

(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
03. September 2020 (03.09.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/173732 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 1/32 (2007.01) *H02M 7/483* (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2020/054049

(22) Internationales Anmeldedatum:
17. Februar 2020 (17.02.2020)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2019 105 196.7
28. Februar 2019 (28.02.2019) DE

(71) Anmelder: SMA SOLAR TECHNOLOGY AG
[DE/DE]; Sonnenallee 1, 34266 Niestetal (DE).

(72) Erfinder: STICKELMANN, Uwe; Am Wolfsberg 34a, 34260 Kaufungen (DE). ZÜLCH, Roland; Eichertweg 12, 34593 Knüllwald (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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,

(54) Title: METHOD FOR CURRENT LIMITATION IN THE EVENT OF TRANSIENT VOLTAGE VARIATIONS AT AN AC OUTPUT OF A MULTI-LEVEL INVERTER AND MULTI-LEVEL INVERTER

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR STROMBEGRENZUNG BEI TRANSIENTEN SPANNUNGSÄNDERUNGEN AN EINEM WECHSELSTROMAUSGANG EINES MULTILEVEL-WECHSELRICHTERS UND MULTILEVEL-WECHSELRICHTER

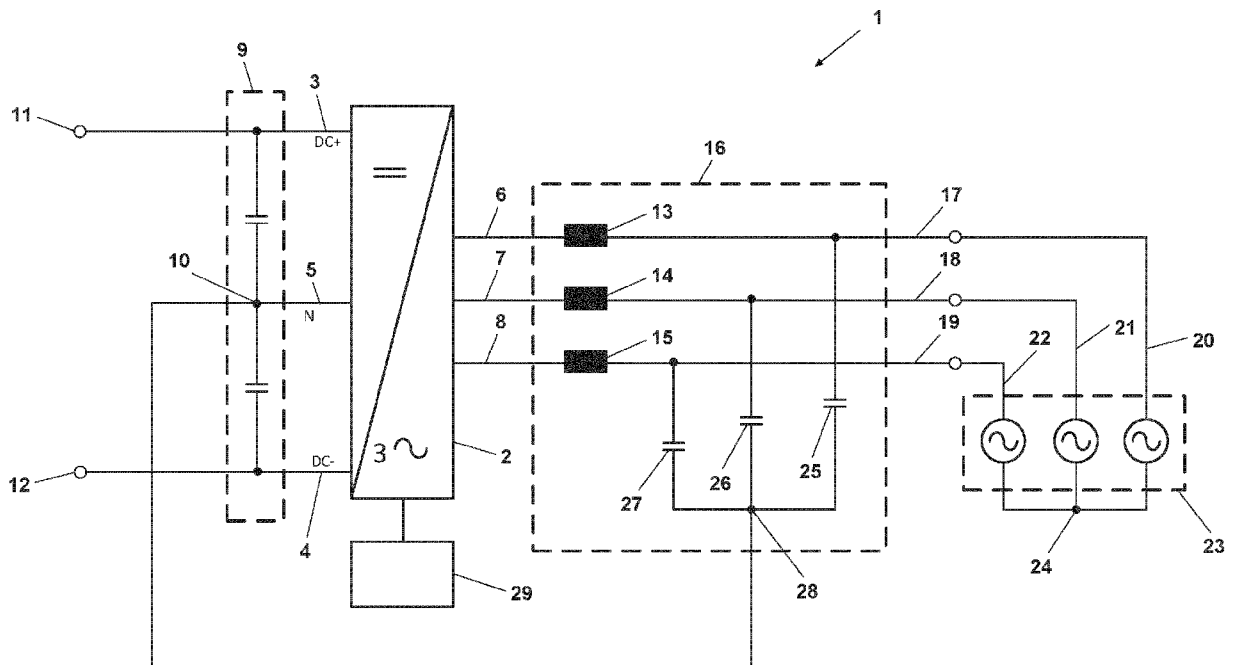


Fig. 1

(57) Abstract: The invention relates to a method for current limitation in the event of transient voltage variations at an AC output (17, 18, 19) of a multi-level inverter (1), which comprises a bridge circuit (2, 31) having a first DC voltage input (3), a second DC voltage input (4), a neutral connection (5) and a bridge output (6, 7, 8), as well as comprising a mains filter (16) having a choke (13, 14, 15) connected between the bridge output (6, 7, 8) and the AC output (17, 18, 19) and a capacitor (25, 26, 27) connected between the AC output (17, 18, 19)



WO 2020/173732 A1

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).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

and the neutral connection (5). In the method, according to the voltage (V_{Cl_ac}) at the capacitor (25, 26, 27), if the choke current (I_{L1_ac}) exceeds a first current threshold value (I_{FRT_1}), a regular operating mode is interrupted and measures are taken for current limitation. The invention also relates to a multi-level inverter (1) comprising a control device (29) which is designed for carrying out a method of this type.

(57) Zusammenfassung: Offenbart ist ein Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang (17, 18, 19) eines Multilevel-Wechselrichters (1), der eine Brückenschaltung (2, 31) mit einem ersten Gleichspannungseingang (3), einem zweiten Gleichspannungseingang (4), einem Neutralanschluss (5) und einem Brückenausgang (6, 7, 8) sowie ein Netzfilter (16) mit einer zwischen dem Brückenausgang (6, 7, 8) und dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) angeschlossenen Drossel (13, 14, 15) und einem zwischen dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) und dem Neutralanschluss (5) angeschlossenen Kondensator (25, 26, 27) aufweist. Bei dem Verfahren wird in Abhängigkeit der Spannung (V_{Cl_ac}) an dem Kondensator (25, 26, 27) bei Überschreiten eines ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) durch den Drosselstrom (I_{L1_ac}) ein regulärer Betriebsmodus unterbrochen und es werden Maßnahmen zur Strombegrenzung eingeleitet. Weiterhin ist ein Multilevel-Wechselrichter (1) offenbart, der eine Steuereinrichtung (29) aufweist, welche zur Ausführung eines solchen Verfahrens eingerichtet ist.

Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang eines Multilevel-Wechselrichters und Multilevel-Wechselrichter

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang eines Multilevel-Wechselrichters. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Multilevel-Wechselrichter mit einer Steuereinheit, die zur Ausführung eines solchen Verfahrens eingerichtet ist.

Aufgrund normativer Anforderungen dürfen sich Wechselrichter in dezentralen Energieerzeugungsanlagen bei Auftreten bestimmter Netzfehler nicht vom Netz trennen, sondern müssen in der Lage sein, einen solchen Netzfehler zu durchfahren oder sogar durch Einspeisung von Blindleistung zur dynamischen Netzstützung beizutragen (FRT – Fault Ride Through). Ein möglicher zu durchfahrender Netzfehler ist ein plötzlicher transienter Spannungseinbruch der Netzspannung auf bis zu null Prozent innerhalb von wenigen hundert Mikrosekunden bis zu ein oder zwei Millisekunden oder auch eine plötzliche transiente Veränderung einer Last am Ausgang des Wechselrichters.

An einem Brückenausgang einer Brückenschaltung des Wechselrichters liegt im Fall eines am Wechselstromausgang des Wechselrichters auftretenden plötzlichen transienten Spannungseinbruchs weiterhin ein elektrisches Potential wie in einem regulären Betrieb des Wechselrichters vor. Eine zwischen dem Brückenausgang und dem Wechselstromausgang angeordnete Drossel eines Netzfilters wird dadurch mit einer hohen Spannungsdifferenz aufmagnetisiert, was zu einer hohen Stromsteilheit führt. Ein Regler eines Wechselrichters kann derart schnellen Änderungen am Wechselstromausgang des Wechselrichters nicht unmittelbar folgen, so dass eine zusätzliche Strombegrenzung erforderlich ist, um eine Zerstörung von Bauteilen des Wechselrichters zu verhindern.

Zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang eines Wechselrichters ist es bekannt und nach dem Stand der Technik üblich, bei Überschreiten eines ersten Stromschwellwerts, der unterhalb einer absoluten Stromgrenze liegt, bei deren Erreichen der Wechselrichter abgeschaltet und vom Netz oder einer Last getrennt wird, die Ansteuersignale aller Leistungshalbleiterschalter einer Brückenschaltung des Wechselrichters unmittelbar und gleichzeitig zu sperren, ohne den Wechselrichter vom Netz oder von der Last zu trennen, und dann mit dem nächsten regulären Ansteuertakt oder nach einem Unterschreiten des ersten Stromschwellwerts oder eines zweiten Stromschwellwerts, der kleiner als der erste Stromschwellwert ist, den regulären Betrieb des Wechselrichters fortzusetzen. Bei erneutem Überschreiten des ersten

Stromschwellwerts erfolgt dann ein erneutes Abschalten aller Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung über eine Sperre der Ansteuersignale, so dass eine Strombegrenzung nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung erreicht wird.

Bei Multilevel-Wechselrichtern, insbesondere bei Multilevel-Wechselrichtern mit sogenannter NPC-Topologie (Neutral-Point-Clamped-Topologie), werden prinzipbedingt mit verschiedenen Potentialen an Eingangsanschlüssen der Brückenschaltung verknüpfte Spannungspegel an Ausgangsanschlüsse der Brückenschaltung angelegt. Dadurch kann es bei gleichzeitiger Ansteuerung aller Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung zur Überführung in einen ausgeschalteten Zustand passieren, dass aufgrund einer unterschiedlich schnellen Überführung verschiedener Leistungshalbleiterschalter in einen ausgeschalteten Zustand, in Verbindung mit dann auftretenden Strömen durch in der Brückenschaltung zusätzlich vorhandene Freilaufdioden, an einzelnen Leistungshalbleiterschaltern der Brückenschaltung kurzzeitig höhere Spannungen anliegen als während des regulären Betriebs des Wechselrichters. Diese höheren Spannungen können gegebenenfalls zur Zerstörung der einzelnen Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung führen.

Weiterhin werden bei einem einfachen gleichzeitigen Ausschalten aller Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung von den mehreren Spannungspegeln des Multilevel-Wechselrichters faktisch nur zwei verschiedene Spannungspegel genutzt, so dass vorhandene Möglichkeiten für eine optimierte Strombegrenzung ungenutzt bleiben.

Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, ein Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang eines Multilevel-Wechselrichters bzw. einen entsprechenden Wechselrichter bereitzustellen, bei denen eine optimierte Strombegrenzung im Hinblick auf eine Belastung von Leistungshalbleiterschaltern einer Brückenschaltung des Wechselrichters durch möglichst geringe Ströme und möglichst geringe Taktfrequenzen ermöglicht wird und bei denen das Auftreten höherer Spannungen an den Leistungshalbleiterschaltern als im regulären Betrieb der Brückenschaltung verhindert wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch ein Verfahren gemäß dem unabhängigen Anspruch 1 und durch einen Multilevel-Wechselrichter gemäß dem unabhängigen Anspruch 7. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen beschrieben.

Bei einem erfindungsgemäßen Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang eines Multilevel-Wechselrichters,

wobei der Multilevel-Wechselrichter eine Brückenschaltung mit einem ersten Gleichspannungseingang, einem zweiten Gleichspannungseingang, einem Neutralanschluss und einem Brückenausgang sowie ein Netzfilter mit einer zwischen dem Brückenausgang und dem Wechselstromausgang angeschlossenen Drossel und einem zwischen dem Wechselstromausgang und dem Neutralanschluss angeschlossenen Kondensator aufweist und dazu eingerichtet ist, selektiv ein an dem ersten Gleichspannungseingang vorliegendes elektrisches Potential oder ein an dem zweiten Gleichspannungseingang vorliegendes elektrisches Potential oder ein an dem Neutralanschluss vorliegendes elektrisches Potential an den Brückenausgang anzulegen, werden zwei Fälle unterschieden.

In dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung an dem Kondensator über einem Spannungsschwellwert liegt, wird bei Überschreiten eines ersten Stromschwellwerts durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und das elektrische Potential, das an dem Neutralanschluss anliegt, so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms einen zweiten Stromschwellwert, der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert ist, unterschreitet.

In dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung an dem Kondensator unter oder auf dem Spannungsschwellwert liegt, wird bei Überschreiten des ersten Stromschwellwerts durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms der reguläre Betriebsmodus ebenfalls unterbrochen und das elektrische Potential an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als dem Gleichspannungseingang, dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts an den Brückenausgang angelegt wurde, so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms den zweiten Stromschwellwert, der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert ist, unterschreitet. Das heißt, wenn vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts das Potential, das am ersten Gleichspannungseingang anliegt, an den Brückenausgang angelegt war, wird nach dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts das Potential, das am zweiten Gleichspannungseingang anliegt, an den Brückenausgang angelegt. Entsprechend wird nach dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts das Potential, das am ersten Gleichspannungseingang anliegt, an den Brückenausgang angelegt, wenn vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts das Potential, das am zweiten Gleichspannungseingang anliegt, an den Brückenausgang angelegt war.

Das Anlegen unterschiedlicher Potentiale an den Brückenausgang in Abhängigkeit von einem Wert der Spannung an dem Kondensator zum Zeitpunkt des Überschreitens des ersten Stromschwellwerts gewährleistet eine optimierte Einstellung der sich bei Anwendung

des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Strombegrenzung einstellenden Stromsteilheiten für den Abfall des Betrags des Stroms. Der Fall, dass der Betrag der Spannung an dem Kondensator über einem Spannungsschwellwert liegt, korrespondiert mit einem moderaten transienten Spannungseinbruch am Wechselstromausgang und somit auch mit einer moderaten Stromsteilheit für einen daraus resultierenden Anstieg des Betrags des Stroms. Entsprechend wird dann nach Überschreiten des ersten Stromschwellwerts durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms durch Anlegen des am Neutralanschluss anliegenden Potentials eine moderate Stromsteilheit für den resultierenden Abfall des Betrags des Stroms bewirkt, wohingegen bei Anlegen des elektrischen Potentials an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts bzw. bei Abschalten aller Leistungshalbleiterschalter nach den Verfahren gemäß dem Stand der Technik eine deutlich höhere Stromsteilheit für den abfallenden Betrag des Stroms resultieren würde. Das Einstellen einer möglichst geringen Stromsteilheit für den abfallenden Betrag des Stroms gewährleistet eine möglichst geringe Taktfrequenz, mit der die verschiedenen Potentiale während des Verfahrens zur Strombegrenzung an den Brückenausgang angelegt werden.

Der Fall, dass der Betrag der Spannung an dem Kondensator unter oder auf dem Spannungsschwellwert liegt, korrespondiert mit einem stärkeren transienten Spannungseinbruch und einer daraus resultierenden größeren Stromsteilheit für den Anstieg des Betrags des Stroms. In dem Fall würde bei Anlegen des am Neutralanschluss anliegenden Potentials nach Überschreiten des ersten Stromschwellwerts der Betrag des Stroms durch die Drossel weiter steigen, was dann durch Anlegen des elektrischen Potentials an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als dem Gleichspannungseingang, dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts an den Brückenausgang angelegt wurde, verhindert wird.

Entsprechend ergibt sich hieraus für den Fachmann eine Anleitung zur Dimensionierung des Spannungsschwellwerts bei einem erfindungsgemäßen Verfahren derart, dass bei einem transienten Spannungseinbruch für Spannungen an dem Kondensator oberhalb des Spannungsschwellwerts bei Anlegen des am Neutralanschluss anliegenden Potentials an den Brückenausgang nach Überschreiten des ersten Stromschwellwerts der Betrag des Stroms durch die Drossel nicht ansteigt.

Das Anlegen des elektrischen Potentials an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren bevorzugt dadurch, dass alle Leistungshalbleiterschalter zwischen dem entsprechenden Gleichspannungseingang und dem Brückenausgang durch

entsprechende Ansteuerung in einen eingeschalteten Zustand versetzt werden. Bei den in Multilevel-Wechselrichtern zur Anwendung kommenden Brückenschaltungen sind dies je nach Topologie gegebenenfalls mehrere Leistungshalbleiterschalter.

Die Dimensionierung des ersten Stromschwellwerts erfolgt derart, dass er oberhalb des Maximums eines im regulären Betriebsmodus des Wechselrichters auftretenden Stromrippels liegt und unterhalb einer absoluten Stromgrenze, bei deren Erreichen der Wechselrichter abgeschaltet und vom Netz oder von einer Last getrennt wird.

Der zweite Stromschwellwert ist so festzulegen, dass ein guter Kompromiss zwischen der Taktfrequenz, mit der die verschiedenen Potentiale während des Verfahrens zur Strombegrenzung an den Brückenausgang angelegt werden, und der Höhe des resultierenden Stromrippels während der Strombegrenzung erreicht wird. Bei Wahl eines zweiten Stromschwellwerts, der gleich dem ersten Stromschwellwert ist, ist faktisch nur ein Stromschwellwert vorhanden. Insbesondere in diesem Fall ist es vorteilhaft, zusätzliche Mittel zur Glättung eines Messwerts des Stroms durch die Drossel vorzusehen, um zu hohe Taktfrequenzen zu vermeiden.

Der reguläre Betriebsmodus des Wechselrichters bezeichnet hier den Betriebsmodus zur Einspeisung in das Netz bzw. in die Last während keine zu durchzufahrenden Fehler vorliegen. In diesem Betriebsmodus werden während einer ersten Halbwelle eines einzuspeisenden Wechselstroms pulswidenmodulierte Pulse mit dem an dem ersten Gleichspannungseingang anliegenden Potential im Wechsel mit dem am Neutralanschluss anliegenden Potential an den Wechselstromausgang angelegt und während einer zweiten Halbwelle des einzuspeisenden Wechselstroms werden pulswidenmodulierte Pulse mit dem an dem zweiten Gleichspannungseingang anliegenden Potential im Wechsel mit dem am Neutralanschluss anliegenden Potential an den Wechselstromausgang angelegt.

In einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird dann, nachdem der zweite Stromschwellwert durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms unterschritten wurde, der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt.

Bei einer Fortsetzung des regulären Betriebsmodus werden das elektrische Potential, das dann an den Brückenausgang angelegt wird, und die Pulsbreite so eingestellt, wie sie zu diesem Zeitpunkt ohne Unterbrechung des regulären Betriebsmodus vorliegen würden, was auch bedeutet, dass bei einem inzwischen erfolgten Wechsel von der ersten Halbwelle des einzuspeisenden Wechselstroms zur zweiten Halbwelle und umgekehrt das elektrische Potential an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts an den Brückenausgang angelegt wird.

Sofern der transiente Spannungseinbruch noch nicht beendet ist, wird nach der Fortsetzung des regulären Betriebsmodus erneut der erste Stromschwellwert überschritten und das Verfahren zur Strombegrenzung wiederholt ausgeführt, so dass eine weitergehende Strombegrenzung nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung erreicht wird.

Bei einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung an dem Kondensator unter oder auf dem Spannungsschwellwert liegt, bei Überschreiten des ersten Stromschwellwerts durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und zunächst das elektrische Potential, das an dem Neutralanschluss anliegt, an den Brückenausgang angelegt. Dann wird das elektrische Potential an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als dem Gleichspannungseingang, dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts an den Brückenausgang angelegt wurde, so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms den zweiten Stromschwellwert, der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert ist, unterschreitet, und dann zunächst wieder das elektrische Potential, das an dem Neutralanschluss anliegt, an den Brückenausgang angelegt, bevor der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt wird.

Dadurch, dass bei dieser Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens zwischen dem Anlegen des am ersten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials an den Brückenausgang und dem Anlegen des am zweiten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials an den Brückenausgang sowie zwischen dem Anlegen des am zweiten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials an den Brückenausgang und dem Anlegen des am ersten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials an den Brückenausgang jeweils das an dem Neutralanschluss anliegende Potential an den Brückenausgang angelegt wird, wird vermieden, dass infolge unterschiedlich schnell schaltender Leistungshalbleiterschalter kurzzeitig höhere Spannungen an den Leistungshalbleiterschaltern als im regulären Betrieb der Brückenschaltung auftreten können. Weiterhin wird durch das zwischenzeitliche Anlegen des elektrischen Potentials an dem Neutralanschluss an den Brückenausgang die Frequenz, mit der zwischen dem Anlegen des am ersten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials und des am zweiten Gleichspannungseingang vorliegenden Potentials an den Brückenausgang gewechselt wird, reduziert und in Folge somit auch die Taktfrequenz aller Leistungshalbleiterschalter, was in weiterer Folge die Belastung der Leistungshalbleiterschalter verringert.

Bei einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens wird in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung an dem Kondensator unter oder auf dem Spannungsschwellwert liegt, bei einem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts durch den Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und zunächst wie bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform das elektrische Potential an dem Neutralanschluss an den Brückenausgang angelegt. Dann wird das elektrische Potential an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als dem Gleichspannungseingang, dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts an den Brückenausgang angelegt wurde, so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms den zweiten Stromschwellwert unterschreitet, und anschließend das elektrische Potential an dem Neutralanschluss an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms den ersten Stromschwellwert erneut überschreitet. Infolgedessen wird wieder das elektrische Potential an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts angelegt.

Der Wechsel zwischen dem Anlegen des Potentials an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang als vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts und dem am Neutralanschluss anliegenden Potential an den Brückenausgang in Abhängigkeit vom Über- und Unterschreiten des ersten und zweiten Stromschwellwerts wird dann so lange wiederholt, bis der Betrag der Spannung an dem Kondensator wieder über dem Spannungsschwellwert liegt. Erst dann wird der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt.

Bei dieser Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens ergibt sich die Möglichkeit einer noch weiter reduzierten Taktfrequenz und somit einer noch geringeren Belastung der Leistungshalbleiterschalter. Weiterhin vermeidet diese Ausführungsform auch die unnötige Wiederaufnahme des regulären Betriebsmodus solange der Betrag der Spannung an dem Kondensator unter oder auf dem Spannungsschwellwert liegt, das heißt, solange der transiente Spannungseinbruch immer noch vorliegt.

Alternativ kann bei der zuvor beschriebenen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens der reguläre Betriebsmodus auch fortgesetzt werden, wenn seit dem Unterbrechen des regulären Betriebsmodus eine vorgebbare Zeit vergangen ist.

Das Anlegen der Potentiale an den Brückenausgang erfolgt bei dem erfindungsgemäßen Verfahren in Abhängigkeit des Über- oder Unterschreitens von Schwellwerten durch den

Strom durch die Drossel und durch die Spannung am Kondensator. Hierzu werden dieser Strom und diese Spannung vorzugsweise direkt an der Drossel bzw. dem Kondensator gemessen. Es ist aber auch möglich diesen Strom und diese Spannung aus anderen gemessenen und/oder bekannten Größen innerhalb des Wechselrichters zu ermitteln bzw. bei Anwendung des Verfahrens direkt äquivalente Messgrößen zu verwenden.

Beispielsweise kann die Spannung am Kondensator aus der gemessenen Phasenspannung des Netzes bestimmt werden. Insbesondere kann auch ein Strom aus einer Spannungsmessung und eine Spannung aus einer Strommessung ermittelt werden.

Sofern bei einer Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens die Dauer des Anlegens eines Potentials an den Brückenausgang nicht durch das Über- oder Unterschreiten eines Schwellwerts festgelegt ist, ist es vorteilhaft, das Potential zumindest so lange an den Brückenausgang anzulegen, bis transiente Vorgänge bei den Strömen und Potentialen innerhalb der Brückenschaltung abgeschlossen sind. Dies gilt insbesondere für das Anlegen des an dem Neutralanschluss anliegenden Potentials an den Brückenausgang zur Vermeidung kurzzeitig höherer Spannungen an den Leistungshalbleiterschaltern als im regulären Betrieb der Brückenschaltung infolge unterschiedlich schnell schaltender Leistungshalbleiterschalter.

Ein erfindungsgemäßer Multilevel-Wechselrichter weist eine Brückenschaltung mit einem ersten Gleichspannungseingang, einem zweiten Gleichspannungseingang, einem Neutralanschluss und einem Brückenausgang sowie ein Netzfilter mit einer zwischen dem Brückenausgang und dem Wechselstromausgang angeschlossenen Drossel und einem zwischen dem Wechselstromausgang und dem Neutralanschluss angeschlossenen Kondensator auf. Weiterhin weist ein erfindungsgemäßer Multilevel-Wechselrichter eine Steuereinrichtung auf, die zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet ist.

Die Brückenschaltung eines erfindungsgemäßen Multilevel-Wechselrichters kann eine diodengeklemmte NPC-Brückenschaltung (Neutral-Point-Clamped-Brückenschaltung) sein. Eine solche Brückenschaltung ist auch unter den alternativen Bezeichnungen Standard-NPC, NPC Typ I oder INPC bekannt.

In einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Multilevel-Wechselrichters kann die Brückenschaltung eine BSNPC-Brückenschaltung (Bidirectional Switch Neutral-Point-Clamped-Brückenschaltung) sein. Eine solche Brückenschaltung ist auch unter den alternativen Bezeichnungen NPC Typ II oder TNPC bekannt.

In einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Multilevel-Wechselrichters kann die Brückenschaltung eine ANPC-Brückenschaltung (Active Neutral-Point-Clamped-Brückenschaltung) sein.

Die Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung eines erfindungsgemäßen Multilevel-Wechselrichters können als Feldeffekttransistoren, beispielsweise als SiC-MOSFETs oder als Bipolartransistoren, beispielsweise als IGBTs in Si-Technologie, ausgeführt sein. Insbesondere können lediglich einzelne Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung als Feldeffekttransistoren ausgeführt sein und die jeweils anderen Leistungshalbleiterschalter der Brückenschaltung als Bipolartransistoren. Dies ermöglicht eine optimierte Auswahl der Leistungshalbleiterschalter im Hinblick auf Schaltzeiten sowie Schalt- und Leitverluste.

Ein erfindungsgemäßer Multilevel-Wechselrichter kann ein einphasiger Wechselrichter sein, bei dem beispielsweise auch zwei Brückenschaltungen versetzt getaktet werden können, es kann aber beispielsweise auch ein dreiphasiger Wechselrichter sein, bei dem eine dreiphasige Brückenschaltung mindestens drei versetzt getaktete Brückenschaltungen aufweist.

Bei einem erfindungsgemäßen Multilevel-Wechselrichter, der mehr als eine Brückenschaltung aufweist, kann eine Strombegrenzung nach einem erfindungsgemäßen Verfahren für jede Brückenschaltung einzeln und unabhängig von den anderen Brückenschaltungen erfolgen. Alternativ kann eine gleiche Strombegrenzung in allen Brückenschaltungen in Abhängigkeit des jeweils größten Stroms durch die jeweilige Drossel und die jeweils geringste Spannung an dem jeweiligen Kondensator aller zwischen dem jeweiligen Brückenausgang und dem jeweiligen Wechselstromausgang angeordneter Netzfilter erfolgen.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher erläutert. Die Figuren dienen hierbei der Veranschaulichung von Ausführungsformen der Erfindung, beschränken die Erfindung aber nicht auf die gezeigten Merkmale.

Fig. 1 zeigt einen erfindungsgemäßen Wechselrichter,

Fig. 2 zeigt einen Phasenzweig eines erfindungsgemäßen Wechselrichters,

Fig. 3 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in einem ersten Fall,

Fig. 4 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in einem zweiten Fall,

Fig. 5 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in einem dritten Fall,

Fig. 6 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in einem vierten Fall,

Fig. 7 zeigt einen zeitlichen Ablauf bei einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 8 zeigt eine Brückenschaltung eines erfindungsgemäßen Wechselrichters in einer Ausführungsform als diodengeklemmte NPC-Brückenschaltung,

Fig. 9 zeigt eine Brückenschaltung eines erfindungsgemäßen Wechselrichters in einer Ausführungsform als BSNPC-Brückenschaltung, und

Fig. 10 zeigt eine Brückenschaltung eines erfindungsgemäßen Wechselrichters in einer Ausführungsform als ANPC-Brückenschaltung.

In Fig. 1 ist ein erfindungsgemäßer Wechselrichter 1 in einer Ausführungsform als dreiphasiger Wechselrichter dargestellt. Der Wechselrichter weist eine dreiphasige Brückenschaltung 2 mit einem ersten Gleichspannungseingang 3, einem zweiten Gleichspannungseingang 4, einem Neutralanschluss 5 und drei Brückenausgängen 6, 7, 8 auf. Zwischen dem ersten Gleichspannungseingang 3 und dem zweiten Gleichspannungseingang 4 ist ein geteilter Gleichspannungszwischenkreis 9 angeschlossen, dessen Mittelpunkt 10 mit dem Neutralanschluss 5 verbunden ist. Der erste Gleichspannungseingang 3 ist ferner mit einem ersten Gleichspannungsanschluss 11 des Wechselrichters 1 verbunden und der zweite Gleichspannungseingang 4 mit einem zweiten Gleichspannungsanschluss 12 des Wechselrichters 1.

Die Brückenausgänge 6, 7, 8 sind jeweils über Drosseln 13, 14, 15 eines Netzfilters 16 mit Wechselstromausgängen 17, 18, 19 des Wechselrichters 1 verbunden. An die Wechselstromausgänge 17, 18, 19 ist jeweils einer von drei Phasenleitern 20, 21, 22 eines Netzes 23 angeschlossen. Mit den Wechselstromausgängen 17, 18, 19 ist ferner jeweils ein Kondensator 25, 26, 27 des Netzfilters 16 verbunden, wobei die anderen Enden der Kondensatoren 25, 26, 27 an einen gemeinsamen Neutralpunkt 28 angeschlossen sind, der wiederum mit dem Neutralanschluss 5 der Brückenschaltung 2 verbunden ist. In einer anderen Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Wechselrichters kann ein Sternpunkt 24 des Netzes 23 ebenfalls mit dem Neutralpunkt 28 und somit auch mit dem Neutralanschluss 5 der Brückenschaltung 2 verbunden sein.

Ein erfindungsgemäßer Wechselrichter 1 umfasst ferner eine Steuereinrichtung 29, die dazu eingerichtet ist, die Brückenschaltung 2 derart anzusteuern, dass selektiv ein an dem ersten Gleichspannungseingang 3 vorliegendes elektrisches Potential, hier beispielsweise ein positives Potential DC+, oder ein an dem zweiten Gleichspannungseingang 4 vorliegendes elektrisches Potential, hier beispielsweise ein negatives Potential DC-, oder ein an dem Neutralanschluss 5 vorliegendes elektrisches Potential, hier beispielsweise ein Neutralpotential N, an die Brückenausgänge 6, 7, 8 angelegt wird, indem die Steuereinrichtung 29 in der Brückenschaltung 2 enthaltene Leistungshalbleiterschalter zur Überführung in einen eingeschalteten oder ausgeschalteten Zustand über Ansteuersignale ansteuert. Insbesondere ist die Steuereinrichtung 29 zur Ausführung eines erfindungsgemäßen Verfahrens eingerichtet, um eine Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an den Wechselstromausgängen 17, 18, 19 zu bewirken.

Fig. 2 zeigt einen Phasenzweig 30 eines erfindungsgemäßen Wechselrichters mit einer einphasigen Brückenschaltung 31. Bei einem dreiphasigen Wechselrichter 1 gemäß Fig. 1 sind innerhalb der dreiphasigen Brückenschaltung 2 mindestens drei solcher einphasigen Brückenschaltungen 31 angeordnet, wobei die ersten Gleichspannungseingänge 3 aller einphasigen Brückenschaltungen 31, die zweiten Gleichspannungseingänge 4 aller einphasigen Brückenschaltungen 31 und die Neutralanschlüsse 5 aller einphasigen Brückenschaltungen 31 miteinander verbunden sind. Ein einphasiger Wechselrichter umfasst mindestens einen Phasenzweig 30 mit einer einphasigen Brückenschaltung 31.

Die Steuereinrichtung 29 erfasst den Strom I_{L1_ac} durch die Drossel 13 und die Spannung V_{C1_ac} an dem Kondensator 26, um abhängig von diesen Größen eine Strombegrenzung gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren zu bewirken.

Ein Beispiel für einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in dem Fall, dass ein transienter Spannungseinbruch des Netzes vorliegt und der Betrag der Spannung V_{C1_ac} über einem Spannungsschwellwert V_{FRT} liegt, ist in Fig. 3 dargestellt. In einem Schritt S1 wird der Wechselrichter in einem regulären Betriebsmodus betrieben, wobei an dem Brückenausgang ein Potential DC+ anliegt. Der vorliegende transiente Spannungseinbruch des Netzes verursacht einen Anstieg des Betrags des Stroms I_{L1_ac} . Zu einem Zeitpunkt $t1$ überschreitet der Betrag des Stroms I_{L1_ac} einen ersten Stromschwellwert I_{FRT_1} , der unterhalb einer absoluten Stromgrenze I_{HW} liegt, bei deren Erreichen der Wechselrichter abgeschaltet und vom Netz oder von einer Last getrennt wird. Infolge des Überschreitens des ersten Stromschwellwerts I_{FRT_1} durch den Betrag des Stroms I_{L1_ac} zum Zeitpunkt $t1$ wird der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und in einem Schritt S2 das Potential N an den Brückenausgang angelegt, wodurch der Betrag des Stroms I_{L1_ac} wieder sinkt. Das Potential N wird so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des

Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt t_2 einen zweiten Stromschwellwert I_FRT_2 unterschreitet. Dann wird in einem Schritt S3 der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt, wobei das Potential an den Brückenausgang angelegt wird, das auch ohne Unterbrechung des regulären Betriebsmodus zum Zeitpunkt t_2 vorgelegen hätte, im vorliegenden Fall das Potential DC+.

Aufgrund des nach wie vor vorliegenden transienten Spannungseinbruchs steigt der Betrag des Stroms I_{L1_ac} dann erneut an und überschreitet zum Zeitpunkt t_3 wieder den ersten Stromschwellwert I_FRT_1 , woraufhin in einem Schritt S4 erneut das Potential N so lange an den Brückenausgang angelegt wird, bis der Betrag des Stroms wieder unter dem zweiten Stromschwellwert I_FRT_2 liegt. Auf diese Weise wird nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung eine Strombegrenzung durch ein erfindungsgemäßes Verfahren bewirkt, solange der transiente Spannungseinbruch besteht und der Betrag des Stroms I_{L1_ac} dadurch nach einem Fortsetzen des regulären Betriebsmodus immer wieder erneut ansteigt.

In Fig. 4 ist ein Beispiel für einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in dem Fall, dass ein transienter Spannungseinbruch des Netzes vorliegt und der Betrag der Spannung V_{C1_ac} unter oder auf dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt, dargestellt. In einem Schritt S5 wird der Wechselrichter in einem regulären Betriebsmodus betrieben, wobei an dem Brückenausgang ein Potential DC+ anliegt. Der transiente Spannungseinbruch des Netzes verursacht einen Anstieg des Betrags des Stroms I_{L1_ac} . Zu einem Zeitpunkt t_4 überschreitet der Betrag des Stroms I_{L1_ac} den ersten Stromschwellwert I_FRT_1 . Daraufhin wird der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und zunächst in einem Schritt S6 das Potential N an den Brückenausgang angelegt, woraufhin der Betrag des Stroms I_{L1_ac} immer noch weiter ansteigt. Zu einem Zeitpunkt t_5 wird in einem Schritt S7 das Potential DC- an den Brückenausgang angelegt, wodurch der Betrag des Stroms I_{L1_ac} wieder sinkt. Das Potential DC- wird so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt t_6 den zweiten Stromschwellwert I_FRT_2 unterschreitet. Dann wird in einem Schritt S8 zunächst wieder das Potential N an den Brückenausgang angelegt und zu einem Zeitpunkt t_7 in einem Schritt S9 der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt, wobei das Potential an den Brückenausgang angelegt wird, das auch ohne Unterbrechung des regulären Betriebsmodus zum Zeitpunkt t_7 vorgelegen hätte, im vorliegenden Fall das Potential DC+.

Aufgrund des nach wie vor vorliegenden transienten Spannungseinbruchs steigt der Betrag des Stroms I_{L1_ac} dann erneut an, so dass durch Wiederholen der in Fig. 4 dargestellten Schritte durch das erfindungsgemäße Verfahren eine Strombegrenzung nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung bewirkt wird, solange der transiente Spannungseinbruch besteht.

Fig. 5 zeigt ein weiteres Beispiel für einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in dem Fall, dass ein transienter Spannungseinbruch des Netzes vorliegt und der Betrag der Spannung V_{C1_ac} über dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt. Im Gegensatz zu Fig. 3 liegt hier eine negative Spannung V_{C1_ac} vor, deren Betrag über dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt. In einem Schritt S10 wird der Wechselrichter in einem regulären Betriebsmodus betrieben, wobei gegenüber Fig. 3 an dem Brückenausgang ein negatives Potential DC- anliegt. Der Strom I_{L1_ac} ist ebenfalls negativ. Der Ablauf des Verfahrens unterscheidet sich bei Betrachtung der Beträge des Stroms I_{L1_ac} prinzipiell nicht von demjenigen in Fig. 3. Bei Überschreiten des ersten Stromschwellwerts I_FRT_1 durch den Betrag des Stroms I_{L1_ac} zum Zeitpunkt $t8$ wird der reguläre Betriebsmodus unterbrochen und in einem Schritt S11 das Potential N an den Brückenausgang angelegt, wodurch der Betrag des Stroms I_{L1_ac} wieder sinkt. Das Potential N wird so lange an den Brückenausgang angelegt, bis der Betrag des Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt $t9$ den zweiten Stromschwellwert I_FRT_2 unterschreitet. Dann wird in einem Schritt S12 der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt, und bei erneutem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts I_FRT_1 durch den Betrag des Stroms I_{L1_ac} zum Zeitpunkt $t10$ in einem Schritt S13 wieder das Potential N an den Brückenausgang angelegt. Durch wiederholtes Ausführen dieser Schritte wird so nach dem Prinzip der Zweipunktregelung eine Strombegrenzung bewirkt, solange der transiente Spannungseinbruch besteht.

Das Beispiel für einen zeitlichen Ablauf bei einem erfindungsgemäßen Verfahren in Fig. 6 betrifft wieder den Fall, dass ein transienter Spannungseinbruch des Netzes vorliegt und der Betrag der Spannung V_{C1_ac} unter oder auf dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt. Im Gegensatz zu dem Beispiel aus Fig. 4 wird hier in einem Schritt S14 der Wechselrichter in einem regulären Betriebsmodus mit einem gegenüber Fig. 4 negativen Potential DC- an dem Brückenausgang betrieben. Weiterhin ist der Strom I_{L1_ac} hier negativ. Bei Betrachtung der Beträge des Stroms I_{L1_ac} unterscheidet sich der Ablauf des Verfahrens prinzipiell nicht von demjenigen in Fig. 4. Zu einem Zeitpunkt $t11$ überschreitet der Betrag des Stroms I_{L1_ac} den ersten Stromschwellwert I_FRT_1 . Daraufhin wird der reguläre Betriebsmodus unterbrochen wobei zunächst in einem Schritt S15 das Potential N an den Brückenausgang angelegt wird und dann zu einem Zeitpunkt $t12$ in einem Schritt S16 das Potential DC+ so lange an den Brückenausgang angelegt wird, bis der Betrag des Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt $t13$ den zweiten Stromschwellwert I_FRT_2 unterschreitet. In einem Schritt S17 wird zunächst wieder das Potential N an den Brückenausgang angelegt und zu einem Zeitpunkt $t14$ in einem Schritt S18 der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt. Durch Wiederholen der in Fig. 6 dargestellten Schritte durch das erfindungsgemäße Verfahren wird eine Strombegrenzung nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung bewirkt, solange der transiente Spannungseinbruch besteht.

In Fig. 7 ist ein Beispiel für einen zeitlichen Ablauf bei einer weiteren Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt, das wieder den Fall betrifft, dass ein transienter Spannungseinbruch des Netzes vorliegt und der Betrag der Spannung V_{C1_ac} unter oder auf dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt. Der Ablauf mit den Schritten S19, S20 und S21 zu den Zeitpunkten t15 und t16 ist der gleiche wie der Ablauf mit den Schritten S5, S6 und S7 zu den Zeitpunkten t4 und t5 bei dem in Fig. 4 dargestellten Ausführungsbeispiel. Beim Unterschreiten des zweiten Stromschwellwerts I_FRT_2 durch den Betrag des Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt t17 wird dann in einem Schritt S22 das Potential N an den Brückenausgang angelegt, und zwar so lange, bis der Betrag des Stroms I_{L1_ac} zu einem Zeitpunkt t18 den ersten Stromschwellwert I_FRT_1 erneut überschreitet. In einem nächsten Schritt S23 wird dann analog zu Schritt S21 das Potential DC- an den Brückenausgang angelegt, woraufhin der Betrag des Stroms I_{L1_ac} wieder sinkt.

Durch wiederholtes wechselweises Anlegen der Potentiale DC- und N, so lange bis jeweils der Stromschwellwert I_FRT_2 unterschritten bzw. der erste Stromschwellwert I_FRT_1 überschritten wird, wird bei dieser Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Verfahrens eine Strombegrenzung nach dem Prinzip einer Zweipunktregelung bewirkt. Erst wenn der Betrag der Spannung V_{C1_ac} wieder über dem Spannungsschwellwert V_FRT liegt, wird der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt und dann entweder beispielsweise der Strom weiter nach dem erfindungsgemäßen Verfahren wie in dem Beispiel in Fig. 4 dargestellt begrenzt, falls nach wie vor ein transienter Spannungseinbruch besteht, oder die Strombegrenzung beendet.

Das Ausführungsbeispiel in Fig. 7 behandelt den Fall, dass vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts I_FRT_1 das Potential DC+ am Brückenausgang anliegt und ein positiver Strom I_{L1_ac} vorliegt. Im Fall, dass vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts I_FRT_1 das Potential DC- am Brückenausgang anliegt und ein negativer Strom I_{L1_ac} vorliegt, ergibt sich bei Betrachtung der Beträge des Stroms I_{L1_ac} ein weiteres Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens mit prinzipiell gleichem Ablauf.

In Fig. 8 ist eine Ausführungsform einer Brückenschaltung 31 eines erfindungsgemäßen Wechselrichters als diodengeklemmte NPC-Brückenschaltung dargestellt. Bei dieser Brückenschaltung 31 ist der erste Gleichspannungseingang 3 über eine Reihenschaltung eines ersten Leistungshalbleiterschalters T1, eines zweiten Leistungshalbleiterschalters T2, eines dritten Leistungshalbleiterschalters T3 und eines vierten Leistungshalbleiterschalters T4 mit dem zweiten Gleichspannungseingang 4 der Brückenschaltung 31 verbunden. Zu jedem der Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 ist jeweils eine antiparallele Diode D1 bis D4

angeordnet, die jeweils einen Stromfluss entgegen der Stromflussrichtung ermöglicht, die bei dem jeweiligen Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 im eingeschalteten Zustand möglich ist.

Der Neutralanschluss 5 ist über eine fünfte Diode D5 mit einem Verknüpfungspunkt zwischen dem ersten Leistungshalbleiterschalter T1 und dem zweiten Leistungshalbleiterschalter T2 verbunden. Ein Verknüpfungspunkt zwischen dem dritten Leistungshalbleiterschalter T3 und dem vierten Leistungshalbleiterschalters T4 ist über eine Diode D6 mit dem Neutralanschluss 5 verbunden. Ein Verknüpfungspunkt zwischen dem zweiten Leistungshalbleiterschalter T2 und dem dritten Leistungshalbleiterschalter T3 bildet den Brückenausgang 6.

Die Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 können über Ansteuersignale G1 bis G4 zur Überführung in einen eingeschalteten oder ausgeschalteten Zustand angesteuert werden. Durch eine geeignete Ansteuerung kann dann selektiv das an dem ersten Gleichspannungseingang 3 vorliegende elektrische Potential DC+ oder das an dem zweiten Gleichspannungseingang 4 vorliegende elektrische Potential DC- oder das an dem Neutralanschluss 5 vorliegende elektrische Potential N an den Brückenausgang 6 angelegt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Brückenschaltung 31 in Fig. 8 sind beispielsweise die Leistungshalbleiterschalter T1 und T4 als Feldeffekttransistoren, beispielsweise als SiC-MOSFETs, und die Leistungshalbleiterschalter T2 und T3 als Bipolartransistoren, beispielsweise als IGBTs in Si-Technologie, ausgeführt. Andere Kombinationen von Leistungshalbleitertechnologien sind ebenfalls möglich.

Die Fig.9 zeigt eine Ausführungsform einer Brückenschaltung 31 eines erfindungsgemäßen Wechselrichters als BSNPC-Brückenschaltung. Hierbei ist der erste Gleichspannungseingang 3 über eine Reihenschaltung eines ersten Leistungshalbleiterschalters T1 und eines vierten Leistungshalbleiterschalters T4 mit dem zweiten Gleichspannungseingang 4 der Brückenschaltung 1 verbunden, wobei ein Verknüpfungspunkt zwischen dem ersten Leistungshalbleiterschalter T1 und dem vierten Leistungshalbleiterschalter T4 den Brückenausgang 6 bildet. Zu jedem der Leistungshalbleiterschalter T1 und T4 ist jeweils eine antiparallele Diode D1 oder D4 angeordnet, die jeweils einen Stromfluss entgegen der Stromflussrichtung ermöglicht, die bei dem jeweiligen Leistungshalbleiterschalter T1 bzw. T4 im eingeschalteten Zustand möglich ist. Zwischen dem Verknüpfungspunkt zwischen dem ersten Leistungshalbleiterschalter T1 und dem vierten Leistungshalbleiterschalter T4 und dem Neutralanschluss 5 ist eine Reihenschaltung zweier Leistungshalbleiterschalter T2 und T3 mit entgegengesetzter Stromflussrichtung und jeweils einer zu den Leistungshalbleiterschaltern antiparallel

geschalteten Diode D2 bzw. D3 angeordnet. Die Anordnung aus den Leistungshalbleiterschaltern T2 und T3 in Verbindung mit den Dioden D2 und D3 bildet einen bidirektionalen Schalter.

Die Leistungshalbleiterschalter T1 bis T4 können über Ansteuersignale G1 bis G4 zur Überführung in einen eingeschalteten oder ausgeschalteten Zustand angesteuert werden. Durch eine geeignete Ansteuerung kann dann selektiv das an dem ersten Gleichspannungseingang 3 vorliegende elektrische Potential DC+ oder das an dem zweiten Gleichspannungseingang 4 vorliegende elektrische Potential DC- oder das an dem Neutralanschluss 5 vorliegende elektrische Potential N an den Brückenausgang 6 angelegt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Brückenschaltung 31 in Fig. 9 sind beispielsweise alle Leistungshalbleiterschalter als Bipolartransistoren, beispielsweise als IGBTs in Si-Technologie, ausgeführt. Andere Leistungshalbleitertechnologien bzw. Kombinationen unterschiedlicher Leistungshalbleitertechnologien sind ebenfalls möglich.

In Fig. 10 ist noch eine weitere Ausführungsform einer Brückenschaltung 31 eines erfindungsgemäßen Wechselrichters als ANPC-Brückenschaltung gezeigt. Gegenüber der NPC-Brückenschaltung aus Fig. 8 sind hier zusätzliche ein fünfter und ein sechster Leistungshalbleiterschalter T5 und T6 jeweils antiparallel zu der fünften und sechsten Diode D5 und D6 geschaltet.

Die Leistungshalbleiterschalter T1 bis T6 können über Ansteuersignale G1 bis G6 zur Überführung in einen eingeschalteten oder ausgeschalteten Zustand angesteuert werden. Durch eine geeignete Ansteuerung kann dann selektiv das an dem ersten Gleichspannungseingang 3 vorliegende elektrische Potential DC+ oder das an dem zweiten Gleichspannungseingang 4 vorliegende elektrische Potential DC- oder das an dem Neutralanschluss 5 vorliegende elektrische Potential N an den Brückenausgang 6 angelegt werden.

Bei dem Ausführungsbeispiel der Brückenschaltung 31 in Fig. 10 sind beispielsweise die Leistungshalbleiterschalter T2 und T3 als Feldeffekttransistoren, beispielsweise als SiC-MOSFETs, und die Leistungshalbleiterschalter T1, T4, T5 und T6 als Bipolartransistoren, beispielsweise als IGBTs in Si-Technologie, ausgeführt. Andere Kombinationen von Leistungshalbleitertechnologien sind ebenfalls möglich.

Die Erfindung ist nicht auf die explizit gezeigten Ausführungsformen beschränkt, sondern kann in vielfacher Art und Weise abgewandelt, insbesondere mit anderen gezeigten oder dem Fachmann bekannten Ausführungsformen kombiniert werden.

PAGE DELIBERATELY LEFT BLANK

Bezugszeichenliste

1	Wechselrichter
2	Brückenschaltung
3	Gleichspannungseingang
4	Gleichspannungseingang
5	Neutralanschluss
6	Brückenausgang
7	Brückenausgang
8	Brückenausgang
9	Gleichspannungszwischenkreis
10	Mittelpunkt
11	Gleichspannungsanschluss
12	Gleichspannungsanschluss
13	Drossel
14	Drossel
15	Drossel
16	Netzfilter
17	Wechselstromausgang
18	Wechselstromausgang
19	Wechselstromausgang
20	Phasenleiter
21	Phasenleiter
22	Phasenleiter
23	Netz
24	Sternpunkt
25	Kondensator
26	Kondensator
27	Kondensator
28	Neutralpunkt
29	Steuereinrichtung
30	Phasenzweig
31	Brückenschaltung
DC+	Potential
DC-	Potential
N	Potential

V _{C1_ac}	Spannung
I _{L1_ac}	Strom
V _{FRT}	Spannungsschwellwert
I _{FRT_1}	Stromschwellwert
I _{FRT_2}	Stromschwellwert
I _{HW}	absolute Stromgrenze
S1, S2, ..., S23	Schritt
t1, t2, ..., t18	Zeitpunkt
T1	Leistungshalbleiterschalter
T2	Leistungshalbleiterschalter
T3	Leistungshalbleiterschalter
T4	Leistungshalbleiterschalter
T5	Leistungshalbleiterschalter
T6	Leistungshalbleiterschalter
D1	Diode
D2	Diode
D3	Diode
D4	Diode
D5	Diode
D6	Diode
G1	Ansteuersignal
G2	Ansteuersignal
G3	Ansteuersignal
G4	Ansteuersignal
G5	Ansteuersignal
G6	Ansteuersignal

Patentansprüche:

1. Verfahren zur Strombegrenzung bei transienten Spannungsänderungen an einem Wechselstromausgang (17,18,19) eines Multilevel-Wechselrichters (1), der eine Brückenschaltung (2, 31) mit einem ersten Gleichspannungseingang (3), einem zweiten Gleichspannungseingang (4), einem Neutralanschluss (5) und einem Brückenausgang (6, 7, 8) sowie ein Netzfilter (16) mit einer zwischen dem Brückenausgang (6, 7, 8) und dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) angeschlossenen Drossel (13, 14, 15) und einem zwischen dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) und dem Neutralanschluss (5) angeschlossenen Kondensator (25, 26, 27) aufweist und dazu eingerichtet ist, selektiv ein an dem ersten Gleichspannungseingang (3) vorliegendes elektrisches Potential (DC+) oder ein an dem zweiten Gleichspannungseingang (4) vorliegendes elektrisches Potential (DC-) oder ein an dem Neutralanschluss (5) vorliegendes elektrisches Potential (N) an den Brückenausgang (6, 7, 8) anzulegen, wobei

- in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters (1) in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung (V_{C1_ac}) an dem Kondensator (25, 26, 27) über einem Spannungsschwellwert (V_{FRT}) liegt, bei Überschreiten eines ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) durch den Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) der reguläre Betriebsmodus unterbrochen wird und das elektrische Potential (N) an dem Neutralanschluss (5) so lange an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird, bis der Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) einen zweiten Stromschwellwert (I_{FRT_2}), der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) ist, unterschreitet,

und

- in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters (1) in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung (V_{C1_ac}) an dem Kondensator (25, 26, 27) unter oder auf dem Spannungsschwellwert (V_{FRT}) liegt, bei Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) durch den Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) der reguläre Betriebsmodus unterbrochen wird und das elektrische Potential (DC+, DC-) an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang (3, 4) als dem Gleichspannungseingang (3, 4), dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wurde, so lange an den

Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird, bis der Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) den zweiten Stromschwellwert (I_{FRT_2}), der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) ist, unterschreitet.

2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt wird, nachdem der zweite Stromschwellwert (I_{FRT_2}), der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) ist, durch den Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) unterschritten wurde.
3. Verfahren nach Anspruch 2, wobei in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters (1) in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung (V_{C1_ac}) an dem Kondensator (25, 26, 27) unter oder auf dem Spannungsschwellwert (V_{FRT}) liegt, bei Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) durch den Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) der reguläre Betriebsmodus unterbrochen wird und
 - zunächst das elektrische Potential (N) an dem Neutralanschluss (5) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird,
 - dann das elektrische Potential (DC+, DC-) an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang (3, 4) als dem Gleichspannungseingang (3, 4), dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wurde, so lange an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird, bis der Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) den zweiten Stromschwellwert (I_{FRT_2}), der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) ist, unterschreitet,
 - dann zunächst wieder das elektrische Potential (N) an dem Neutralanschluss (5) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird,bevor der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, wobei in dem Fall, dass bei einem Betrieb des Wechselrichters (1) in einem regulären Betriebsmodus der Betrag der Spannung (V_{C1_ac}) an dem Kondensator (25, 26, 27) unter oder auf dem Spannungsschwellwert (V_{FRT}) liegt, bei einem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) durch den Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) der reguläre Betriebsmodus unterbrochen wird und

- zunächst das elektrische Potential (N) an dem Neutralanschluss (5) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird,

dann wiederholt

- das elektrische Potential (DC+, DC-) an dem jeweils anderen Gleichspannungseingang (3, 4) als dem Gleichspannungseingang (3, 4), dessen daran anliegendes elektrisches Potential zuletzt vor dem ersten Überschreiten des ersten Stromschwellwerts (I_{FRT_1}) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wurde, so lange an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird, bis der Betrag des durch die Drossel (13, 14, 15) fließenden Stroms (I_{L1_ac}) den zweiten Stromschwellwert (I_{FRT_2}), der kleiner oder gleich dem ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) ist, unterschreitet, und anschließend das elektrische Potential (N) an dem Neutralanschluss (5) an den Brückenausgang (6, 7, 8) angelegt wird, bis der Betrag des durch die Drossel fließenden Stroms (I_{L1_ac}) den ersten Stromschwellwert (I_{FRT_1}) erneut überschreitet.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt wird, wenn der Betrag der Spannung ($VC1_ac$) an dem Kondensator (25, 26, 27) über dem Spannungsschwellwert (V_{FRT}) liegt.
 6. Verfahren nach Anspruch 4, wobei der reguläre Betriebsmodus fortgesetzt wird, wenn seit dem Unterbrechen des regulären Betriebsmodus eine vorgebbare Zeit vergangen ist.
 7. Multilevel-Wechselrichter (1), aufweisend eine Brückenschaltung (2, 31) mit einem ersten Gleichspannungseingang (3), einem zweiten Gleichspannungseingang (4), einem Neutralanschluss (5) und einem Brückenausgang (6, 7, 8) sowie ein Netzfilter (16) mit einer zwischen dem Brückenausgang (6, 7, 8) und dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) angeschlossenen Drossel (13, 14, 15) und einem zwischen dem Wechselstromausgang (17, 18, 19) und dem Neutralanschluss (5) angeschlossenen Kondensator (25, 26, 27) sowie eine Steuereinrichtung (29), wobei die Steuereinrichtung (29) zur Ausführung eines Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 6 eingerichtet ist.
 8. Multilevel-Wechselrichter (1) nach Anspruch 7, wobei die Brückenschaltung (31) eine diodengeklemmte NPC-Brückenschaltung ist.

9. Multilevel-Wechselrichter (1) nach Anspruch 7, wobei die Brückenschaltung (31) eine BSNPC-Brückenschaltung ist.
10. Multilevel-Wechselrichter (1) nach Anspruch 7, wobei die Brückenschaltung (31) eine ANPC-Brückenschaltung ist.
11. Multilevel-Wechselrichter (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei der Wechselrichter (1) als einphasiger Wechselrichter ausgeführt ist, der mindestens eine Brückenschaltung (31) umfasst.
12. Multilevel-Wechselrichter (1) nach einem der Ansprüche 7 bis 10, wobei der Wechselrichter (1) als dreiphasiger Wechselrichter ausgeführt ist, der mindestens drei Brückenschaltungen (31) umfasst.

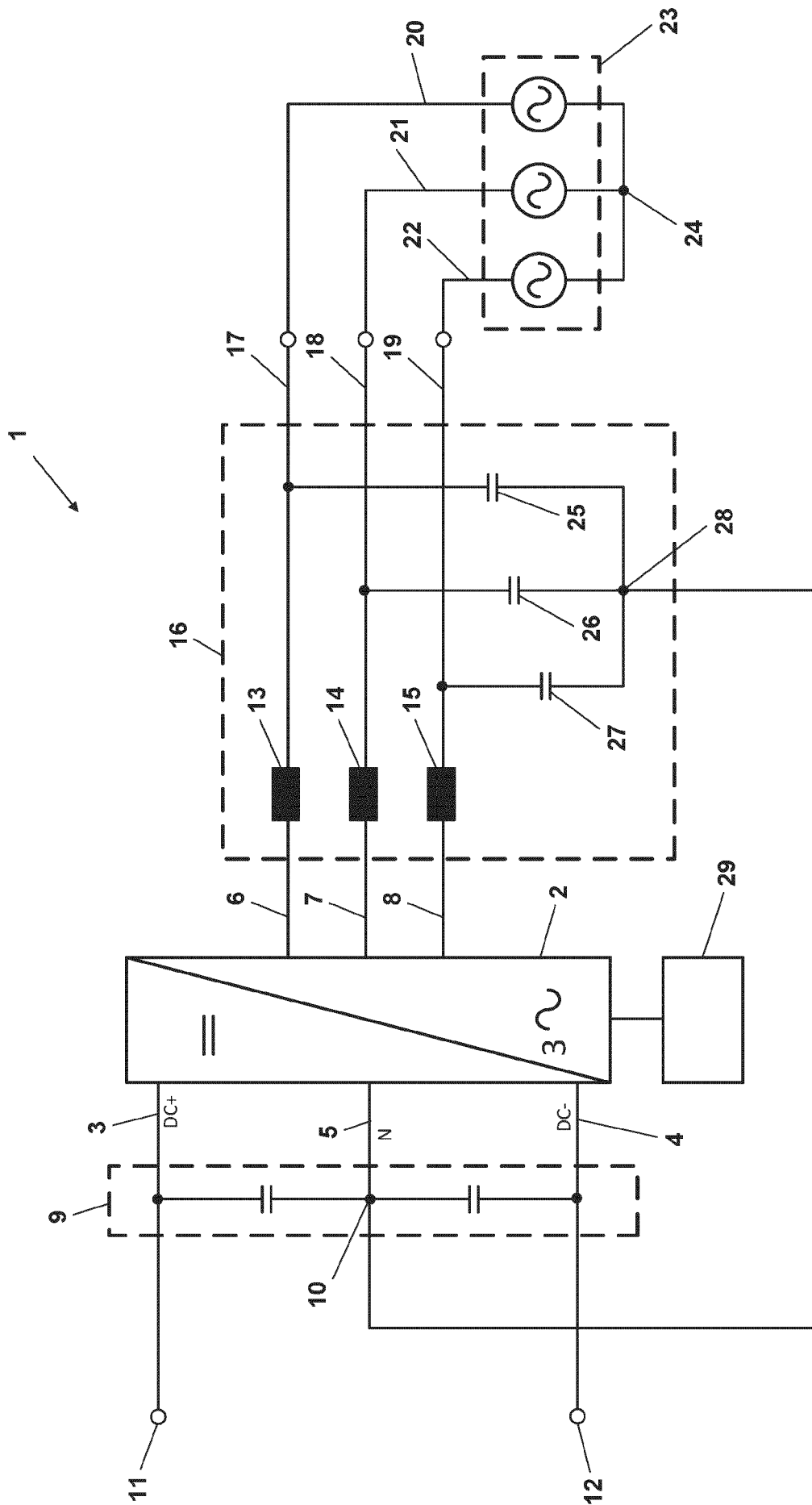


Fig. 1

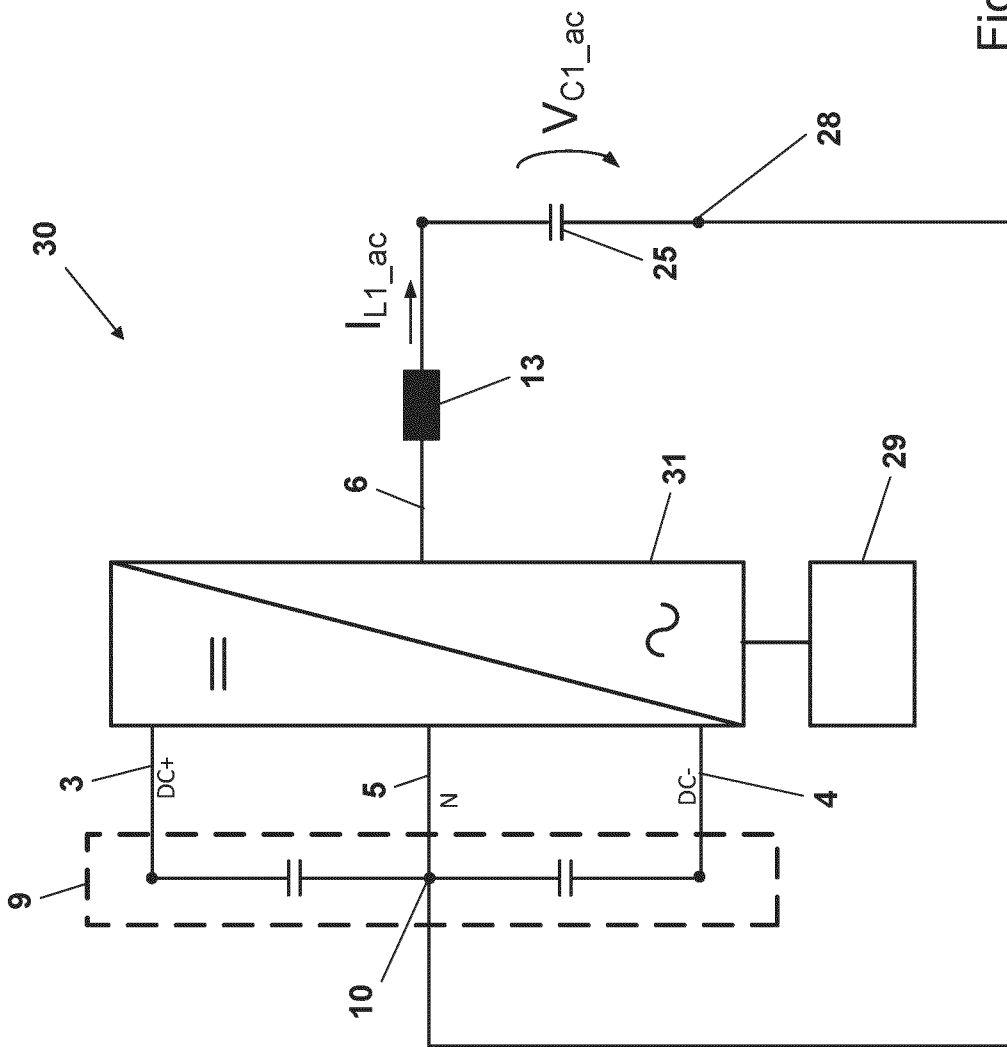


Fig. 2

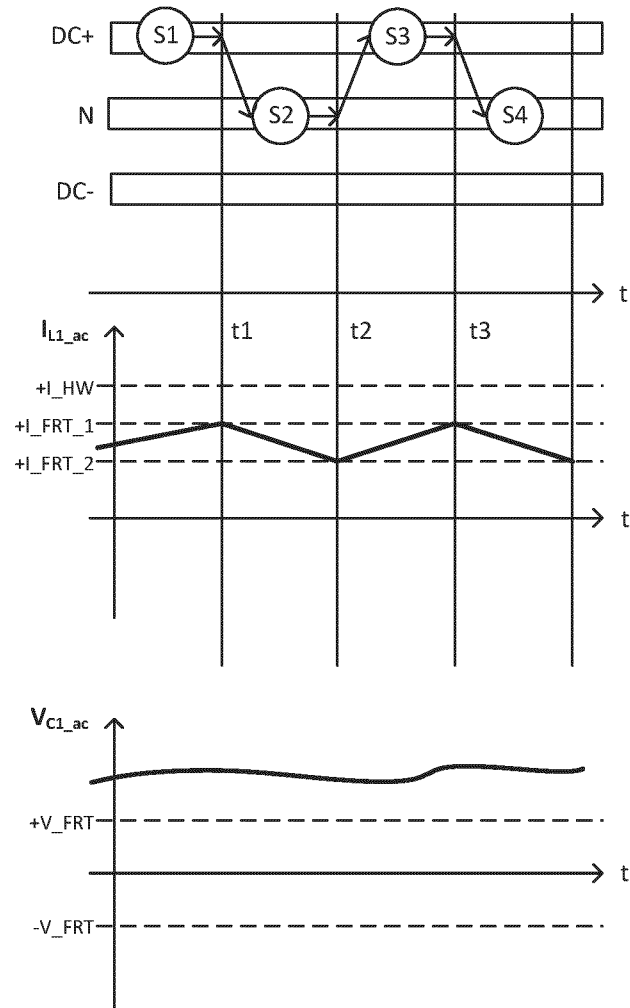


Fig. 3

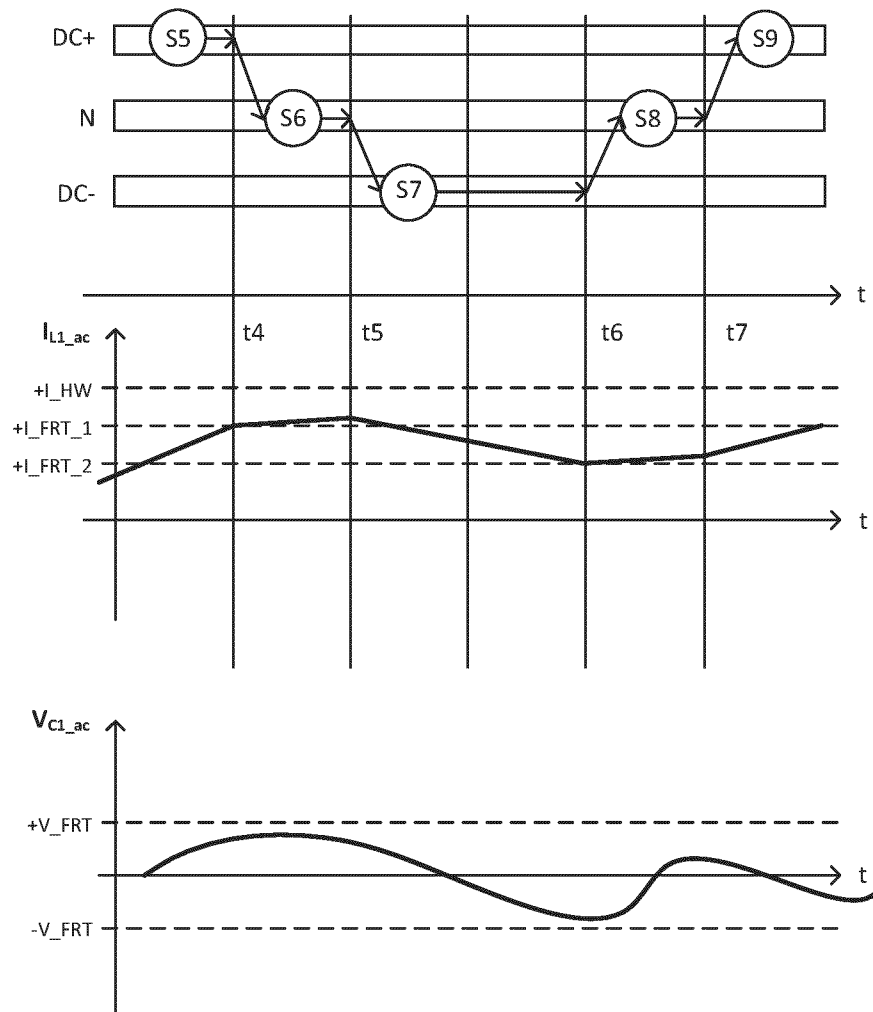


Fig. 4

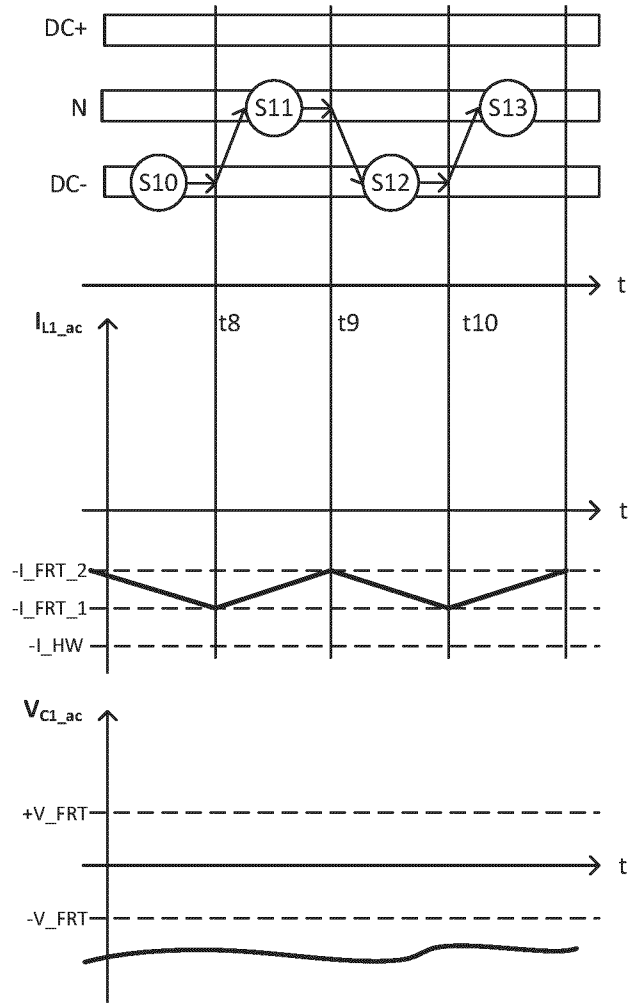


Fig. 5

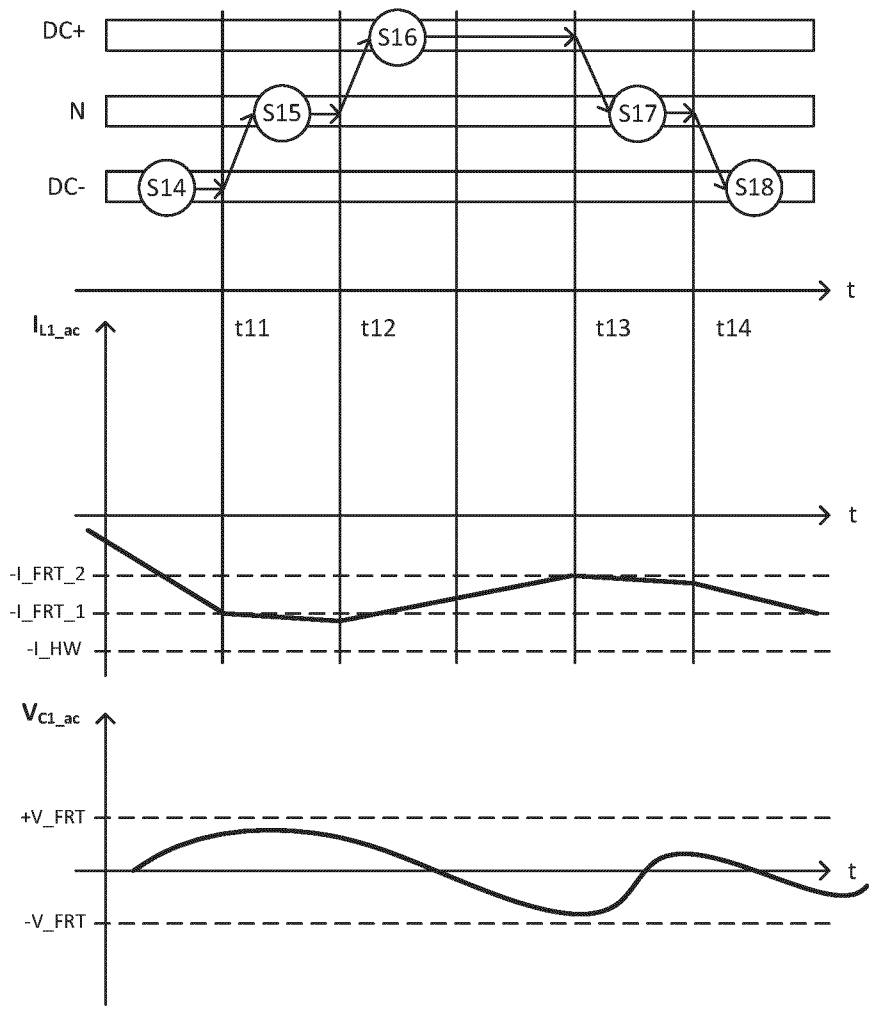


Fig. 6

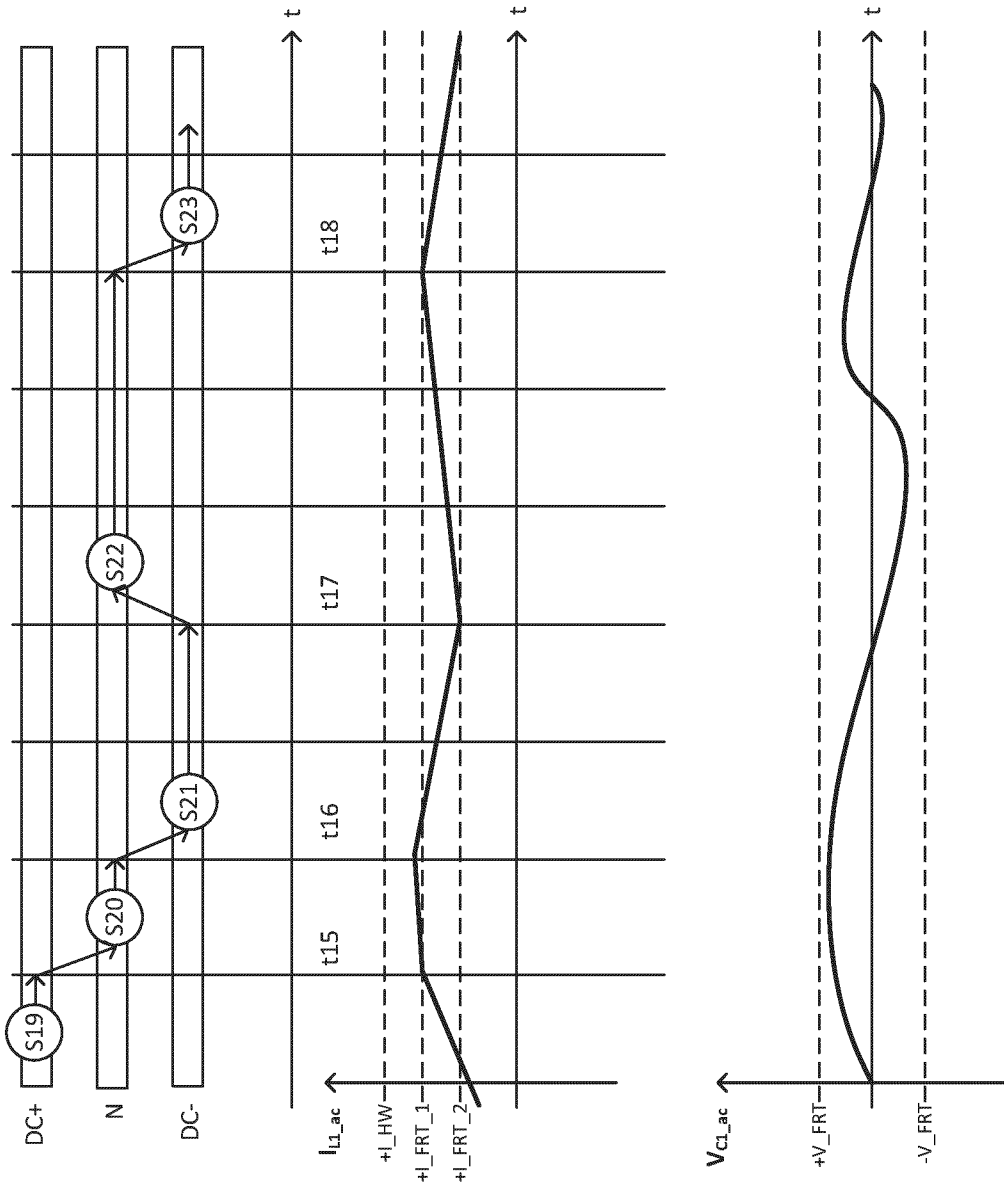


Fig. 7

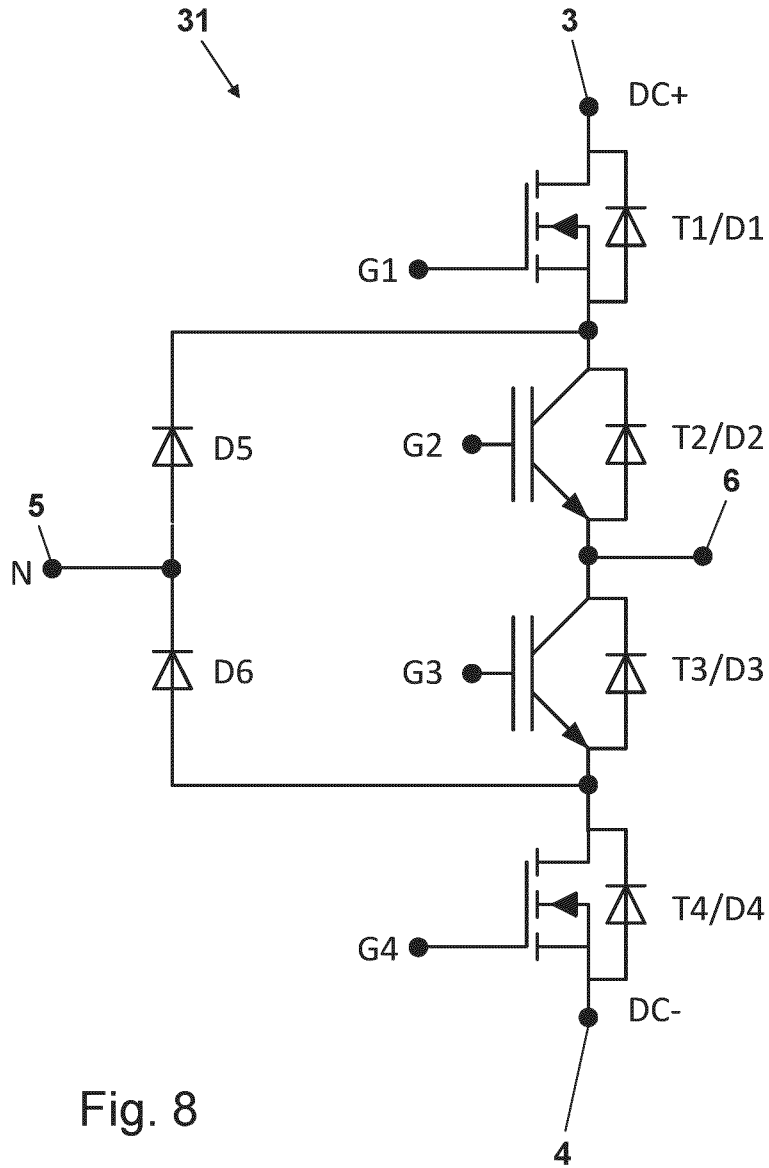


Fig. 8

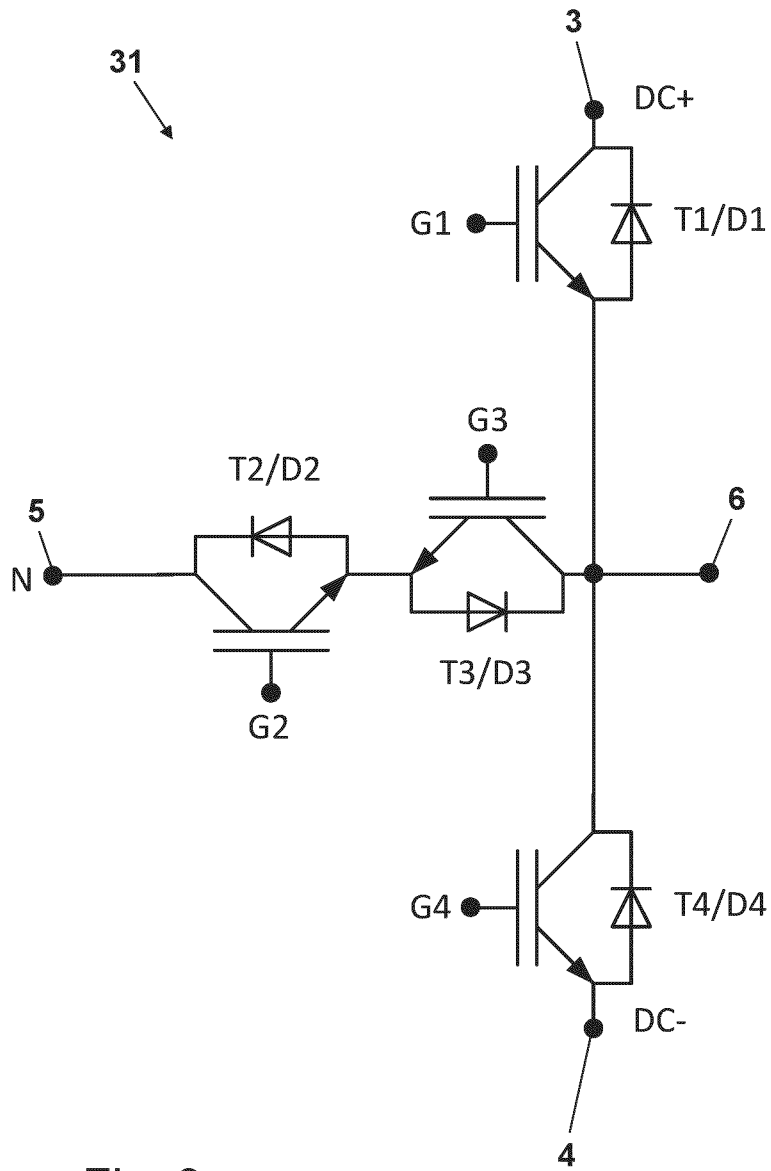


Fig. 9

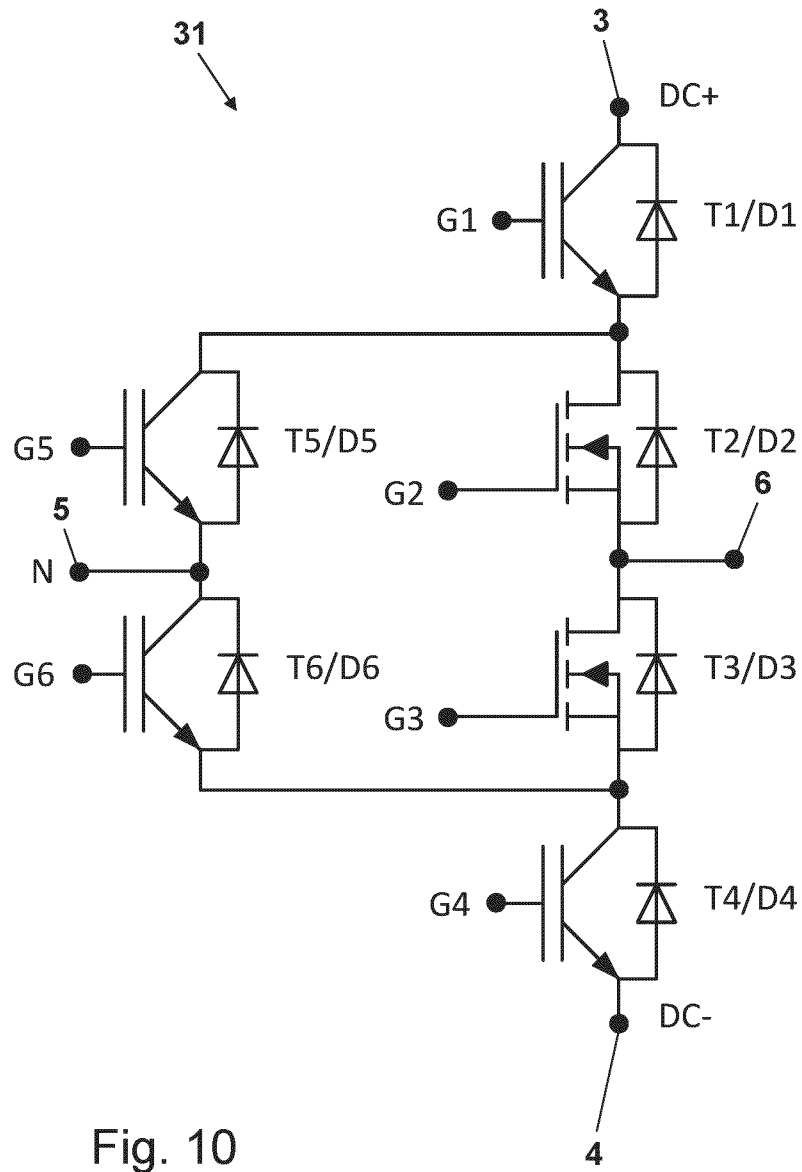


Fig. 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2020/054049

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER <i>H02M 1/32</i> (2007.01)i; <i>H02M 7/483</i> (2007.01)i		
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.
X	US 2014003103 A1 (AALTIO TUOMAS ESKO [FI]) 02 January 2014 (2014-01-02) abstract paragraphs [0032] - [0035], [0041]; figures 1, 2,3,9	1-12
A	GURPINAR EMRE ET AL. "SiC and GaN based BSNPC inverter for photovoltaic systems" <i>2015 17TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE'15 ECCE-EUROPE), JOINTLY OWNED BY EPE ASSOCIATION AND IEEE PELS</i> , 08 September 2015 (2015-09-08), pages 1-10 DOI: 10.1109/EPE.2015.7309356 XP032800358 figure 1(b)	9
A	BOTTRELL NATHANIEL ET AL. "Comparison of Current-Limiting Strategies During Fault Ride-Through of Inverters to Prevent Latch-Up and Wind-Up" <i>IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA</i> , Vol. 29, No. 7, 01 July 2014 (2014-07-01), pages 3786-3797, [retrieved on 2014-02-17] DOI: 10.1109/TPEL.2013.2279162 ISSN: 0885-8993, XP011540339 figures 7, 8	1-12
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 18 May 2020		Date of mailing of the international search report 29 May 2020
Name and mailing address of the ISA/EP European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer Zeljko, Sandra Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2020/054049

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014003103	A1	02 January 2014	CN	104412501	A	11 March 2015
				EP	2867983	A2	06 May 2015
				US	2014003103	A1	02 January 2014
				WO	2014004362	A2	03 January 2014
.....							

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02M1/32 H02M7/483 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.
X	US 2014/003103 A1 (AALTIO TUOMAS ESKO [FI]) 2. Januar 2014 (2014-01-02) Zusammenfassung Absätze [0032] - [0035], [0041]; Abbildungen 1, 2, 3, 9	1-12
A	----- GURPINAR EMRE ET AL: "SiC and GaN based BSNPC inverter for photovoltaic systems", 2015 17TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS (EPE'15 ECCE-EUROPE), JOINTLY OWNED BY EPE ASSOCIATION AND IEEE PELS, 8. September 2015 (2015-09-08), Seiten 1-10, XP032800358, DOI: 10.1109/EPE.2015.7309356 [gefunden am 2015-10-27] Abbildung 1(b) ----- -/--	9
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> 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 erscheinen 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		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
18. Mai 2020		29/05/2020
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 Zeljkojvic, Sandra

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>BOTTRELL NATHANIEL ET AL: "Comparison of Current-Limiting Strategies During Fault Ride-Through of Inverters to Prevent Latch-Up and Wind-Up", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, INSTITUTE OF ELECTRICAL AND ELECTRONICS ENGINEERS, USA, Bd. 29, Nr. 7, 1. Juli 2014 (2014-07-01), Seiten 3786-3797, XP011540339, ISSN: 0885-8993, DOI: 10.1109/TPEL.2013.2279162 [gefunden am 2014-02-17] Abbildungen 7, 8 -----</p>	1-12

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2020/054049

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014003103	A1	CN 104412501 A	11-03-2015
		EP 2867983 A2	06-05-2015
		US 2014003103 A1	02-01-2014
		WO 2014004362 A2	03-01-2014
