen zusätzlichen Hilfsdrosseln je Phase ist der Aufwand für alle Drosseln der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit einer gemeinsamen Drossel klein gegenüber dem Aufwand für die große Drossel für jede Phase der aus der DE 10 2010 008 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass eine Induktivität der gemeinsamen Drossel typischerweise mindestens so groß ist wie Induktivitäten der Hilfsdrosseln. Die Induktivität der gemeinsamen Drossel kann auch mindestens doppelt, fünfmal oder zehnmal so groß sein wie die Induktivitäten der Hilfsdrosseln. Je kleiner die relativen Induktivitäten der Hilfsdrosseln sind, desto weniger wirken sie sich auf die Gesamtinduktivitäten in den Aufladepfaden und damit auf die Resonanzkreise aus, die von den jeweiligen Kondensatoren und der gemeinsamen Drossel sowie den ebenfalls in den Aufladepfaden angeordneten Hilfsdrosseln gebildet werden. Konkret können die Hilfsdrosseln als Luftdrosseln ausgeführt sein.

Alternativ zu nur einer gemeinsamen Drossel kann bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für diejenigen Aufladepfade, von denen der zugehörige Entladepfad zu demselben der beiden Eingangsanschlüsse führt, eine separate gemeinsame Drossel in den Aufladepfaden angeordnet sein, und zwar von den Ausgangsanschlüssen der Phasen aus gesehen hinter den Abzweigungen der Entladepfade und vor einem Anschluss dieser Aufladepfade an eine Zusammenführung aller Verbindungen, die die beiden inneren Leistungsschalter jeweils einer der Phasen mit dem Mittelabgriff verbinden. Keine dieser beiden separaten gemeinsamen Drosseln in den Aufladepfaden liegt dann in einer der Verbindungen der inneren Leistungsschalter irgendeiner der Phasen mit dem Mittelabgriff, und die separaten gemeinsamen Drosseln müssen daher nicht den zwischen dem Mittelabgriff und dem jeweiligen Ausgangsanschluss über die inneren Leistungsschalter fließenden Strom führen. Entsprechend müssen sie nur für den über den Aufladepfad fließenden Strom ausgelegt werden.

5

10

15

20

25

Beim Aufladen der ihnen zugeordneten einzelnen Kondensatoren haben die zwei separaten gemeinsamen Drosseln grundsätzlich dieselbe Funktion wie die eine Drossel der Schaltungs-anordnung gemäß der DE 10 2010 008 426 B4. Am Entladen der Kondensatoren bei der Schaltentlastung sind die separaten gemeinsamen Drosseln jedoch nicht beteiligt. Die Entladung der Kondensatoren erfolgt also weder über Resonanzkreise, in denen die separaten gemeinsamen Drosseln angeordnet sind, noch wird ein Strom von den Kondensatoren zu dem Mittelabgriff durch die separaten gemeinsamen Drosseln gedämpft. Dies ist bei der getakteten Ansteuerung der mittleren Leistungsschalter zu berücksichtigen.

Verglichen mit dem Aufwand für die für jede Phase vorzusehende große Drossel der aus der DE 10 2010 008 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung ist der Aufwand für die nur kleinen separaten gemeinsamen Drosseln dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung besonders klein. Dieser Vorteil bei der Herstellung eines Mehrpunktwechselrichters mit Entlastungsnetzwerk in der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung geht auch nicht dadurch verloren, dass bei dieser Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung das in dem jeweiligen Aufladepfad vorgesehene eine unidirektionale Schaltelement vorzugsweise ein aktiv ansteuerbares Schaltelement ist, um die einzelnen Aufladepfade auch innerhalb des Entlastungsnetzwerks jeder einzelnen Phase zu entkoppeln.

Wenn separate gemeinsame Drosseln für diejenigen Aufladepfade vorhanden sind, von denen der zugehörige Entladepfad zu demselben der beiden Eingangsanschlüsse führt, kann in der zusammengeführten Verbindung der beiden inneren Leistungsschalter aller Phasen mit dem

Mittelabgriff eine zusätzliche Hilfsdrossel vorgesehen sein, um Ströme zu dämpfen, die von dem jeweils zur Schaltentlastung dienenden, aber nicht vollständig entladenen Kondensator fließen können, wenn der komplementär zu dem schaltentlasteten äußeren Leistungsschalter getaktete innere Leistungsschalter geschlossen wird. Selbst mit einer solchen zusätzlichen Hilfsdrossel ist der Aufwand für alle Drosseln der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung mit zwei separaten gemeinsamen Drosseln besonders klein gegenüber dem Aufwand für die große Drossel für jede Phase der aus der DE 10 2010 008 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Induktivitäten der beiden separaten gemeinsamen Drosseln typischerweise mindestens so groß sind wie eine Induktivität der Hilfsdrossel. Die Induktivitäten der beiden separaten gemeinsamen Drosseln können auch mindestens doppelt, fünfmal oder zehnmal so groß sein wie eine Induktivität dieser Hilfsdrossel. Je kleiner die relative Induktivität der Hilfsdrossel ist, desto weniger wirkt sie sich auf die Gesamtinduktivität in den Aufladepfaden und damit auf die Resonanzkreise aus, die von den jeweiligen Kondensatoren und den separaten gemeinsamen Drosseln sowie der ebenfalls in den Aufladepfaden angeordneten Hilfsdrossel gebildet werden. Konkret kann die Hilfsdrossel als Luftdrossel ausgeführt sein.

5

10

15

20

25

30

Bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung sind die Durchlassrichtungen des einen und des weiteren der unidirektionalen Schaltelemente in dem Aufladepfad und dem Entladepfad für jeden Kondensator von dem jeweiligen Ausgangsausschluss aus gesehen einander entgegengerichtet. Dabei sind die weiteren der unidirektionalen Schaltelemente bezogen auf den Pol der Eingangsspannung an demjenigen der Eingangsanschlüsse, mit dem der Entladepfad verbunden ist, in Bezug auf den Pol der Eingangsgleichspannung, der an dem Eingangsanschluss anliegt, in Sperrrichtung ausgerichtet. Die weiteren unidirektionalen Schaltelemente der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung entsprechen damit weitgehend den äußeren Dioden der aus der DE 10 2010 08 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung, während die dortigen inneren Dioden bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung durch aktiv ansteuerbare unidirektionale Schaltelemente ersetzt sein können und zu Teilen auch an anderer Stelle in dem jeweiligen Aufladepfad angeordnet sein können.

Die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung kann auf eine Vielzahl von mehrphasigen Dreipunkt- und Mehrpunktwechselrichtern angewandt werden. Hierzu zählen NPC-Wechselrichter, BSNPC-Wechselrichter, ARCP- und S3L-Wechselrichter.

Zur Taktung der Leistungsschalter und auch der aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelemente bestimmter Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung ist eine

Steuerung vorzusehen. Wenn im Folgenden beschrieben wird, welche Aktionen diese Steuerung ausführen kann, so impliziert dies insbesondere, dass die Steuerung in geeigneter Weise zur Ausführung eben dieser Aktionen eingerichtet ist. Diese Steuerung kann für jede Phase das aktiv ansteuerbare Schaltelement in dem Aufladepfad, von dem der Entladepfad zu dem einen Eingangsanschluss führt, innerhalb eines Zeitraums schließen, über den hinweg sie den äußeren Leistungsschalter für die jeweilige Phase, der mit dem anderen Eingangsanschluss verbunden ist, in Pulsen schließt. Für diesen äußeren Leistungsschalter dient der Kondensator, für den der Aufladepfad vorgesehen ist, als Schaltentlastung. Der jeweils andere Kondensator, der als Schaltentlastung für den anderen äußeren Leistungsschalter vorgesehen ist, sollte, solange der andere äußere Leistungsschalter nicht getaktet wird, auch nicht aufgeladen werden, um insbesondere keine unerwünschten Entladeströme hervorzurufen. Daher hält die Steuerung das aktiv ansteuerbare Schaltelement in dessen Aufladepfad solange geöffnet, wie der andere äußere Leistungsschalter für die jeweilige Phase nicht getaktet wird.

5

10

15

20

25

30

Vorzugsweise schließt die Steuerung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für jede Phase das aktiv ansteuerbare Schaltelement nur innerhalb eines Teilzeitraums des Zeitraums, über den hinweg sie den jeweiligen äußeren Leistungsschalter taktet, d. h. in Pulsen schließt. Dieser Teilzeitraum zeichnet sich dadurch aus, dass der Betrag eines Momentanwerts des über den Ausgangsanschluss ausgegebenen Ausgangswechselstroms einen unteren Grenzwert einhält und dass der Momentanwerts des Ausgangswechselstroms und ein Momentanwert der Ausgangswechselspannung gleiche Vorzeichen aufweisen. Der Grenzwert ist so zu bemessen, dass der zur Schaltentlastung dienende Kondensator bei jedem Entlastungsvorgang zumindest im Wesentlichen vollständig entladen wird, und zwar binnen kurzer Zeit. Diese Zeit muss als Totzeit zwischen den Pulsen verbleiben, in denen der äußere Leistungsschalter und der dazu komplementär getaktete innere Leistungsschalter geschlossen werden.

Die Steuerung der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung kann das aktiv ansteuerbare Schaltelement nicht nur einmal pro Halbwelle des ausgegebenen Ausgangswechselstroms, sondern auch in Pulsen schließen, die dieselbe Frequenz aufweisen wie die Pulse, in denen sie den jeweiligen Leistungsschalter schließt. Dabei liegen diese Pulse vorzugsweise vollständig innerhalb der Pulse, in denen die Steuerung den äußeren Leistungsschalter schließt. Idealerweise werden die Pulse, für die das aktiv ansteuerbare Schaltelement geschlossen wird, mit den Pulsen, in denen die Steuerung den äußeren Leistungsschalter schließt, synchronisiert. Dabei wird aber das gegebenenfalls zur Entkopplung der Entlastungsnetzwerke der einzelnen Phasen notwendige Abwarten der Auflade- oder Entladezeiten eingehalten. Durch die Breite

der Pulse, für die das aktiv ansteuerbare Schaltelement geschlossen wird, kann auch Einfluss auf das Maß der Aufladung des den äußeren Leistungsschalter schaltentlastenden Kondensators genommen werden. Die Breite der Pulse, für die das aktiv ansteuerbare Schaltelement geschlossen wird, kann aber auch konstant sein.

- Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den Patentansprüchen, der Be-5 schreibung und den Zeichnungen. Die in der Beschreibung genannten Vorteile von Merkmalen und von Kombinationen mehrerer Merkmale sind lediglich beispielhaft und können alternativ oder kumulativ zur Wirkung kommen, ohne dass die Vorteile zwingend von erfindungsgemäßen Ausführungsformen erzielt werden müssen. Ohne dass hierdurch der Gegenstand der beige-10 fügten Patentansprüche verändert wird, gilt hinsichtlich des Offenbarungsgehalts der ursprünglichen Anmeldungsunterlagen und des Patents Folgendes: weitere Merkmale sind den Zeichnungen - insbesondere der relativen Anordnung und den Wirkverbindungen mehrerer Bauteile - zu entnehmen. Die Kombination von Merkmalen unterschiedlicher Ausführungsformen der Erfindung oder von Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche ist ebenfalls abweichend von den gewählten Rückbeziehungen der Patentansprüche möglich und wird hiermit angeregt. Dies 15 betrifft auch solche Merkmale, die in separaten Zeichnungen dargestellt sind oder bei deren Beschreibung genannt werden. Diese Merkmale können auch mit Merkmalen unterschiedlicher Patentansprüche kombiniert werden. Ebenso können in den Patentansprüchen aufgeführte Merkmale für weitere Ausführungsformen der Erfindung entfallen.
- Die in den Patentansprüchen und der Beschreibung genannten Merkmale sind bezüglich ihrer Anzahl so zu verstehen, dass genau diese Anzahl oder eine größere Anzahl als die genannte Anzahl vorhanden ist, ohne dass es einer expliziten Verwendung des Adverbs "mindestens" bedarf. Wenn also beispielsweise von einem Element die Rede ist, ist dies so zu verstehen, dass genau ein Element, zwei Elemente oder mehr Elemente vorhanden sind. Diese Merkmale können durch andere Merkmale ergänzt werden oder die einzigen Merkmale sein, aus denen das jeweilige Erzeugnis besteht.

Die in den Patentansprüchen enthaltenen Bezugszeichen stellen keine Beschränkung des Umfangs der durch die Patentansprüche geschützten Gegenstände dar. Sie dienen lediglich dem Zweck, die Patentansprüche leichter verständlich zu machen.

KURZBESCHREIBUNG DER FIGUREN

Im Folgenden wird die Erfindung anhand in den Figuren dargestellter bevorzugter Ausführungsbeispiele weiter erläutert und beschrieben.

Fig. 1 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer ersten Ausführungsform basierend auf einem dreiphasigen S3L-Wechselrichter.

5

15

- Fig. 2 zeigt die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer zweiten Ausführungsform basierend auf einem dreiphasigen S3L-Wechselrichter.
- Fig. 3 zeigt die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer weiteren Ausführungsform, ebenfalls basierend auf einem dreiphasigen S3L-Wechselrichter.
- 10 **Fig. 4** zeigt die erfindungsgemäße Schaltungsanordnung in einer weiteren Ausführungsform basierend auf einem dreiphasigen BSNPC-Wechselrichter.
 - Fig. 5 illustriert die Ansteuerung von aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelementen der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4 in einer Ausführungsform mit einem Phasenwinkel von null zwischen ausgegebenem Ausgangswechselstrom und Ausgangswechselspannung.
 - Fig. 6 illustriert die Ansteuerung der aktiv ansteuerbaren unidirektionalen Schaltelemente der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 4 in einer Ausführungsform mit einem der Ausgangswechselspannung nacheilenden Ausgangswechselstrom.
- Fig. 7 zeigt den Aufbau einer Phase einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer weiteren Ausführungsform basierend auf einem NPC-Wechselrichter.
 - Fig. 8 zeigt den Aufbau einer Phase einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in einer weiteren Ausführungsform basierend auf einem BSNPC-Wechselrichter; und
- Fig. 9 zeigt den Aufbau einer Phase einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung in noch einer weiteren Ausführungsform basierend auf einem BSNPC-Wechselrichter.

FIGURENBESCHREIBUNG

Die in **Fig. 1** dargestellte Schaltungsanordnung 1 basiert auf einem dreiphasigen S3L-Wechselrichter. Sie weist zwei Eingangsanschlüsse 11 und 21 für eine positiven und einen negativen Pol einer Eingangsgleichspannung u_{in} auf. Die Eingangsgleichspannung u_{in} liegt über einem Gleichspannungszwischenkreis 2 mit zwei Zwischenkreiskondensatoren 12 und 22 und einem Mittelabgriff 3 an. Zwischen die Eingangsanschlüsse 11 und 21 sind für jede Phase zwei äußere Leistungsschalter 13 und 23 in Reihe geschaltet. Zwischen den Leistungsschaltern 13 und 23 liegt jeweils ein Ausgangsanschluss 4, über den ein Ausgangswechselstrom i_{load1} , i_{load2} bzw. i_{load3} ausgegeben wird. Der Ausgangsanschluss 4 jeder Phase ist über miteinander in Reihe geschaltete innere Leistungsschalter 14 und 24 mit dem Mittelabgriff 3 verbunden. Die Leistungsschalter 13, 14, 23 und 24 sind hier jeweils als IGBT mit antiparallelen Dioden 5 ausgebildet. Die antiparallelen Dioden 5 der äußeren Leistungsschalter 13 und 23 sind dabei bezüglich der Eingangsgleichspannung u_{in} in Sperrrichtung ausgerichtet. Die antiparallelen Dioden 5 der inneren Leistungsschalter 14 und 24 weisen einander entgegengerichtete Sperrrichtungen auf.

5

10

15

20

25

30

Die Leistungsschalter 13, 14, 23 und 24 werden in der Schaltungsanordnung 1 genauso angesteuert wie bei einem herkömmlichen dreiphasigen S3L-Wechselrichter. Zur Schaltentlastung der äußeren Leistungsschalter 13 und 23 ist für jede Phase ein Entlastungsnetzwerk 6 vorgesehen, das zwei Kondensatoren 15 und 25und vier unidirektionale Schaltelemente 17, 18, 27, 28 aufweist. Zusammen weisen die Entlastungsnetzwerke 6 aller Phasen eine gemeinsame Drossel 16 auf. Dabei ist jeweils einer der Kondensatoren 15 und 25 mit einem der unidirektionalen Schaltelemente 17 und 27 und der gemeinsamen Drossel 16 in einem Aufladepfad 19 bzw. 29 in Reihe geschaltet. Dieser Aufladepfad 19 bzw. 29 ist mit einem kondensatorseitigem Ende mit dem Ausgangsanschluss 4 verbunden und mit einem drosselseitigen Ende mit dem Mittelabgriff 3. Dabei münden die Aufladepfade 19 und 29 in Verbindungen 8 der Reihenschaltung der inneren Leistungsschalter 14 und 24 mit dem Mittelabgriff 3 ein und die gemeinsame Drossel liegt zwischen einer Zusammenführung 9 der Verbindungen 8 und dem Mittelabgriff 3. Von jedem der Entladepfade 19 und 29 zweigt zwischen dem jeweiligen Kondensator 15 bzw. 25 und der jeweiligen Drossel 16 bzw. 26 ein Entladepfad 20 bzw. 30 in einer Abzweigung 35 ab. Von dem Ausgangsanschluss 4 bis zu den Abzweigungen 35 sind die Entladepfade 20 und 30 identisch mit den Aufladepfaden 19 und 29. Jenseits der Abzweigungen 35 sind die Entladepfade 20 und 30 über die weiteren unidirektionalen Schaltelemente 18 und 28 an die Eingangsanschlüsse 21 bzw. 11 angeschlossen. Bei den weiteren unidirektionalen Schaltelementen 18 und 28 handelt es sich hier um Dioden 7, bei den unidirektionalen Schaltelementen 17 und 27 um Dioden 10. Von dem Ausgangsanschluss 4 über die Aufladepfade 19 und 29 und die Entladepfade 20 und 30 aus gesehen, sind die Durchlassrichtungen der Dioden 7 und 10 der unidirektionalen Schaltelementen 17 und 18 einerseits sowie 27 und 28 andererseits einander jeweils entgegengerichtet. Zwischen den Eingangsanschlüssen 11 und 21 sind alle Dioden 7 und 10 einer Phase in Reihe geschaltet, wobei ihr Mittelpunkt auf die Verbindung 8 fällt und ihre Zwischenpunkte auf jeder Seite des Mittelpunkts auf die Abzweigungen 35 und wobei alle Dioden 7 und 10 bezüglich der Eingangsgleichspannung u_{in} in Sperrrichtung ausgerichtet sind.

5

10

15

20

25

30

In jedem Entlastungsnetzwerk 6 ist der Kondensator 15 zur Schaltentlastung des äußeren Leistungsschalters 13 und der Kondensator 25 zur Schaltentlastung des äußeren Leistungsschalters 23 vorgesehen. Im Folgenden wird als Beispiel das Aufladen und Entladen einer der Kondensatoren 15 beschrieben. Das Aufladen und Entladen der Kondensatoren 25 erfolgt entsprechend. Bei geschlossenem Leistungsschalter 13 und zugleich geschlossenem MOSFET 9 des Schaltelements 17 fließt ein Strom i_{13} durch den Leistungsschalter 13 nicht nur als an dem Ausgangsanschluss 4 ausgegebener Ausgangswechselstrom i_{load1} , i_{load2} bzw. i_{load3} zu einer angeschlossenen, hier aber nicht dargestellten Last, sondern vorübergehend zum Teil auch durch den Aufladepfad 19 zu dem Kondensator 15 und von dort über das Schaltelement 17 und durch die Drossel 16 zu dem Mittelabgriff 3. Dass hier vorübergehend ein Strom fließen muss, ergibt sich daraus, dass die über dem Zwischenkreiskondensator 12 abfallende halbe Eingangsgleichspannung $u_{in}/2$ über der Masche, die sich durch den Leistungsschalter 13 und über den Aufladepfad 19 zu dem Mittelabgriff 3 erstreckt, vollständig abfallen muss. Tatsächlich wird der Kondensator 15 aber nicht nur auf die halbe Eingangsgleichspannung $u_{in}/2$ aufgeladen, weil die Drossel 16 den anfangs durch sie fließenden Strom weiter aufrechterhält, bis eine Aufladung des Kondensators auf die volle Eingangsgleichspannung u_{in} erreicht ist. Eine nachfolgende Entladung des Kondensators 15 wird durch die in dem Aufladepfad 19 liegende Diode 10 verhindert.

Anders gesagt bildet der Kondensator 15 mit der Drossel 16 einen Serienresonanzkreis, in dem der durch den Aufladepfad 19 bis zum Aufladen des Kondensators 15 auf $u_{in}/2$ während eines ersten Viertels einer Resonanzperiode fließende Strom auch die Drossel 16 energetisiert, die ihre Energie anschließend während eines zweiten Viertels der Resonanzperiode des Serienresonanzkreises unter weiterer Aufladung des Kondensators 15 auf u_{in} wieder abgibt. Durch die Diode 10 in dem Serienresonanzkreis wird die Resonanzschwingung jedoch anschließend beendet, so dass sich der Kondensator 15 nicht unter neuerlicher Energetisierung

der Drossel 16 entladen kann. Die Entladung des Kondensators 15 erfolgt vielmehr dann, wenn der Leistungsschalter 13 geöffnet wird, so dass der Strom i_{13} nicht mehr fließen kann. Indem der Kondensator 15 durch seine Entladung den Ausgangswechselstrom i_{load} übernimmt, wobei die Diode 7 in seinem Entladepfad 20 leitend wird, verhindert er ein schlagartiges Ansteigen der über dem Leistungsschalter 13 abfallenden Spannung u_{13} . Diese Spannung u_{13} ist die Summe der Eingangsgleichspannung u_{in} und der über dem Kondensator 15 abfallenden Spannung u_{15} . Da der Kondensator 15 auf u_{in} aufgeladen wurde, ist die Spannung u_{13} über dem Leistungsschalter 13 daher Anfangs null und steigt erst mit der unter u_{in} fallenden Spannung u_{15} des Kondensators 15 an. Auf diese Weise wird eine Schaltentlastung durch spannungsloses Schalten des Leistungsschalters 13 realisiert.

5

10

15

20

25

30

Dieser Ort der gemeinsamen Drossel 16 in der Schaltungsanordnung 1 gemäß Fig.1 entspricht grundsätzlich demjenigen bei der aus der DE 10 2010 008 426 B4 bekannten Schaltungsanordnung. Abweichend von der DE 10 2010 008 426 B4 ist jedoch bei der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 1 nur die eine Drossel 16 für alle drei Phasen vorhanden. Dabei kommt es auch bei Verwendung nur dieser einen Drossel 16 zu keinen wechselseitigen Störungen zwischen den Entlastungsnetzwerken 6 der einzelnen Phasen, wenn das Schalten der Leistungsschalter 13, 14, 23 und 24 aller Phasen so aufeinander abgestimmt wird, dass keine Ströme zwischen den Kondensatoren 15, 25 fließen. Dafür reicht es aus, nach einem Schließen eines der äußeren Leistungsschalter 13 oder 23 und vor einem nächsten Schließen eines der äußeren Leistungsschalter 13 bzw. 23 oder eines inneren Leistungsschalters 24 bzw. 14 einer anderen Phase mindestens eine Aufladezeit abzuwarten, in der der zur Schaltentlastung des einen der äußeren Leistungsschalter 13 oder 23 vorgesehene Kondensator 15 bzw. 25 auf das Doppelte der Eingangsgleichspannung $u_{\rm in}$ aufgeladen wird.

Bei der Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung für einen dreiphasigen Mehrpunktwechselrichter gemäß sind Entkopplung Fig. 2 zur der einzelnen Entlastungsnetzwerke 6 Hilfsdrosseln 39 in den Verbindungen 8 der inneren Leistungsschalter 14 und 24 mit dem Mittelabgriff 3 von den inneren Leistungsschaltern 14 bzw. 24 aus gesehen vor der Drossel 16 und auch vor der Zusammenführung 9 angeordnet. Diese Hilfsdrosseln 39, deren Induktivität deutlich kleiner als die Induktivität der Drossel 16 sein kann, verhindern das Fließen von Strömen von einem Kondensator 15, 25 eines Entlastungsnetzwerks 6 einer Phase zu einem der Kondensatoren 15, 25 des Entlastungsnetzwerks 6 einer anderen Phase. Dadurch kann auf das Abwarten einer Aufladezeit zwischen dem Einschalten verschiedener Leistungsschalter 13, 14, 23, 24 verschiedener Phasen verzichtet werden.

Fig. 3 illustriert wie die Fig. 1 und 2 eine erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 1 für einen dreiphasigen S3L-Wechselrichter, wobei der Aufbau wieder Fig. 1 entspricht, außer dass die unidirektionalen Schaltelemente 17 und 27 in den Aufladepfaden 19 und 29 für jede Phase hier als aktiv ansteuerbare Schaltelemente 38 ausgebildet sind. Durch selektives Ansteuern, d. h. Einschalten der aktiv ansteuerbaren Schaltelemente 38, können die Aufladepfade 19, 29 selektiv freigeschaltet werden und auf diese Weise eine wechselseitige Störung der Entlastungsnetzwerke 6 der einzelnen Phasen vermieden werden.

5

10

15

20

25

30

Die in Fig. 4 illustrierte erfindungsgemäße Schaltungsanordnung 1 für einen dreiphasigen Mehrpunktwechselrichter ist ein BSNPC-Wechselrichter, bei dem gegenüber den bisher gezeigten 3SL-Wechselrichtern als Besonderheit zwei gemeinsame Drosseln 16 und 26 vorgesehen sind. Diese gemeinsamen Drosseln 16 und 26 liegen jeweils in allen Aufladepfaden 19 bzw. 29 für die Kondensatoren 15 bzw. 25, die zur Schaltentlastung aller Leistungshalbleiterschalter 13 bzw. 23 vorgesehen sind, die mit jeweils demselben Eingangsanschlüsse 11 und 21 direkt verbunden sind. Die Drosseln 16 und 26 liegen dabei vor der Zusammenführung 9 der Verbindungen 8, die die inneren Leistungsschalter 14 und 24 der einzelnen Phasen mit dem Mittelabgriff 3 verbinden. Ströme, die über die Verbindungen 8 fließen, fließen daher nicht durch die Drosseln 16 und 26; die Drosseln 16 und 26 müssen daher nicht für diese Ströme ausgelegt werden. Die Drosseln 16 und 26 sind zwar separate Drosseln für alle Aufladepfade 19 einerseits und 29 andererseits, sie werden aber von den Entlastungsnetzwerken 6 aller Phasen gemeinsam genutzt. Die Entkopplung der einzelnen Entlastungsnetzwerke 6 erfolgt auch hier wie bei der Schaltungsanordnung gemäß Fig. 3 durch als aktiv ansteuerbare Schaltelemente 38 ausgebildete unidirektionale Schaltelemente 17 und 27 in den Aufladepfaden 19 und 29.

Damit die Kondensatoren 15 und 25 nach der durch sie bewirkten Schaltentlastung für den jeweiligen äußeren Leistungsschalter 13 bzw. 23 die Funktion des Mehrpunktwechselrichters nicht stören, müssen sie sich bei der Schaltentlastung möglichst vollständig entladen. Einer unerwünschten Aufladung in falscher Richtung steht die antiparallele Diode 5 des jeweils anderen Leistungsschalters 23 bzw. 13 entgegen. Eine vollständige Entladung zum Beispiel des Kondensators 15 bei der Schaltentlastung des Leistungsschalters 13 wird erreicht, wenn zum Zeitpunkt des Öffnens des Leistungsschalters 13 zumindest ein Ausgangswechselstrom i_{load} fließt, der von dem Kondensator 15 übernommen wird und diesen entlädt. In **Fig. 5** sind für einen Phasenwinkel null zwischen einer Ausgangswechselspannung u_{out} an einem der Ausgangsanschlüsse 4 gemäß Fig. 3 oder 4 und dem Ausgangswechselstrom i_{load1}

Teilzeiträume 31 und 32 eingezeichnet, in denen der Betrag eines Momentanwerts des Ausgangswechselstroms i_{load1} einen Grenzwert i_{min} überschreitet. Hierbei handelt es sich um Teilzeiträume 31 und 32 der beiden Halbwellen der Ausgangswechselspannung u_{out} , über die hinweg jeweils einer der Leistungsschalter 13, 23 der jeweiligen Phase getaktet wird, und zwar der Leistungsschalter 13 bei der positiven Halbwelle und der Leistungsschalter 23 bei der negativen Halbwelle. Über den Teilzeitraum 31 der positiven Halbwelle wird das aktiv ansteuerbare Schaltelement 38 des unidirektionalen Schaltelements 17 gemäß Fig. 3 oder 4 geschlossen, über den Teilzeitraum 32 der negativen Halbwelle das aktiv ansteuerbare Schaltelement 38 des unidirektionalen Schaltelements 27. Durch das Offenhalten des aktiv ansteuerbaren Schaltelements 38 des jeweils anderen unidirektionalen Schaltelements 27 bzw. 17 während der Teilzeiträume 31 und 32 wird sichergestellt, dass sich der zuvor aufgeladene Kondensator 15 oder 25 beim Öffnen des jeweils zu entlastenden Leistungsschalters 13 bzw. 23 nicht teilweise auch über den anderen Kondensator 25 bzw. 15 entlädt. Ein derart unerwünscht aufgeladener Kondensator 25 bzw. 15 würde beim anschließenden Ansteuern des komplementär zu dem äußeren Leistungsschalter 13 oder 23 getakteten inneren Leistungsschalters 24 bzw.14 ebenso kurzgeschlossen wie ein bei der Schaltentlastung noch nicht vollständig entladener Kondensator 15 bzw. 25. Ein offenes Schaltelement 17 oder 27 in dem jeweiligen Aufladepfad 19 bzw. 29 verhindert das unerwünschte Aufladen des in dem Aufladepfad 19 bzw. 29 angeordneten Kondensators 15 bzw. 25.

5

10

15

20

25

30

Fig. 6 illustriert, dass bei einem der Ausgangswechselspannung u_{out} nacheilendem Ausgangswechselstrom i_{load1} die Teilzeiträume 31 und 32, in denen die Schaltelemente 17 und 27 geschlossen werden, innerhalb der Halbwellen der Ausgangswechselspannung u_{out} erst beginnen, wenn der Betrag des Momentanwerts des Ausgangswechselstroms i_{load1} bei jeweils gleichem Vorzeichen der Momentanwerte der Ausgangswechselspannung u_{out} und des Ausgangswechselstroms i_{load1} den Grenzwert i_{min} überschritten hat. Die Teilzeiträume 31 und 32 enden aber spätestens mit dem Vorzeichenwechsel der Ausgangswechselspannung u_{out} , bei dem beim Takten zwischen den äußeren Leistungshalbleiterschaltern 13 und 23 gewechselt wird. Weiter zeigt Fig. 6 auf, dass es auch möglich ist, die Schaltelemente 17 und 27 nicht für die gesamten Teilbereiche 31 und 32 dauerhaft geschlossen zu halten, sondern nur für Pulse, die mit den Pulsen synchronisiert sind, für die der jeweilige äußere Leistungsschalter 13 und 23 beim Takten geschlossen wird. Durch die relative Lage der Pulse, für die die Schaltelemente 17 und 27 geschlossen werden, innerhalb der Pulse, für die der jeweilige äußere Leistungsschalter 13 und 23 geschlossen wird, kann der Verlauf des über das jeweilige Schaltelemente 17 bzw. 27 zu dem jeweiligen Kondensator 15 bzw. 25 fließenden Ladestroms beeinflusst werden.

Vorzugsweise sind die Pulse, für die die Schaltelemente 17 und 27 geschlossen werden, mindestens so lang wie die halbe Resonanzperiode des Serienresonanzkreises aus dem Kondensator 15 bzw. 25 und der Drossel 16 bzw. 26. Durch kürzere Pulse als die halbe Resonanzperiode des Serienresonanzkreises kann die Aufladung des jeweiligen Kondensators 15 bzw. 25 auch auf weniger als u_{in} begrenzt werden, um seine Entladung auch bei kleinem Ausgangswechselstrom i_{load} sicherzustellen. Allerdings erfolgt dann keine vollständige Schaltentlastung, d. h. kein vollständig spannungsloses Schalten des jeweiligen Leistungsschalters 13 bzw. 23.

5

10

15

20

25

30

Zu den Fig. 5 und 6 ist noch anzumerken, dass hier nicht die tatsächlich ausgegebene Ausgangswechselspannung u_{out} dargestellt ist, die ein pulsweitenmoduliertes Rechtecksignal ist. Vielmehr handelt es sich um die gewünschte Ausgangswechselspannung u_{out} , d. h. eine Vorgabe für die Pulsweitenmodulation bei der Ansteuerung der äußeren Leistungsschalter 13 und 23, die mit der Grundwelle der Spannung am Ausgangsanschluss 4 in Phase ist.

Bei den erfindungsgemäßen S3L-Wechselrichtern gemäß den Fig. 1 bis 3 kann eine vollständige Entladung des jeweiligen Kondensators 15, 25 bei der Schaltentlastung auch mit Hilfe eines über den jeweiligen Ausgangsanschluss 4 hinweg mit der gemeinsamen Drossel 16 gebildeten Resonanzkreises genutzt werden.

Im Folgenden werden drei Variationen des in Fig. 4 gezeigten dreiphasigen Mehrpunktwechselrichters anhand des Aufbaus jeweils nur einer Phase dieses Wechselrichters erläutert. Zur Ergänzung der weiteren Phasen werden mit Ausnahme der Eingangsanschlüsse 11, 21, des Gleichspannungszwischenkreises 2 mit den Zwischenkreiskondensatoren 12, 22 und des Mittelabgriffs 3 sowie den gemeinsamen Drosseln 25 und 26 alle dargestellten Teile für jede Phase jeweils noch einmal hinzugefügt.

Fig. 7 zeigt eine Phase einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, die von einem NPC-Wechselrichter ausgeht, bei dem die äußeren Leistungsschalter 13 und 23 und die inneren Leistungsschalter 14 und 24 in Reihe geschaltet sind, wobei der Mittelpunkt der Reihenschaltung den Ausgangsanschluss 4 bildet. Dabei führen von Zwischenpunkten 33 zwischen den äußeren Leistungsschaltern 13 und 23 und den inneren Leistungsschaltern 14 und 24 Dioden 34, die in Bezug auf die Eingangsgleichspannung u_{in} in Sperrrichtung ausgerichtet sind, zu dem Mittelabgriff 3. Über diese Dioden 34 sind auch hier die inneren Leistungsschalter 14 und 24 einerseits an den Mittelabgriff 3 angeschlossen, während sie andererseits direkt an den

Ausgangsanschluss 4 angeschlossen sind. Das Entlastungsnetzwerk 6 ist hier grundsätzlich genauso ausgebildet wie in Fig. 4. Die Leistungsschalter 13, 14, 23 und 24 werden in der Schaltungsanordnung 1 gemäß Fig. 1 prinzipiell genauso angesteuert wie bei einem herkömmlichen NPC-Wechselrichter.

- Die Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung, die anhand einer Phase in **Fig. 8** dargestellt ist, basiert wie diejenige gemäß Fig. 4 auf einem BSNPC-Wechselrichter. Dabei sind die folgenden Variationsmöglichkeiten gegenüber Fig. 4 illustriert, die auch unabhängig voneinander umgesetzt werden können. Statt die inneren Schaltelemente 14 und 24 aus in Reihe geschalteten Transistoren mit antiparallelen Dioden 5 auszubilden, wobei die antiparallele Diode 5 des einen Transistors jeweils für einen unidirektionalen Stromfluss durch den anderen Transistor sorgt, sind hier zwei in Umkehrrichtung blockierende Transistoren 36, d. h. direkt unidirektional ausgebildete Schaltelemente, parallel geschaltet. Weiterhin sind die als aktiv ansteuerbare Schaltelemente 38 ausgebildeten unidirektionalen Schaltelemente 17 und 27 als Thyristoren 37 konkretisiert.
- Die in **Fig. 9** anhand einer Phase gezeigte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung 1 weicht von derjenigen gemäß Fig. 4 dadurch ab, dass die als aktiv ansteuerbare Schaltelemente 38 ausgebildeten unidirektionalen Schaltelemente 17 und 27 nicht nur in Dioden 10 und weitere nicht unidirektional ausgebildete und hier nur schematisch dargestellte Schaltelemente 40 aufgeteilt sind, sondern dass diese Teile 10 und 40 sich auch auf unterschiedlichen Seiten der Kondensatoren 15 und 25 befinden. Hierdurch wird die Funktion des Entlastungsnetzwerks 6 jedoch nicht grundsätzlich verändert.

16/012455 PCT/EP2015/066660

BEZUGSZEICHENLISTE

21

| ıg |
|----|
| |

- 2 Gleichspannungszwischenkreis
- 3 Mittelabgriff
- 4 Ausgangsanschluss
- 5 Antiparallele Diode
- 6 Entlastungsnetzwerk
- 7 Diode
- 8 Verbindung
- 9 Zusammenführung
- 10 Diode
- 11 Eingangsanschluss
- 12 Zwischenkreiskondensator
- 13 Leistungsschalter
- 14 Leistungsschalter
- 15 Kondensator
- 16 Drossel
- 17 Schaltelement
- 18 Schaltelement
- 19 Aufladepfad
- 20 Entladepfad
- 21 Eingangsanschluss
- 22 Zwischenkreiskondensator
- 23 Leistungsschalter
- 24 Leistungsschalter
- 25 Kondensator
- 26 Drossel
- 27 Schaltelement
- 28 Schaltelement
- 29 Aufladepfad
- 30 Entladepfad
- 31 Teilbereich
- 32 Teilbereich
- 33 Zwischenpunkt

34 Diode

- 35 Abzweigung
- 36 Transistor
- 37 Thyristor
- 38 Schaltelement
- 39 Hilfsdrossel
- 40 Schaltelement

PCT/EP2015/066660

PATENTANSPRÜCHE

- 1. Schaltungsanordnung (1) für einen mehrphasigen Mehrpunktwechselrichter,
- 2 mit einem Eingangsanschluss (11) für einen positiven Pol und einem Eingangsanschluss
- 3 (21) für einen negativen Pol einer Eingangsgleichspannung (u_{in}),
- 4 mit einem Mittelabgriff (3) für einen Spannungsmittelpunkt der Eingangsgleichspannung
- (u_{in}) und

- 6 für jede Phase
- mit einem Ausgangsanschluss (4) zum Ausgeben eines Ausgangswechselstroms
 (*i*_{load1}, *i*_{load2}, *i*_{load3}),
 - mit zwei äußeren Leistungsschaltern (13, 23), von denen jeweils einer mit einem der beiden Eingangsanschlüsse (11, 21) verbunden ist,
 - mit zwei inneren Leistungsschaltern (14, 24), die jeweils einerseits direkt oder über eine Diode (5, 34) mit dem Mittelabgriff (3) und andererseits direkt oder über eine Diode (5) mit dem Ausgangsanschluss (4) verbunden sind, und
 - mit einem Entlastungsnetzwerk (6) für die äußeren Leistungsschalter (13, 23), das zwei Kondensatoren (15, 25) und vier unidirektionale Schaltelemente (17, 18, 27, 28) umfasst,
 - wobei für jeden der beiden Kondensatoren (15, 25) ein Aufladepfad (19, 29) zwischen dem Ausgangsanschluss (4) und dem Mittelabgriff (3) verläuft, wobei der jeweilige Kondensator (15, 25) in dem Aufladepfad (19, 29) mit einem der Schaltelemente (17, 27) und einer Drossel (16, 26) in Reihe geschaltet ist, und
 - wobei zwischen dem Ausgangsanschluss (4) und jedem der Eingangsanschlüsse (11, 21) ein Entladepfad (20, 30) für jeweils einen der beiden Kondensatoren (15, 25) verläuft, wobei der Entladepfad (20, 30) von dem Ausgangsanschluss (4) aus gesehen hinter dem jeweiligen Kondensator (15, 25) und vor der Drossel (16, 26) in einer Abzweigung (35) von dem jeweiligen Aufladepfad (19, 29) abzweigt und wobei ein weiteres der Schaltelemente (18, 28) zwischen der Abzweigung (35) und dem Eingangsanschluss (21, 11) in dem Entladepfad (20, 30) angeordnet ist,

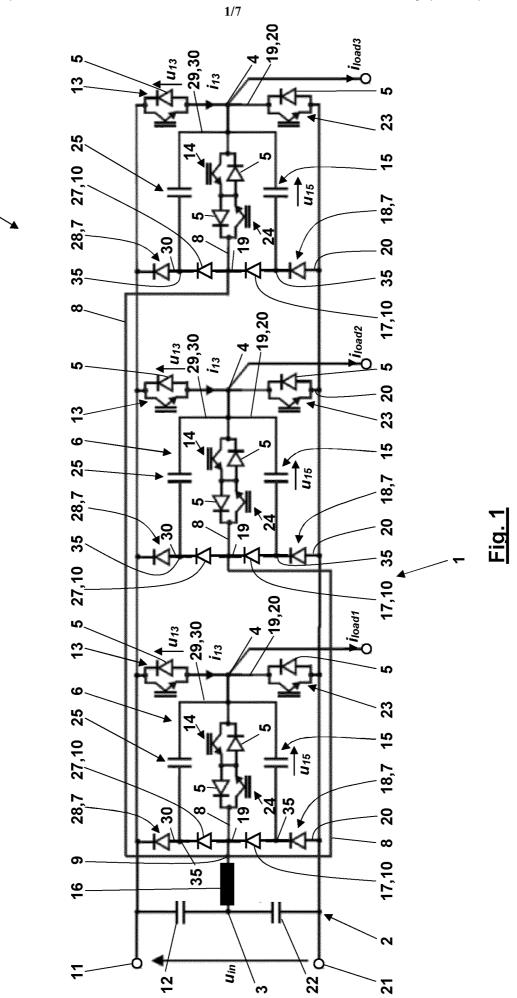
dadurch gekennzeichnet, dass zumindest die Aufladepfade (19, 29) für alle Kondensatoren (15, 25), die zur Schaltentlastung für diejenigen der Leistungsschalter (13, 23) vorgesehen sind, die mit demselben der beiden Eingangsanschlüsse (11, 21) verbunden sind, zusammen über eine gemeinsame Drossel (16, 26) führen, die direkt mit dem Mittelabgriff (3) verbunden ist.

- 1 2. Schaltungsanordnung (1) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass für alle
- 2 Phasen ein gemeinsamer Gleichspannungszwischenkreis (2) zwischen den beiden Eingangs-
- anschlüssen (11, 21) vorgesehen ist, wobei der Mittelabgriff (3) ein Mittelpunkt einer
- 4 Reihenschaltung von Zwischenkreiskondensatoren (12, 22) des Gleichspannungszwischen-
- 5 kreises (2) ist.
- 1 3. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 gekennzeichnet, dass eine Steuerung vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, nach einem
- 3 Einschalten eines der äußeren Leistungsschalter (13, 23) einer der Phasen und vor einem
- 4 nächsten Einschalten eines der äußeren Leistungsschalter (13, 23) einer anderen der Phasen
- 5 mindestens eine Aufladezeit abzuwarten, in der der zur Schaltentlastung des einen der äußeren
- 6 Leistungsschalter (13, 23) vorgesehene Kondensator (15, 25) auf das Doppelte der
- 7 Eingangsgleichspannung (u_{in}) aufgeladen wird.
- 1 4. Schaltungsanordnung (1) nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die
- 2 Steuerung auch dazu eingerichtet ist, nach einem Einschalten eines der äußeren
- 3 Leistungsschalter (13, 23) einer der Phasen und vor einem nächsten Einschalten eines der
- 4 inneren Leistungsschalter (24, 14) einer anderen der Phasen mindestens die Aufladezeit
- 5 abzuwarten.
- 1 5. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 gekennzeichnet, dass das eine der unidirektionalen Schaltelemente (17, 27) in jedem
- 3 Aufladepfad (19, 29) ein aktiv ansteuerbares Schaltelement (38) ist.
- 1 6. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 gekennzeichnet, dass das weitere der unidirektionalen Schaltelemente (18, 28) in jedem
- 3 Entladepfad (20, 30) ein nicht aktiv ansteuerbares Schaltelement ist.
- 1 7. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 **gekennzeichnet**, dass jeder Entladepfad (20, 30) direkt an den jeweiligen Eingangsanschluss
- 3 (21, 11) angeschlossen ist und/oder dass jeder Aufladepfad (19, 29) direkt an den
- 4 Ausgangsanschluss (4) der jeweiligen Phase angeschlossen ist.
- 1 8. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 **gekennzeichnet**, dass alle Aufladepfade (19, 29) für alle Kondensatoren (15, 25) zusammen

- 3 über die gemeinsame Drossel (16) führen, die zwischen einer Zusammenführung (9) von
- 4 Verbindungen (8), die die beiden inneren Leistungsschalter (14, 24) jeweils einer der Phasen
- 5 mit dem Mittelabgriff (3) verbinden, und dem Mittelabgriff (3) angeordnet ist.
- 1 9. Schaltungsanordnung (1) nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass für jede
- 2 Phase eine eigene Hilfsdrossel (39) vorgesehen ist, über die die beiden Aufladepfade (19, 29)
- 3 des Entlastungsnetzwerkes (6) der jeweiligen Phase führen und die von den inneren
- 4 Leistungsschaltern (14, 24) aus gesehen vor der Zusammenführung (9) in der Verbindung (8)
- 5 der beiden inneren Leistungsschalter (14, 24) der jeweiligen Phasen mit dem Mittelabgriff (3)
- 6 angeordnet ist.
- 1 10. Schaltungsanordnung (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet,
- 2 dass für diejenigen Aufladepfade (19, 29), von denen die Entladepfade (20, 30) zu demselben
- der beiden Eingangsanschlüsse (11, 21) abzweigen, eine separate gemeinsame Drossel (16,
- 4 26) von den Ausgangsanschlüssen (4) aus gesehen hinter den Abzweigungen (35) der
- 5 Entladepfade (20, 30) und vor einem Anschluss dieser Aufladepfade (19, 29) an eine
- 6 Zusammenführung (9) von Verbindungen (8) angeordnet ist, die die beiden inneren
- 7 Leistungsschalter (14, 24) jeweils einer der Phasen mit dem Mittelabgriff (3) verbinden.
- 1 11. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 gekennzeichnet, dass die Durchlassrichtungen des einen und des weiteren der
- 3 unidirektionalen Schaltelemente (17, 18, 27, 28) in dem Aufladepfad (19, 29) und dem
- 4 Entladepfad (20, 30) für jeden Kondensator (15, 25) von dem Ausgangsanschluss (4) aus
- 5 gesehen einander entgegen gerichtet sind, wobei die weiteren der unidirektionalen
- Schaltelemente (18, 28) bezogen auf den Pol der Eingangsgleichspannung (u_{in}) an demjenigen
- 7 der Eingangsanschlüsse (11, 21), mit dem der Entladepfad verbunden ist, in Sperrrichtung
- 8 ausgerichtet sind.
- 1 12. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 **gekennzeichnet**, dass die Leistungsschalter (13, 14, 23, 24) nach Art
- eines NPC-Wechselrichters,
- 4 eines BSNPC-Wechselrichters,
- 5 eines ARCP-Wechselrichters oder
- 6 eines S3L-Wechslrichters
- 7 verschaltet sind.

- 1 13. Schaltungsanordnung (1) nach Anspruch 5 oder einem der auf Anspruch 5
- 2 rückbezogenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Steuerung vorhanden ist, die
- dazu eingerichtet ist, für jede Phase das aktiv ansteuerbare Schaltelement (17, 27) in dem
- 4 Aufladepfad (19, 29), von dem der Entladepfad (20, 30) zu dem einen Eingangsanschluss (21,
- 5 11) führt, innerhalb eines Zeitraums zu schließen, über den hinweg sie den äußeren
- 6 Leistungsschalter (13, 23) für die jeweilige Phase in Pulsen schließt, der mit dem anderen
- 7 Eingangsanschluss (11, 21) verbunden ist.
- 1 14. Schaltungsanordnung (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch
- 2 **gekennzeichnet**, dass eine Steuerung vorhanden ist, die dazu eingerichtet ist, für jede Phase
- 3 jeweils einen der inneren Leistungsschalter (14, 24) bezogen auf eine Ausgangs-
- 4 wechselspannung an dem Ausgangsanschluss halbwellenweise zu schließen und den anderen
- 5 der inneren Leistungsschalter (14, 24) zumindest zeitweise komplementär zu dem jeweils
- 6 gepulsten äußeren Leistungsschalter (13, 23) in Pulsen zu schließen, wobei Totzeiten zwischen
- 7 den Pulsen des inneren und des äußeren Leistungsschalters (13, 23) verbleiben, in denen sich
- der bei geschlossenem äußeren Leistungsschalter (13, 23) aufladende Kondensator (15, 25)
- 9 des Entlastungsnetzwerks (6) entlädt.

WO 2016/012455 PCT/EP2015/066660



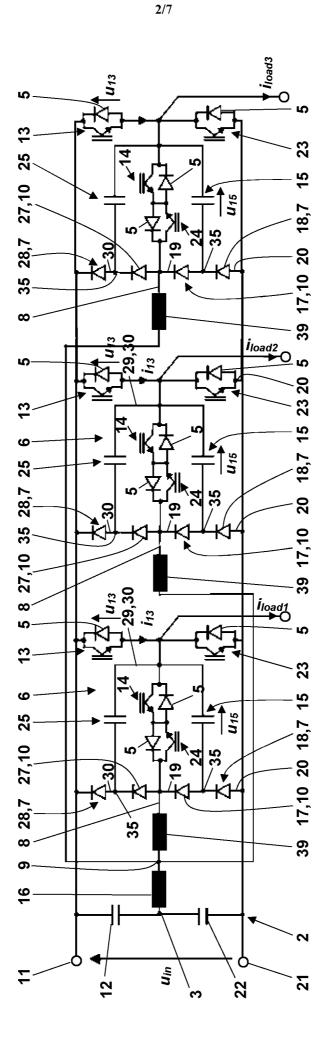
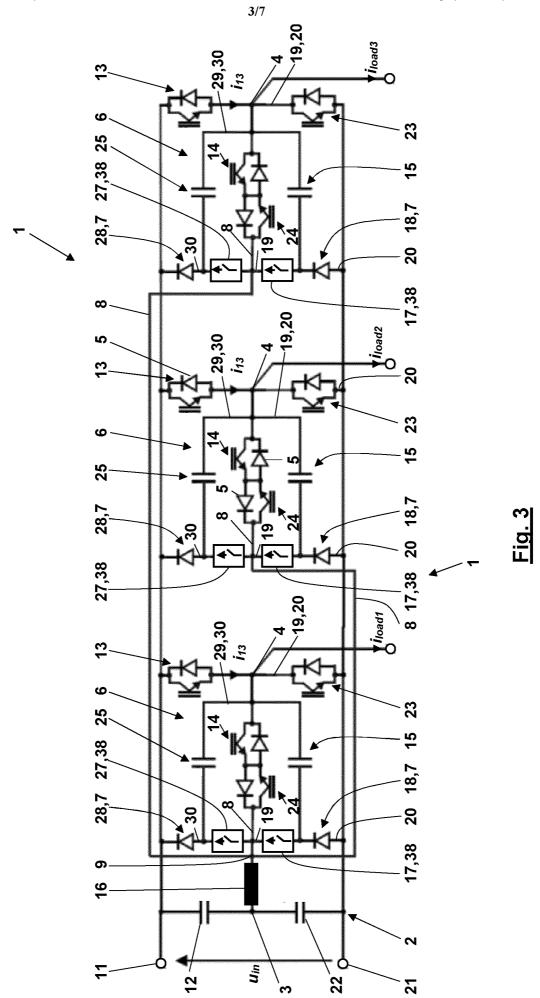


Fig. 2

WO 2016/012455 PCT/EP2015/066660



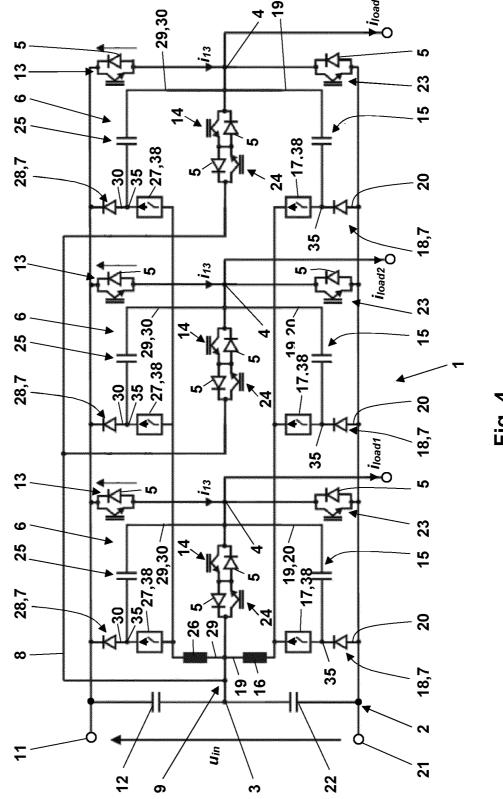


Fig. 4

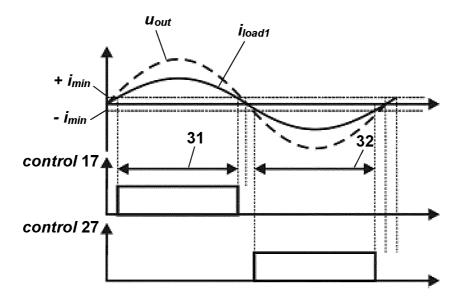


Fig. 5

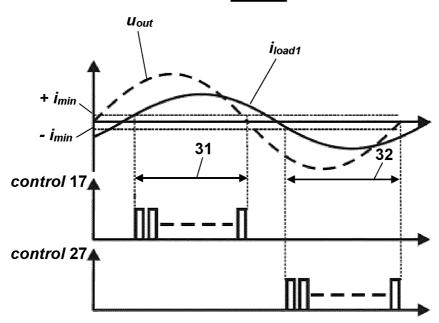


Fig. 6

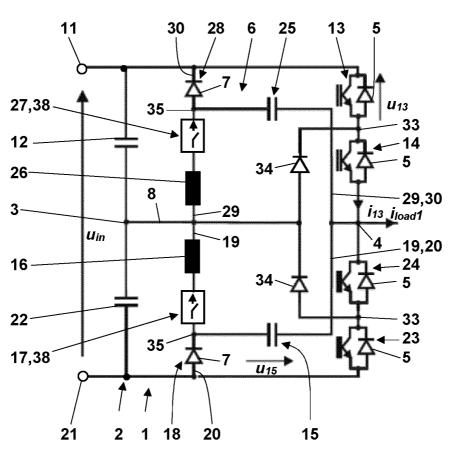
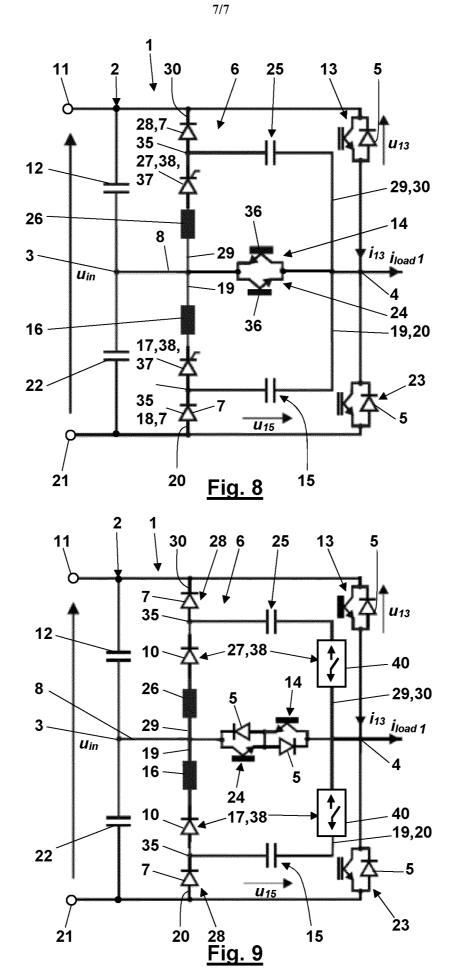


Fig. 7



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2015/06660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. H02M1/00 H02M1/34 H02M7/487 H02M7/48 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) H02M 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, WPI Data C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT Category' Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No. DE 10 2010 008426 B4 (HOCHSCHULE KONSTANZ 1-14 Α [DE]) 1 September 2011 (2011-09-01) abstract paragraph [0017]; claim 1; figures 3-6 "Soft switching three GEKELER MANFRED W: 1-14 Α level inverter (S3L inverter)" 2013 15TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE), IEEE, 2 September 2013 (2013-09-02), pages 1-10, XP032505189. DOI: 10.1109/EPE.2013.6631756 [retrieved on 2013-10-14] abstract; figures 1,2 X I Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex. Special categories of cited documents "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 "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 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive 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 step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be special reason (as specified) considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other being obvious to a person skilled in the art "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "&" document member of the same patent family Date of the actual completion of the international search Date of mailing of the international search report 20 October 2015 09/12/2015 Name and mailing address of the ISA/ Authorized officer European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016 Van der Meer, Paul

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2015/066660

| Patent document cited in search report | Publication | Patent family | Publication |
|--|-------------|--|--|
| | date | member(s) | date |
| DE 102010008426 B4 | 01-09-2011 | CA 2789937 A1 CN 102804570 A DE 102010008426 A1 EP 2537239 A2 JP 5395280 B2 JP 2013520150 A KR 20120139739 A US 2012307533 A1 WO 2011101015 A2 | 25-08-2011 28-11-2012 18-08-2011 26-12-2012 22-01-2014 30-05-2013 27-12-2012 06-12-2012 25-08-2011 |

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen PCT/EP2015/06660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES H02M7/487 INV. H02M1/00 H02M1/34 H02M7/48 ADD. Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC **B. RECHERCHIERTE GEBIETE** Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H02M 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, WPI Data C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN Kategorie' Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile Betr. Anspruch Nr. DE 10 2010 008426 B4 (HOCHSCHULE KONSTANZ 1 - 14Α [DE]) 1. September 2011 (2011-09-01) Zusammenfassung Absatz [0017]; Anspruch 1; Abbildungen 3-6 "Soft switching three GEKELER MANFRED W: 1-14 Α level inverter (S3L inverter)" 2013 15TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE), IEEE, 2. September 2013 (2013-09-02), Seiten 1-10, XP032505189, DOI: 10.1109/EPE.2013.6631756 [gefunden am 2013-10-14] Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen ${\sf X}$ Siehe Anhang Patentfamilie "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie verörientlichung von besonderer bedeutung, die beansprüchte Erindu 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 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 "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist em beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist Datum des Abschlusses der internationalen Recherche Absendedatum des internationalen Recherchenberichts 20. Oktober 2015 09/12/2015 Bevollmächtigter Bediensteter 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 Van der Meer, Paul

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2015/066660

| Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument | Datum der Veröffentlichung | | Mitglied(er) der Patentfamilie | | Datum der Veröffentlichung |
|---|-------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|
| DE 102010008426 B4 | 01-09-2011 | CA CN DE EP JP KR US WO | 2789937 102804576 102010008426 2537239 5395286 2013520156 20120139739 2012307533 2011101015 | A A1 A2 B2 B2 A A A A1 | 25-08-2011 28-11-2012 18-08-2011 26-12-2012 22-01-2014 30-05-2013 27-12-2012 06-12-2012 25-08-2011 |
| | | | | | |