(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
26. Dezember 2019 (26.12.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/242848 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02M 7/483 (2007.01) *H02M 5/14* (2006.01)
H02M 7/49 (2007.01) *H02M 5/16* (2006.01)
H02M 5/12 (2006.01) *H02M 5/22* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/066369

(22) Internationales Anmeldedatum:
20. Juni 2018 (20.06.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Straße 1, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **PIESCHEL, Martin**; Salzbrunner Str. 12, 90473 Nürnberg (DE). **HÖRGER, Wolfgang**; Thurnerstraße 77, 91353 Hausen (DE). **UTZ, Peter**; Pickertstr. 2, 90762 Fürth (DE).

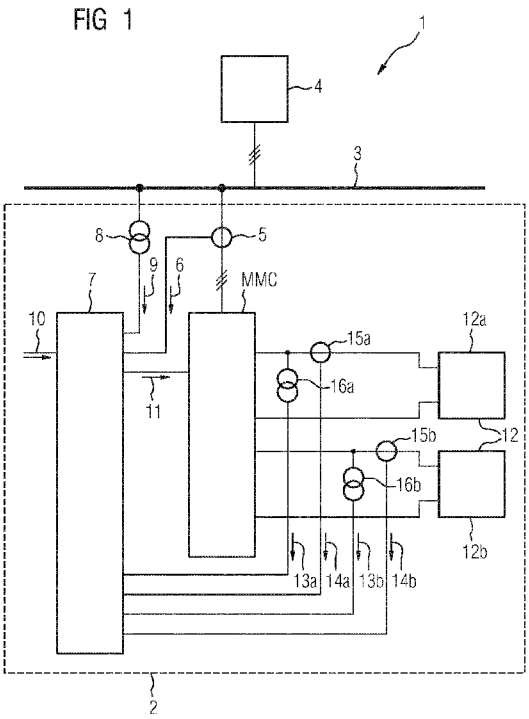
(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, 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, 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,

(54) **Title:** DEVICE AND METHOD FOR DIRECT-CURRENT SUPPLY

(54) **Bezeichnung:** EINRICHTUNG UND VERFAHREN ZUR GLEICHSTROMVERSORGUNG

FIG 1



(57) **Abstract:** The invention relates to a device (2) and to a method for direct-current supply, which device can be connected to an power grid (4) with a polyphase AC voltage (U1ac) with a first frequency (N1), having a multistage current converter (MMC) with a plurality of phase modules (19) which are each formed from a plurality of two-pole submodules (21) which are connected electrically in series and which each have a plurality of semiconductor switches (S) and an energy store (23a), having an actuating unit (7) which generates actuation signals (11) for controlling the multistage current converter (MMC), and having a rectifier circuit (18a). In order to achieve a low-loss direct-current supply (direct-current source), in particular for the medium-voltage range and for high powers, it is proposed that the multistage current converter (MMC) converts the polyphase first AC voltage (U1ac) into a single-phase or a polyphase second AC voltage (U2ac) with a larger second frequency (N2), that at least one transformer (17a, 17b) is connected to the multistage current converter (MMC) which transforms the second AC voltage (U2ac) into a third AC voltage (U3ac) of the same frequency (N2) and phase number, wherein the third AC voltage (U3ac) is smaller than the first AC voltage (U1ac), and that the rectifier circuit (18a, 18b, 18c, 18d) is connected to the at least one transformer (17a, 17b) and converts the third AC voltage (U3ac) into a DC voltage (Udc).

(57) **Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft eine Einrichtung (2) und ein Verfahren zur Gleichstromversorgung, die mit einem Energienetz (4) mit einer mehrphasigen Wechselspannung (U1ac) mit einer ersten Frequenz (N1) verbindbar ist, mit einem Mehrstufenstromrichter (MMC) mit mehreren Phasenmodulen (19), die jeweils aus mehreren elektrisch in Reihe geschalteten zweipoligen Sub-Modulen (21) gebildet sind, welche jeweils mehrere Halbleiterschalter (S) und einen Energiespeicher (23a) aufweisen, mit einer

WO 2019/242848 A1

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

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)*

Ansteuereinheit (7), welche zur Steuerung des Mehrstufenstromrichters (MMC) Ansteuersignale (11) generiert, und mit einer Gleichrichterschaltung (18a). Um eine verlustarme Gleichstromversorgung (Gleichstromquelle) insbesondere für den Mittelspannungsbereich und für hohe Leistungen zu erzielen, wird vorgeschlagen, dass der Mehrstufenstromrichter (MMC) die mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) in eine einphasige oder eine mehrphasige zweite Wechselspannung (U2ac) mit einer größeren zweiten Frequenz (N2) überführt, dass zumindest ein Transformator (17a, 17b) an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossenen ist, der die zweite Wechselspannung (U2ac) in eine dritte Wechselspannung (U3ac) gleicher Frequenz (N2) und Phasenanzahl transformiert, wobei die dritte Wechselspannung (U3ac) kleiner als die erste Wechselspannung (Ulac) ist, und dass die Gleichrichterschaltung (18a, 18b, 18c, 18d) an den zumindest einen Transformator (17a, 17b) angeschlossen ist und die dritte Wechselspannung (U3ac) in eine Gleichspannung (Udc) überführt.

Beschreibung

Einrichtung und Verfahren zur Gleichstromversorgung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Gleichstromversorgung und ein zum Betreiben der Einrichtung zugehöriges Verfahren gemäß den Oberbegriffen der Ansprüche 1 und 8.

Einrichtungen zur Gleichstromversorgung, auch Gleichstromquellen genannt, sind bekannt. Solche Einrichtungen werden mit einem elektrischen Energienetz verbunden, welches eine dreiphasige Wechselspannung mit einer Netzfrequenz von 50-60 Hz bereitstellt und die Einrichtung mit einem Wechselstrom versorgt. Zur Gleichrichtung dient üblicherweise ein Brückengleichrichter, der über einen Transformator zur Spannungsanpassung angeschlossen ist. Mit zunehmendem Gleichstrombedarf steigen allerdings die Blindleistungsverluste durch den Transformator, welcher außerdem immer voluminöser und schwerer wird. Zudem nehmen die Durchlassverluste erheblich zu. Ab Leistungen über 10 MW können die Transformatoren nicht mehr wirtschaftlich von der Mittelspannung auf Niederspannung übertragen, sondern es muss zusätzlich ein teurer Hochspannungstransformator verwendet werden.

Durch die Brückengleichrichter nimmt auch der Oberschwingungsgehalt zu, welcher durch aufwändige Maßnahmen, wie Passivfilter, verringert werden muss. Aufgrund der Blindleistung können auch weitere Maßnahmen wie dynamische Kompensationsanlagen erforderlich sein.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine verlustarme Einrichtung und ein zugehöriges Verfahren zur Gleichstromversorgung (Gleichstromquelle) insbesondere für den Mittelspannungsbereich und für hohe Leistungen mit relativ kleinen Transformatoren zu erzielen, welche weder Blindleistung noch Oberschwingungen in das speisende Energienetz (Versorgungsnetz) abgeben.

Die Aufgabe wird bezogen auf die Einrichtung durch die Merkmale des Anspruchs 1 und bezogen auf das zugehörige Verfahren durch die Merkmale des Anspruchs 8 gelöst; die Unteransprüche stellen vorteilhafte Ausgestaltungen dar.

Die Lösung sieht bezogen auf die Einrichtung vor, dass zur Generierung der Ansteuersignale eine Zuführung der gemessenen Gleichspannung und des gemessenen Gleichstroms an die Ansteuereinheit erfolgt, dass der Mehrstufenstromrichter die mehrphasige erste Wechselspannung in eine einphasige oder eine mehrphasige zweite Wechselspannung mit einer zweiten Frequenz überführt, deren Frequenz größer als die erste Frequenz ist, dass zumindest ein primärseitig und sekundärseitig für dieselbe Anzahl Phasen wie die zweite Wechselspannung ausgebildeter Transformator (z.B. Dreiphasenwechselstrom-Transformator) an den Mehrstufenstromrichter angeschlossenen ist, der die zweite Wechselspannung in eine (dieselbe Anzahl Phasen wie die zweite Wechselspannung aufweisende) dritte Wechselspannung gleicher Frequenz und Phasenanzahl transformiert, deren Spannungsamplitude kleiner als die Spannungsamplitude der ersten Wechselspannung ist, und dass die Gleichrichterschaltung an den zumindest einen Transformator angeschlossen ist und die dritte Wechselspannung in eine Gleichspannung überführt.

Mit Vorteil ist die Gleichrichterschaltung bei einer einphasigen dritten Wechselspannung aus einem einphasigen Brückengleichrichter und einem Gleichspannungswandler und bei einer mehrphasigen dritten Wechselspannung aus einem die gleiche Anzahl Phasen wie die dritte Wechselspannung aufweisenden Brückengleichrichter und einem Gleichspannungswandler gebildet.

Zweckmäßigerweise ist der Brückengleichrichter als gesteuerter Brückengleichrichter ausgebildet.

Damit der Mehrstufenstromrichter auf seiner Hochfrequenzseite nicht mit Stromverzerrungen belastet wird, ist der Gleichspannungswandler als Hochsetzsteller ausgebildet.

Alternativ kann der Gleichspannungswandler als Tiefsetzsteller ausgebildet sein.

Mit Vorteil sind mindestens zwei primärseitig parallel geschaltete Transformatoren an den Mehrstufenstromrichter angeschlossen.

Alternativ werden mindestens zwei primärseitig in Reihe geschaltete Transformatoren an den Mehrstufenstromrichter angeschlossen.

Vorteilhafterweise sind mindestens zwei primärseitig parallel geschaltete Transformatoren an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossen.

Alternativ sind mindestens zwei primärseitig in Reihe geschaltete Transformatoren an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossen.

Die Lösung sieht bezogen auf das Verfahren vor, dass zur Generierung der Ansteuersignale die Gleichspannung und der Gleichstrom gemessen werden und der Mehrstufenstromrichter (MMC) entsprechend (unter Berücksichtigung der jeweiligen Messwerte) angesteuert wird, dass die mehrphasige erste Wechselspannung vom Mehrstufenstromrichter (MMC) in eine zumindest einphasige zweite Wechselspannung mit einer zweiten Frequenz überführt wird, deren Frequenz größer als die erste Frequenz ist, dass zumindest ein der Phasenanzahl (phasenmäßig) der zweiten Wechselspannung entsprechender Transformator die zweite Wechselspannung in eine phasenmäßig der zweiten Wechselspannung entsprechende dritte Wechselspannung gleicher Frequenz transformiert, deren Spannungsamplitude kleiner als die Spannungsamplitude der ersten Wechselspannung ist, und dass die Gleichrichterschaltung an den zumindest einen Trans-

formator angeschlossen wird, welche die zweite Wechselspannung in eine Gleichspannung überführt.

Erfindungsgemäß wird also die netzfrequente dreiphasige Wechselspannung im Mittelspannungsbereich mittels mehrphasiger Mehrstufenstromrichter (Modular Multilevel Converter MMC) in Doppelsterntopologie (M2C) oder Matrixtopologie (M3C) in eine Wechselspannung höherer Frequenz, insbesondere hoher Frequenz von ca. 100 bis 500 Hz, transformiert, welche mit kompakten Hochfrequenztransformatoren auf eine niedrigere Spannungsamplitude, insbesondere deutlich niedrigere Spannungsamplitude von ca. 600 bis 1000 V, übersetzt werden. Dort wird die Wechselspannung gleichgerichtet und mit einem Gleichspannungswandler auf die gewünschte Gleichspannung gestellt.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Einrichtung zur Gleichstromversorgung mit einem modularen Mehrstufenstromrichter,

Fig. 2 eine Ausführung der Einrichtung mit dem Mehrstufenstromrichter zur Erhöhung der Frequenz und einem einphasigen Transformator zur Herabsetzung der Spannungsamplitude,

Fig. 3 eine Ausführung der Einrichtung mit dem Mehrstufenstromrichter zur Erhöhung der Frequenz und zwei primärseitig parallel geschaltete einphasige Transformatoren zur Herabsetzung der Spannungsamplitude,

Fig. 4 eine Ausführung der Einrichtung mit dem Mehrstufenstromrichter zur Erhöhung der Frequenz und zwei primärseitig in Reihe geschaltete einphasige Transformatoren zur Herabsetzung der Spannungsamplitude,

Fig. 5 eine Ausführung der Einrichtung mit dem Mehrstufenstromrichter zur Erhöhung der Frequenz und einem dreiphasigen Transformator zur Herabsetzung der Spannungsamplitude,

Fig. 6 eine Ausführung der Einrichtung mit dem Mehrstufenstromrichter zur Erhöhung der Frequenz und zwei primärseitig parallel geschaltete dreiphasige Transformatoren zur Herabsetzung der Spannungsamplitude,

Fig. 7 eine Ausführung eines Mehrstufenstromrichters mit drei netzseitigen Phasenanschlüssen und zwei transformatorseitigen Phasenanschlüssen,

Fig. 8 eine Ausführung eines dreiphasig auf dreiphasigen Mehrstufenstromrichters,

Fig. 9 der Aufbau eines Phasenmoduls des Mehrstufenstromrichters,

Fig. 10 eine schematische Schaltung eines Submoduls des Phasenmoduls,

Fig. 11 den Aufbau eines Powermoduls des Submoduls,

Fig. 12 den Aufbau eines Kondensatormoduls des Submoduls,

Fig. 13 eine einphasige Gleichrichterschaltung,

Fig. 14 eine dreiphasige Gleichrichterschaltung,

Fig. 15 eine einphasige Gleichrichterschaltung mit einem einphasigen gesteuerten Brückengleichrichter,

Fig. 16 eine dreiphasige Gleichrichterschaltung mit einem dreiphasigen gesteuerten Brückengleichrichter,

Fig. 17 einen einphasigen Brückengleichrichter mit vier Dioden,

Fig. 18 einen einphasigen Brückengleichrichter mit sechs Dioden,

Fig. 19 einen einphasigen gesteuerten Brückengleichrichter mit vier Thyristoren und einer Glättungsdrossel,

Fig. 20 einen einphasigen gesteuerten Brückengleichrichter mit sechs Thyristoren und einer Glättungsdrossel,

Fig. 21 eine Ausführung eines als Tiefsetzsteller ausgebildeten Gleichspannungswandlers,

Fig. 22 eine Ausführung eines als Hochsetzsteller ausgebildeten Gleichspannungswandlers und

Fig. 23 ein Verfahren zur Erzeugung und Bereitstellung eines Gleichstroms.

In Fig. 1 ist eine Anordnung 1 mit einer Einrichtung 2 zur Gleichstromversorgung dargestellt, zu der ein modularer Mehrstufenstromrichter MMC (Modular Multilevel Converter MMC) gehört. Der modulare Mehrstufenstromrichter MMC ist dreiphasig über eine Anschlussschiene 3 mit einem Energieversorgungsnetz 4 elektrisch verbunden, das eine dreiphasige erste Wechselspannung U1ac als Anschluss-Wechselspannung bereitstellt. Mittels eines Stromsensors 5 wird der durch den Mehrstufenstromrichter MMC fließende Strom gemessen. Strommesswerte 6 werden zu einer Ansteuereinheit 7 des modularen Mehrstufenstromrichters MMC übertragen. Weiterhin wird mittels eines

Spannungssensors 8 (der hier als ein Messwandler ausgeführt ist) die an der Anschlussschiene 3 anliegende Spannung gemessen, die im Wesentlichen der an dem modularen Mehrstufenstromrichter MMC anliegenden ersten Wechselspannung U1ac entspricht. Die Spannungsmesswerte 9 der ersten Wechselspannung U1ac werden zu der Ansteuereinheit 7 übertragen.

Anhand von vorgegebenen Sollwerten 10 berechnet die Ansteuereinheit 7 jeweils in Abhängigkeit von Betriebspunktvorgaben Ansteuersignale 11, die zum modularen Mehrstufenstromrichter MMC übertragen werden. Mittels der Ansteuersignale 11 wird der Mehrstufenstromrichter MMC derart angesteuert, dass sich auf der Gleichspannungsseite an der Gleichstromlast 12, hier an den beiden Gleichstromlasten 12a, 12b jeweils die vorgegebenen Gleichstromwerte 14a, 14b und die vorgegebene Gleichspannung Udc mit den Gleichspannungswerten 13a, 13b einstellen. Die Messung der aktuellen Gleichstrom- und Gleichspannungswerte 14a, 14b, 13a, 13b erfolgt mittels je eines Stromsensors 15a, 15b und mittels je eines Spannungssensors 16a, 16b; die Gleichstrom-und Gleichspannungswerte 14a, 14b, 13a, 13b werden an die Ansteuereinheit 7 übergeben. Die Ansteuereinheit 7 kontrolliert auf diese Weise den Mehrstufenstromrichter MMC und damit die Einrichtung 2 zur Gleichstromversorgung.

In Fig. 2 ist eine Ausführung 2a der Einrichtung 2 dargestellt, bei der ein Mehrstufenstromrichter MMC eingesetzt wird, der eine dreiphasige erste Wechselspannung U1ac mit einer ersten Frequenz N1 von 50 oder 60 Hz in eine einphasige zweite Wechselspannung U2ac hoher zweiter Frequenz N2 von ca. 100 bis 500 Hz, hier beispielhaft von 150 Hz überführt, d.h. dass die zweite Frequenz N2 ist (wesentlich) größer als die erste Frequenz, hier um ein Vielfaches größer. Diese hochfrequente zweite Wechselspannung U2ac wird mit einem einphasigen Transformator 17a in der Spannungsamplitude herabgesetzt (hier von 12000-20000 V auf 600 bis 1000 V) und von einer Gleichrichterschaltung 18a in eine Gleichspannung Udc überführt.

In Fig. 3 ist eine Ausführung 2b der Einrichtung 2 dargestellt, bei der im Unterschied zu Fig. 2 zwei einphasige Transformatoren 17a (anstelle von einem einphasigen Transformator 17a) die hochfrequente zweite Wechselspannung U2ac in der Spannungsamplitude entsprechend herabsetzen und jeweils von einer Gleichrichterschaltung 18a in eine Gleichspannung Udc überführen. Die beiden Transformatoren 17a sind primärseitig parallel geschaltet an den Mehrstufenstromrichter MMC angeschlossen.

Fig. 4 zeigt eine Ausführung 2c der Einrichtung 2, bei der im Unterschied zu Fig. 3 die beiden einphasigen Transformatoren 17a in Reihe geschaltet sind.

In Fig. 5 ist eine Ausführung 2d der Einrichtung 2 dargestellt, bei der ein Mehrstufenstromrichter MMC eingesetzt wird, der die dreiphasige erste Wechselspannung U1ac mit einer ersten Frequenz N1 von 50 oder 60 Hz in eine dreiphasige zweite Wechselspannung U2ac hoher zweiter Frequenz N2 von ca. 100 bis 500 Hz, hier beispielhaft von 150 Hz überführt, d.h. die zweite Frequenz ist (wesentlich) größer als die erste Frequenz, hier wieder um ein Vielfaches größer. Diese hochfrequente dreiphasige zweite Wechselspannung U2ac wird mit einem dreiphasigen Transformator 17b wieder in der Spannungsamplitude herabgesetzt und von einer Gleichrichterschaltung 18b in eine Gleichspannung Udc überführt.

Dargestellt ist in Fig. 6 eine Ausführung 2e der Einrichtung 2, bei der im Unterschied zu Fig. 5 zwei dreiphasige Transformatoren 17b die hochfrequente zweite Wechselspannung U2ac wieder in der Spannungsamplitude herabsetzen und jeweils von einer Gleichrichterschaltung in eine Gleichspannung Udc überführen. Die beiden Transformatoren 17b sind primärseitig parallel geschaltet an den Mehrstufenstromrichter MMC angeschlossen.

In Fig. 7 ist eine Ausführung eines Mehrstufenstromrichters MMC mit drei netzseitigen Phasenanschlüssen A, B, C auf einer Netzanschlussseite und zwei transformatorseitigen Phasenanschlüssen U, V auf der anderen gegenüberliegenden Transformatoranschlussseite dargestellt. An den Anschlüssen U, V wird die entsprechende Wechselspannung U2ac bereitgestellt. Die drei anderen Anschlüsse A, B, C der Phasenmodule 19 sind jeweils mit einer Phase (L1, L2 oder L3) des Energieversorgungsnetzes 4 verbunden.

Fig. 8 zeigt eine Ausführung eines dreiphasig auf dreiphasigen Mehrstufenstromrichters MMC, der im Unterschied zu Fig. 7 neun Phasenmodule 19 aufweist, die drei netzseitige Phasenanschlüsse A, B, C und drei transformatorseitige Anschlüsse U, V, W bereitstellen.

In Fig. 9 ist der Aufbau der Phasenmodule 19 mit Wechselspannungsanschlüssen AC1 und AC2 gezeigt, das aus einer Induktivität 20 und einer Vielzahl in Reihe geschalteter Submodule 21 gebildet ist. Der Strom durch das Phasenmodul 19 wird mittels eines Stromsensors 19a gemessen.

Fig. 10 zeigt eine schematische Schaltung eines Submoduls 21, das aus einem Powermodul 22 besteht, an dessen Zwischenkreis mit den Gleichspannungen DC1, DC2 und DC3, DC4 und damit der Zwischenkreisspannung Uzk ein Kondensatormodul 23 als Energiespeicher 23a angeschlossen ist.

Gezeigt ist in Fig. 11 der Aufbau des Powermoduls 22, das vier von der Steuereinrichtung 7 gesteuerte Halbleiterschalter S aufweist, welche als Vollbrücke geschaltet sind. Geeignete Halbleiterschalter S sind z.B. IGBT (Bipolar-Transistoren mit isolierter Gate-Elektrode), IGCT, IEGT oder MOSFETs.

Fig. 12 zeigt den Aufbau des Kondensatormoduls 23, das aus einer Kondensatorspannungsmessung 24 und einem Kondensator C besteht, der die Zwischenkreisspannung Uzk puffert.

Dargestellt ist in Fig. 13 eine einphasige Gleichrichterschaltung 18a, die aus einem einphasigen Brückengleichrichter 25a und einem Gleichspannungswandler 26 besteht.

Fig. 14 zeigt eine dreiphasige Gleichrichterschaltung 18b, die aus einem dreiphasigen Brückengleichrichter 25b und einem Gleichspannungswandler 26 gebildet ist.

Gezeigt ist in Fig. 15 eine einphasige Gleichrichterschaltung 18c, die aus einem einphasigen gesteuerten Brückengleichrichter 25c besteht.

Fig. 16 zeigt eine dreiphasige Gleichrichterschaltung 18d, die einen dreiphasigen gesteuerten Brückengleichrichter 25d aufweist.

Die Darstellung in Fig. 17 zeigt einen einphasigen Brückengleichrichter 25a, der aus vier Dioden 27 gebildet ist.

Fig. 18 zeigt einen aus sechs Dioden 27 gebildeten dreiphasigen Brückengleichrichter 25b.

In Fig. 19 ist ein einphasiger gesteuerter Brückengleichrichter 25c gezeigt, der aus vier Thyristoren 28 mit einer Glättungsdrossel 29 gebildet ist.

Fig. 20 zeigt einen dreiphasigen gesteuerten Brückengleichrichter 25d, der aus sechs Thyristoren 28 und einer Glättungsdrossel 29 gebildet ist.

Fig. 21 zeigt eine Ausführung 26a eines als Tiefsetzsteller ausgebildeten Gleichspannungswandlers 26, der aus einem Halbleiterschalter S, einer Diode D, einem Pufferkondensator C und einer Glättungsdrossel 30 besteht.

Fig. 22 zeigt eine Ausführung 26b eines als Hochsetzsteller ausgebildeten Gleichspannungswandlers 26 bestehend aus einem

Halbleiterschalter S, einer Diode D, einem Pufferkondensator C und einer Glättungsdrossel 30.

Das Fig. 23 gezeigte zugehörige Verfahren zur Erzeugung und Bereitstellung eines Gleichstroms weist folgende wesentliche Verfahrensschritte S auf:

Sa) Verbinden einer Einrichtung 2 mit einem elektrischen Energienetz 4, welches eine mehrphasige erste Wechselspannung U1ac als Anschluss-Wechselspannung mit einer ersten Frequenz (deren Netzfrequenz) N1 bereitstellt und die Einrichtung 2 mit einem Wechselstrom versorgt,

Sb) Anschließen der mehrphasigen ersten Wechselspannung U1ac an einen gesteuerten mehrphasigen Mehrstufenstromrichter MMC,

Sc) Überführen der mehrphasigen ersten Wechselspannung U1ac in eine zumindest einphasige zweite Wechselspannung U2ac mit einer zweiten Frequenz N2 durch den Mehrstufenstromrichter (MMC), wobei die zweite Frequenz N2 (wesentlich) größer als die erste Frequenz N1 ist,

Sd) Transformieren der zweiten Wechselspannung U2ac in eine phasenzahlmäßig der zweiten Wechselspannung U2ac entsprechende dritte Wechselspannung U3ac gleicher Frequenz N2 mit Hilfe zumindest eines Transformators 17a, 17b, wobei die dritte Wechselspannung U3ac kleiner als die zweite Wechselspannung U2ac ist, und

Se) Überführen der dritten Wechselspannung U3ac in eine Gleichspannung Udc mit Hilfe einer an den Transformator 17a, 17b angeschlossenen Gleichrichterschaltung 18a, 18b, 18c, 18d.

Patentansprüche

1. Einrichtung (2) zur Gleichstromversorgung, die mit einem elektrischen Energienetz (4) verbindbar ist, welches eine mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) als Anschluss-Wechselspannung mit einer ersten Frequenz (N1) bereitstellt und die Einrichtung mit einem Wechselstrom versorgt,
mit einem eingangsseitigen mehrphasigen Mehrstufenstromrichter (MMC), an den die mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) anschließbar ist und der mehrere Phasenmodule (19) aufweist, wobei die Phasenmodule (19) jeweils aus mehreren elektrisch in Reihe geschalteten zweipoligen Sub-Modulen (21) gebildet sind, welche jeweils mehrere Halbleiterschalter (S) und einen Energiespeicher (23a) aufweisen, an dem eine Zwischenkreisspannung (Uzk) anliegt,
mit einer Ansteuereinheit (7), welche anhand der gemessenen ersten Wechselspannung (U1ac) und des gemessenen zugehörigen ersten Wechselstroms Ansteuersignale (11) zur Steuerung des Mehrstufenstromrichters (MMC) generiert, und
mit einer ausgangsseitigen Gleichrichterschaltung (18a), an die eine Gleichstromlast (12) anschließbar ist,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass zur Generierung der Ansteuersignale (7) eine Zuführung der gemessenen Gleichspannung (Udc) und des gemessenen Gleichstroms an die Ansteuereinheit (7) erfolgt,
dass der Mehrstufenstromrichter (MMC) die mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) in eine einphasige oder eine mehrphasige zweite Wechselspannung (U2ac) mit einer zweiten Frequenz (N2) überführt, deren Frequenz (N2) größer als die erste Frequenz (N1) ist,
dass zumindest ein primärseitig und sekundärseitig für dieselbe Anzahl Phasen wie die zweite Wechselspannung ausgebildeter Transformator (17a, 17b) an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossenen ist, der die zweite Wechselspannung (U2ac) in eine dritte Wechselspannung (U3ac) gleicher Frequenz (N2) und Phasenanzahl transformiert, deren Spannungsamplitude kleiner als die Spannungsamplitude der ersten Wechselspannung (U1ac) ist, und

dass die Gleichrichterschaltung (18a, 18b, 18c, 18d) an den zumindest einen Transformator (17a, 17b) angeschlossen ist und die dritte Wechselspannung (U3ac) in eine Gleichspannung (Udc) überführt.

2. Einrichtung nach Anspruch 1,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass die Gleichrichterschaltung (18a, 18b, 18c, 18d) bei einer einphasigen dritten Wechselspannung (U3ac) aus einem einphasigen Brückengleichrichter (25a, 25b, 25c, 25d) und einem Gleichspannungswandler (26) und bei einer mehrphasigen dritten Wechselspannung (U3ac) aus einem die gleiche Anzahl Phasen wie die dritte Wechselspannung (U3ac) aufweisenden Brückengleichrichter (25a, 25b, 25c, 25d) und einem Gleichspannungswandler (26) gebildet ist.

3. Einrichtung nach Anspruch 2,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Brückengleichrichter als gesteuerter Brückengleichrichter (25c, 25d) ausgebildet ist.

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Gleichspannungswandler (26) als Hochsetzsteller ausgebildet ist.

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 oder 3,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass der Gleichspannungswandler (26) als Tiefsetzsteller ausgebildet ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass mindestens zwei primärseitig parallel geschaltete Transformatoren (17a, 17b) an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossen sind.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 - 5,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass mindestens zwei primärseitig in Reihe geschaltete Transformatoren (17a) an den Mehrstufenstromrichter (MMC) angeschlossen sind.

8. Verfahren zur Erzeugung und Bereitstellung einer Gleichspannung (Udc) und eines Gleichstroms,
bei dem eine Einrichtung (2) mit einem elektrischen Energienetz (4) verbunden wird, durch das eine mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) als Anschluss-Wechselspannung mit einer ersten Frequenz (N1) bereitgestellt und die Einrichtung mit einem Wechselstrom versorgt wird,
bei dem ein mehrphasiger Mehrstufenstromrichter (MMC) der Einrichtung an die mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) angeschlossen wird, der Phasenmodule (19) aufweist, wobei die Phasenmodule (19) jeweils aus mehreren elektrisch in Reihe geschalteten zweipoligen Sub-Modulen (21) gebildet sind, welche jeweils mehrere Halbleiterschalter (S) und einen Energiespeicher (23a) aufweisen, an dem eine Zwischenkreisspannung (Uzk) anliegt,
bei dem der Mehrstufenstromrichter (MMC) von einer Ansteuereinheit (7) gesteuert wird, welche zumindest anhand der gemessenen ersten Wechselspannung (U1ac) und des gemessenen zugehörigen ersten Wechselstroms Ansteuersignale (11) zur Steuerung des Mehrstufenstromrichters (MMC) generiert, und
bei dem die eine Gleichstromlast (22) an zumindest eine ausgangsseitige Gleichrichterschaltung (18a) angeschlossen wird,
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t,
dass zur Generierung der Ansteuersignale (11) die Gleichspannung (Udc) und der Gleichstrom gemessen werden und der Mehrstufenstromrichter (MMC) entsprechend angesteuert wird,
dass die mehrphasige erste Wechselspannung (U1ac) vom Mehrstufenstromrichter (MMC) in eine zumindest einphasige zweite Wechselspannung (U2ac) mit einer zweiten Frequenz (N2) überführt wird, deren zweite Frequenz (N2) größer als die erste Frequenz (N1) ist,
dass zumindest ein phasenmäßig der zweiten Wechselspannung

(U2ac) entsprechender Transformator (17a, 17b) die zweite Wechselspannung (U2ac) in eine phasenmäßig der zweiten Wechselspannung (U2ac) entsprechende dritte Wechselspannung (U3ac) gleicher Frequenz (N2) transformiert, deren Spannungsamplitude kleiner als die Spannungsamplitude der ersten Wechselspannung (U1ac) ist, und
dass die Gleichrichterschaltung (18a, 18b, 18c, 18d) an den zumindest einen Transformator (17a, 17b) angeschlossen wird, welche die dritte Wechselspannung (U3ac) in die Gleichspannung (Udc) überführt.

FIG 1

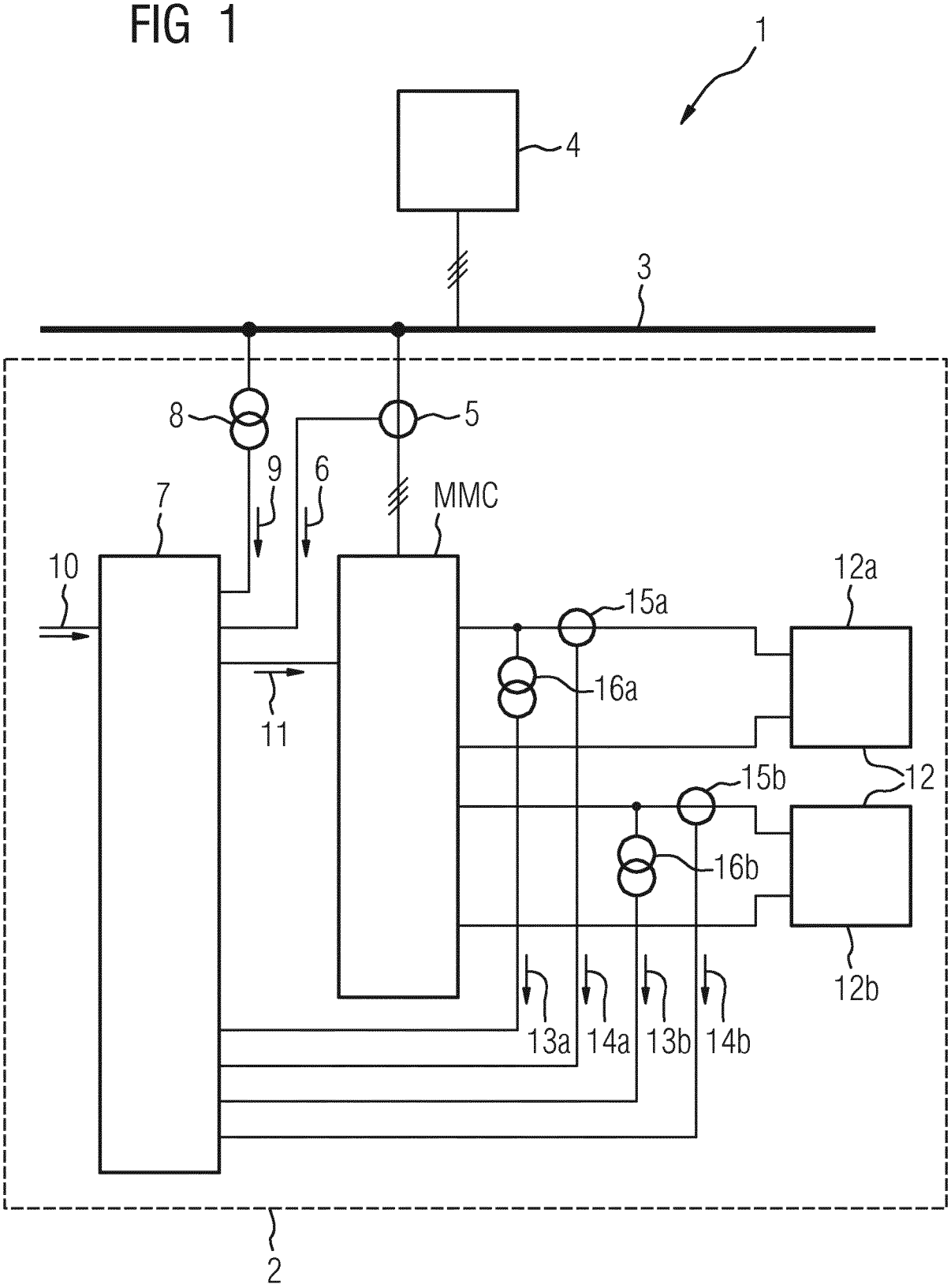


FIG 2

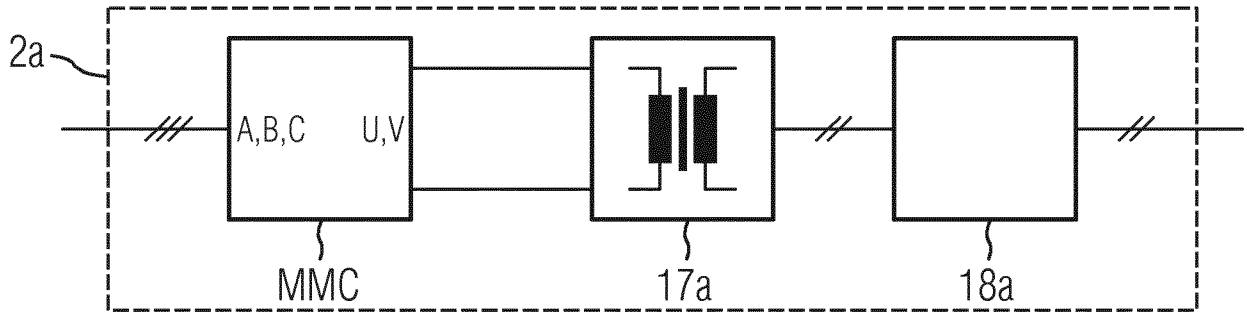


FIG 3

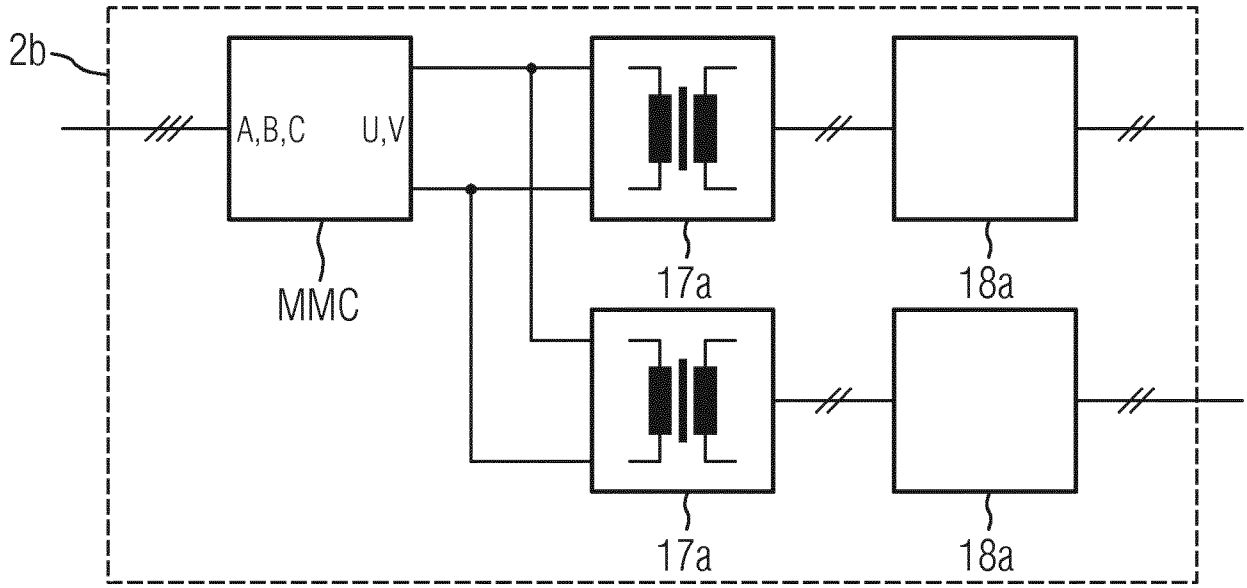


FIG 4

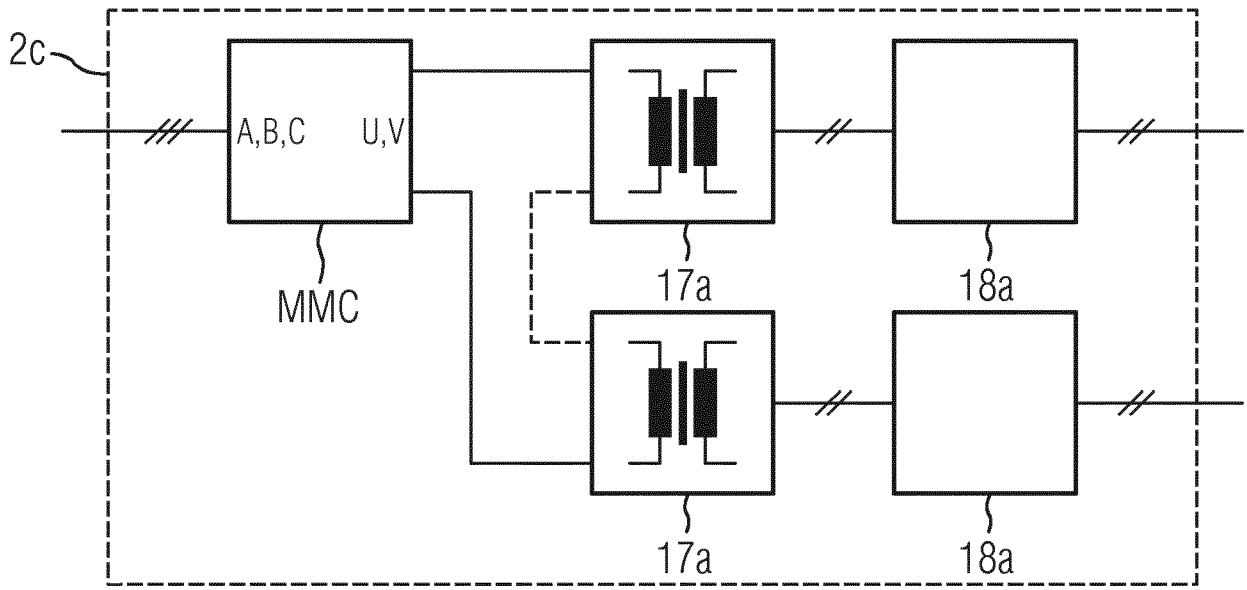


FIG 5

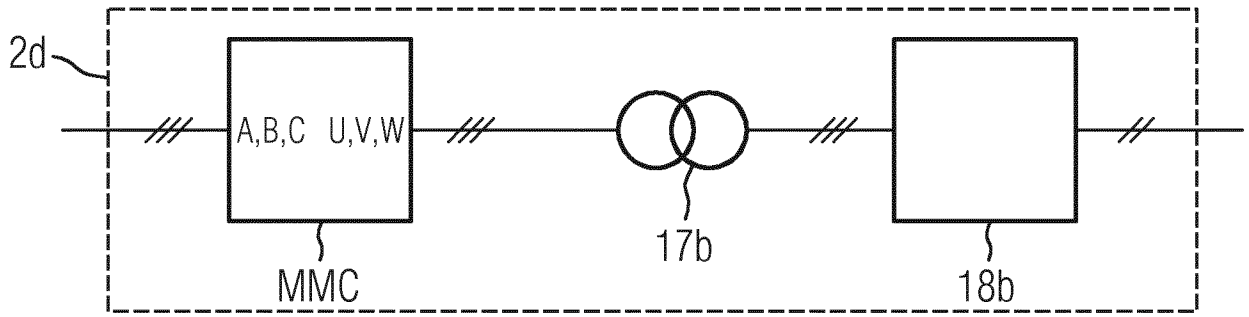


FIG 6

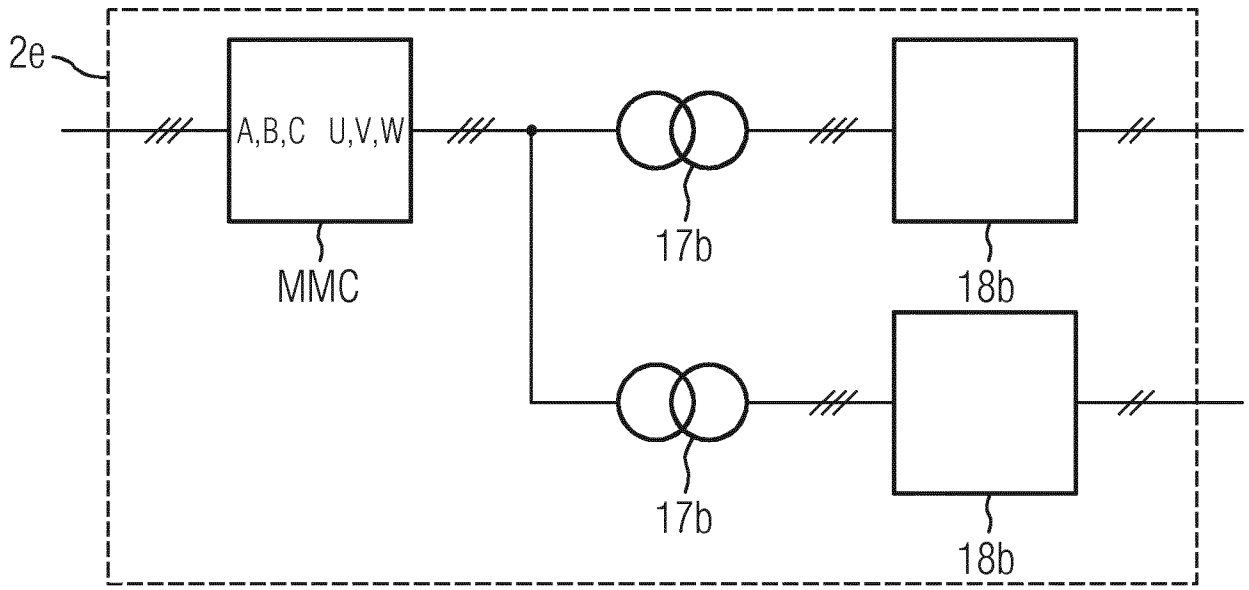


FIG 7

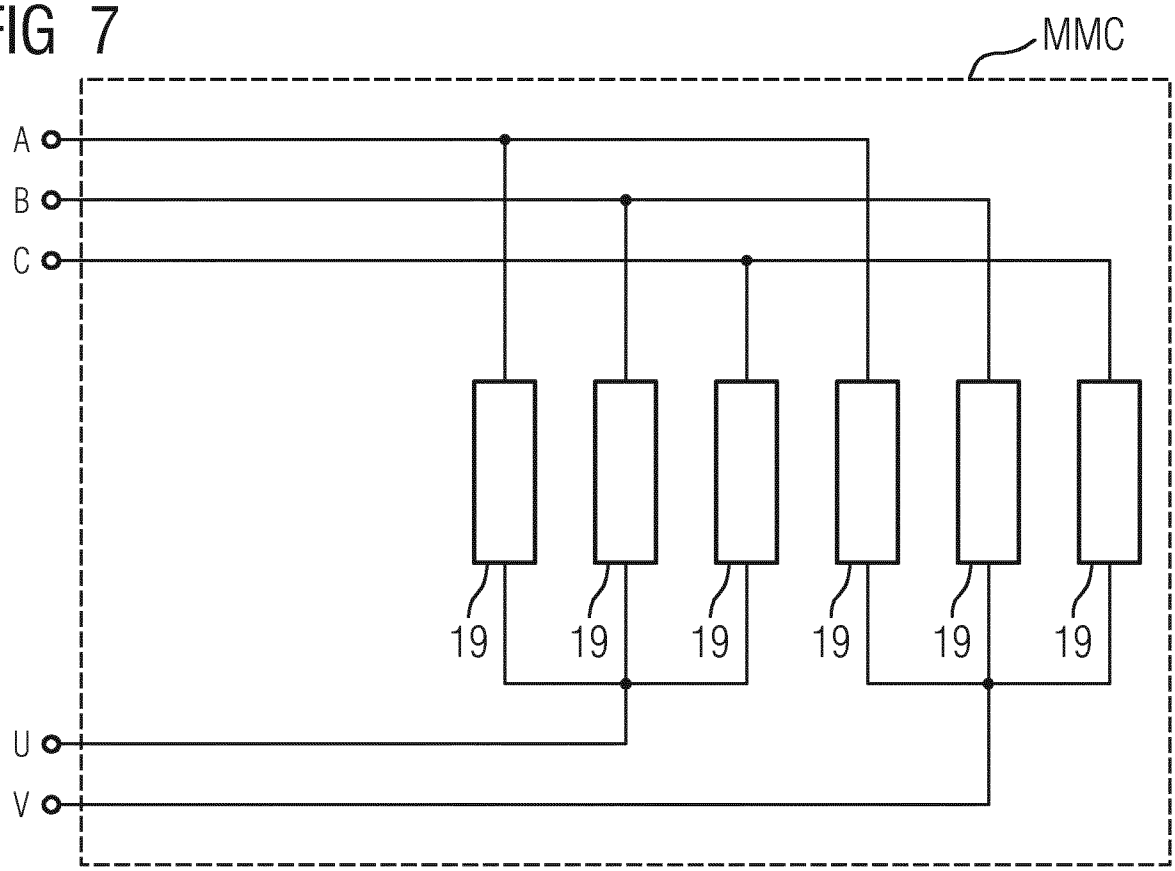


FIG 8

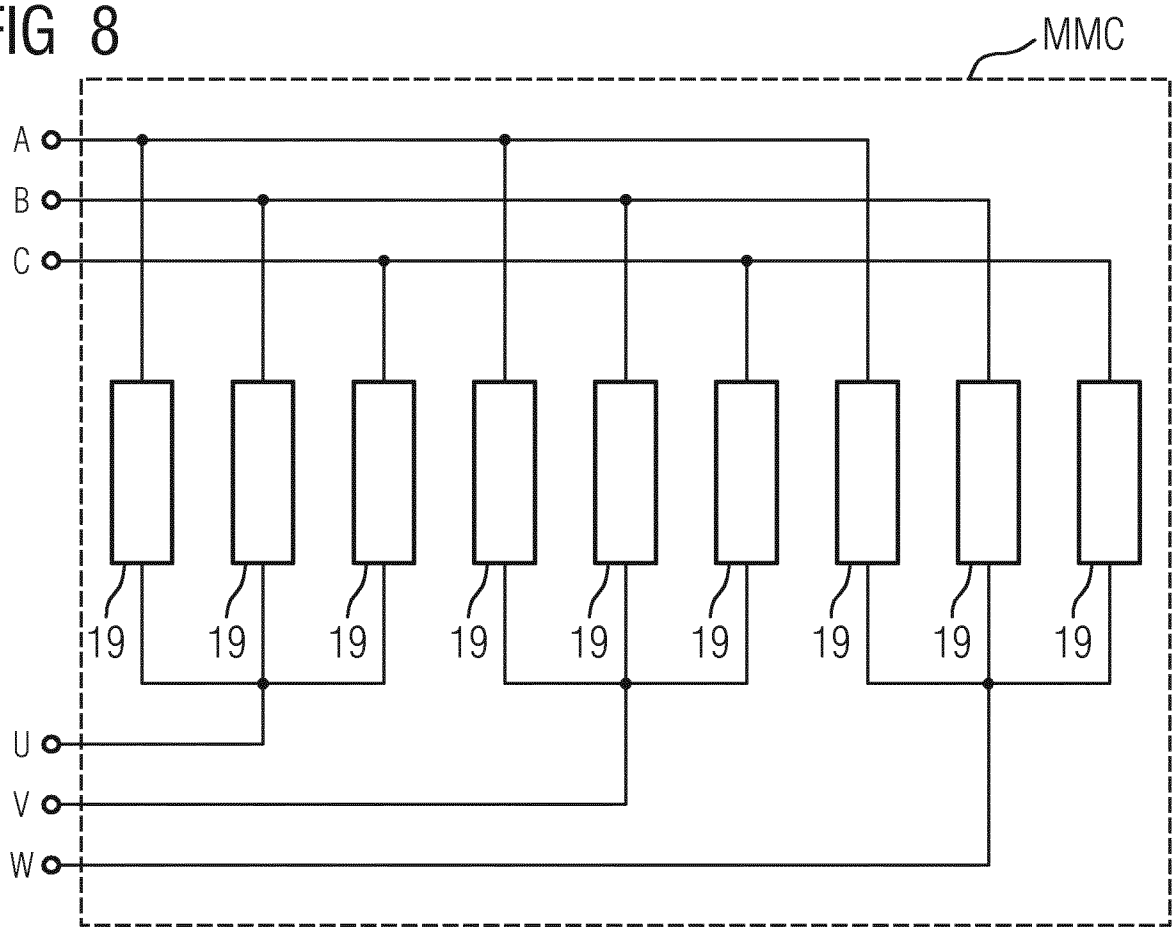


FIG 9

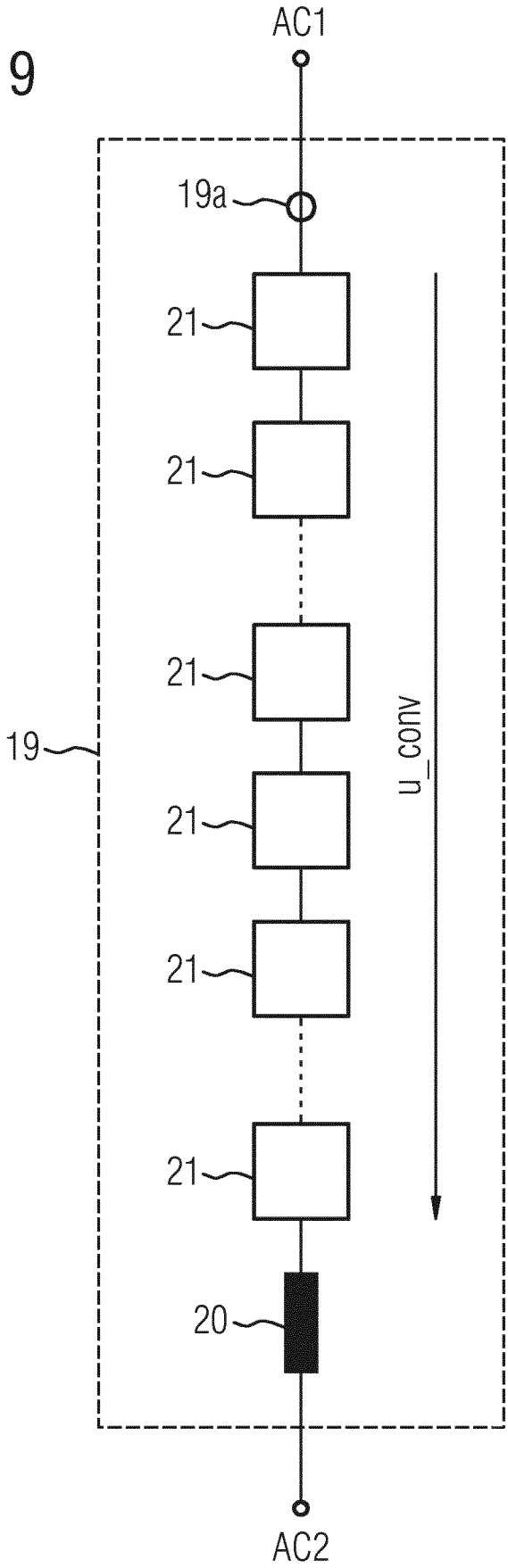


FIG 10

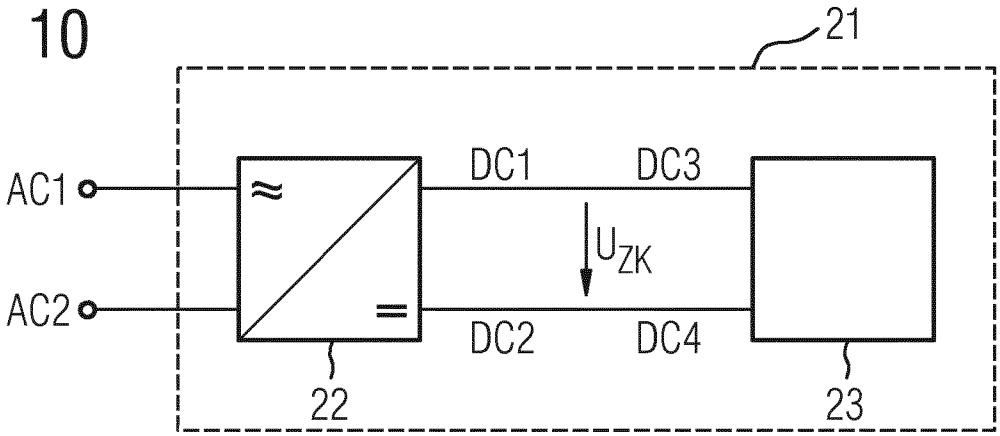


FIG 11

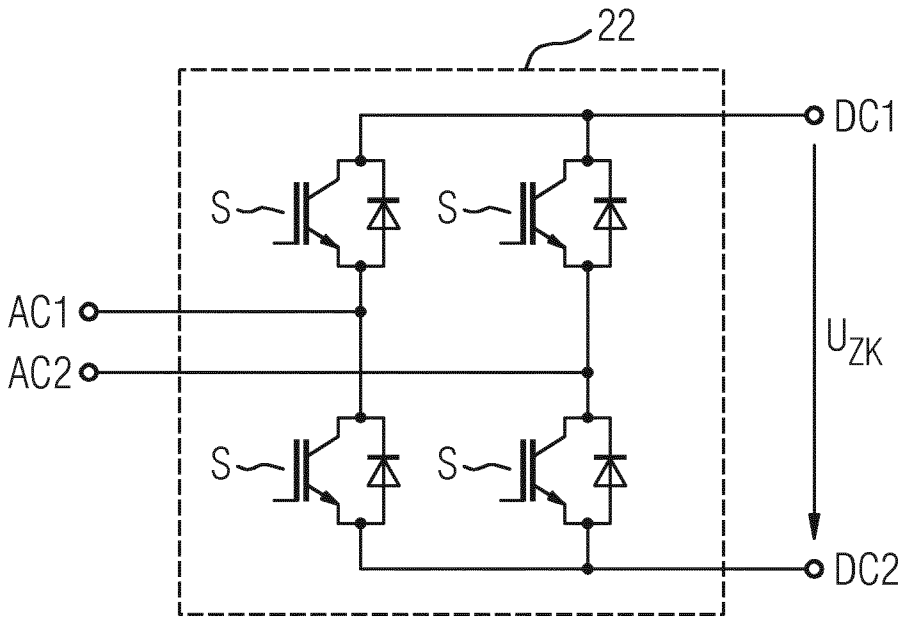


FIG 12

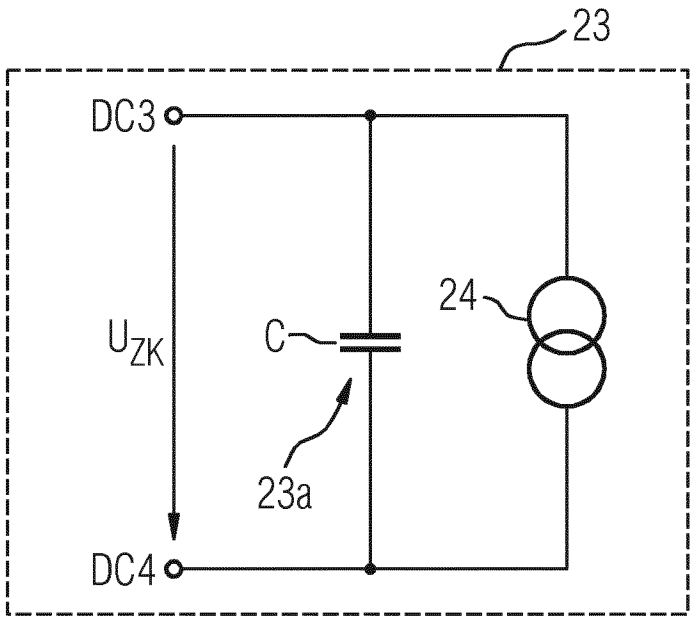


FIG 13

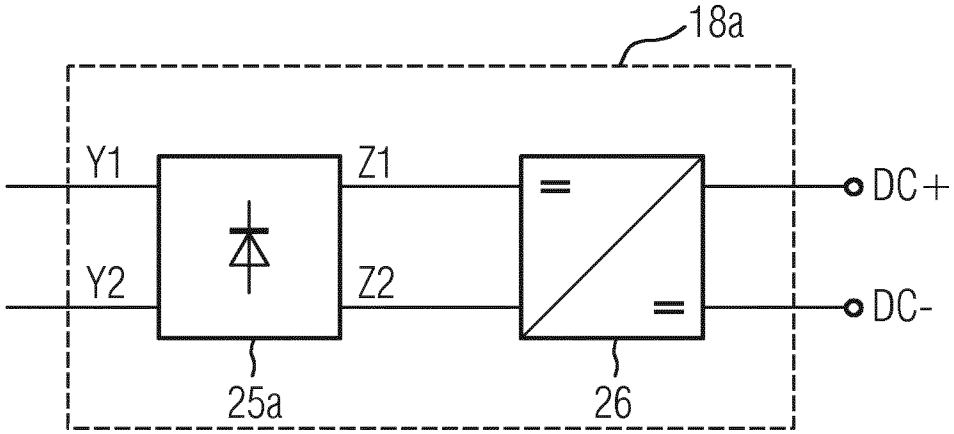


FIG 14

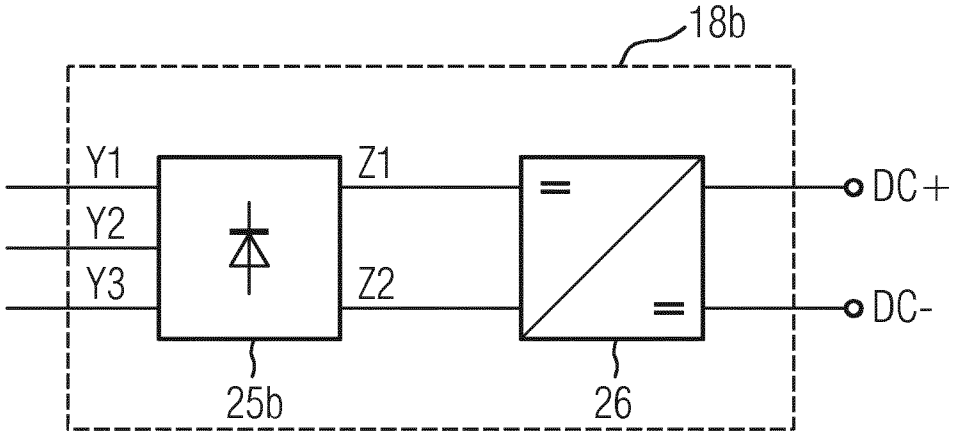


FIG 15

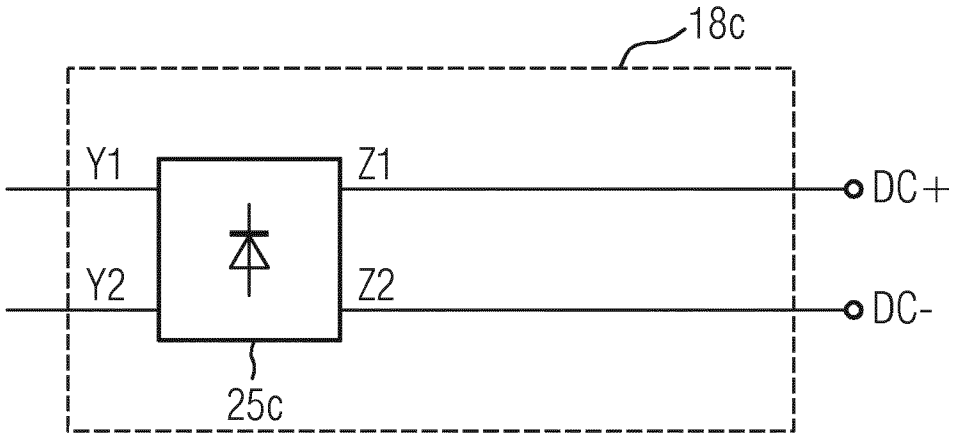


FIG 16

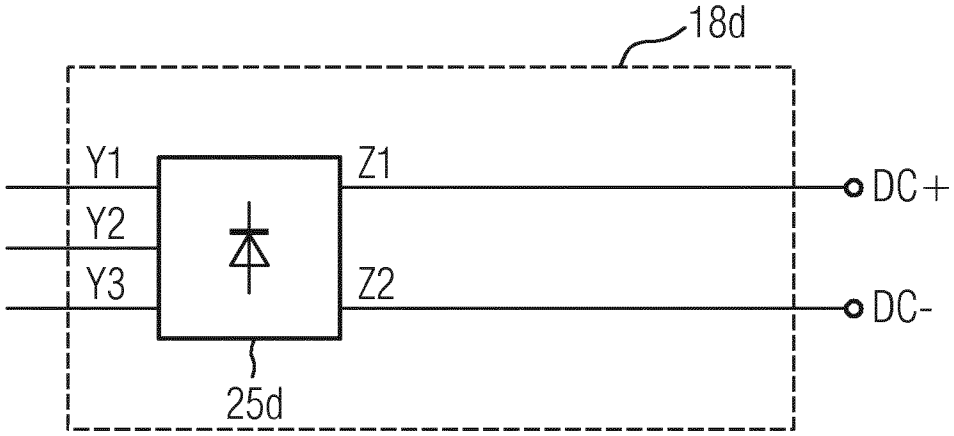


FIG 17

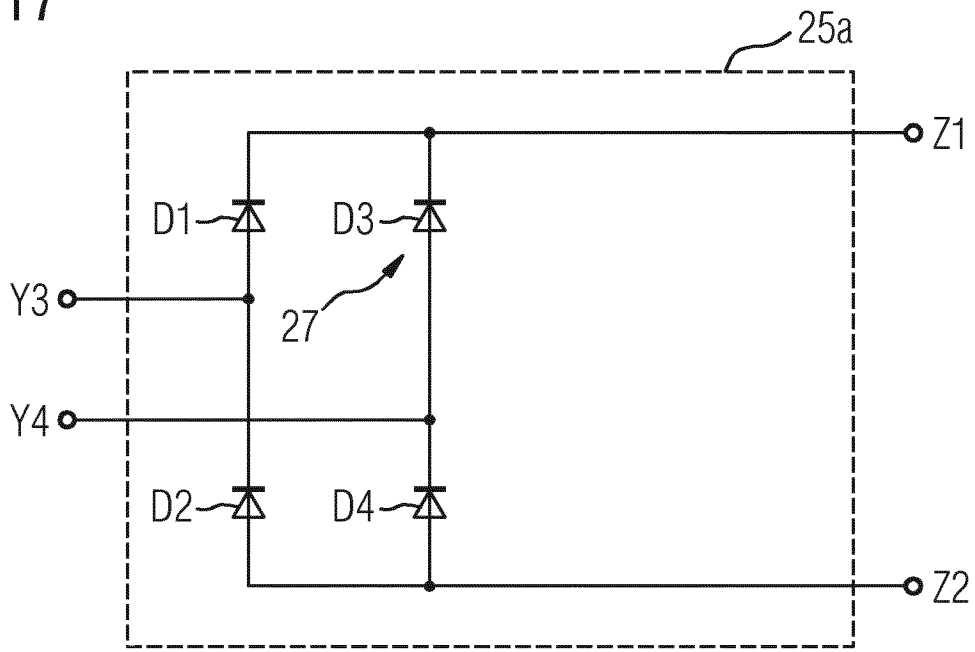


FIG 18

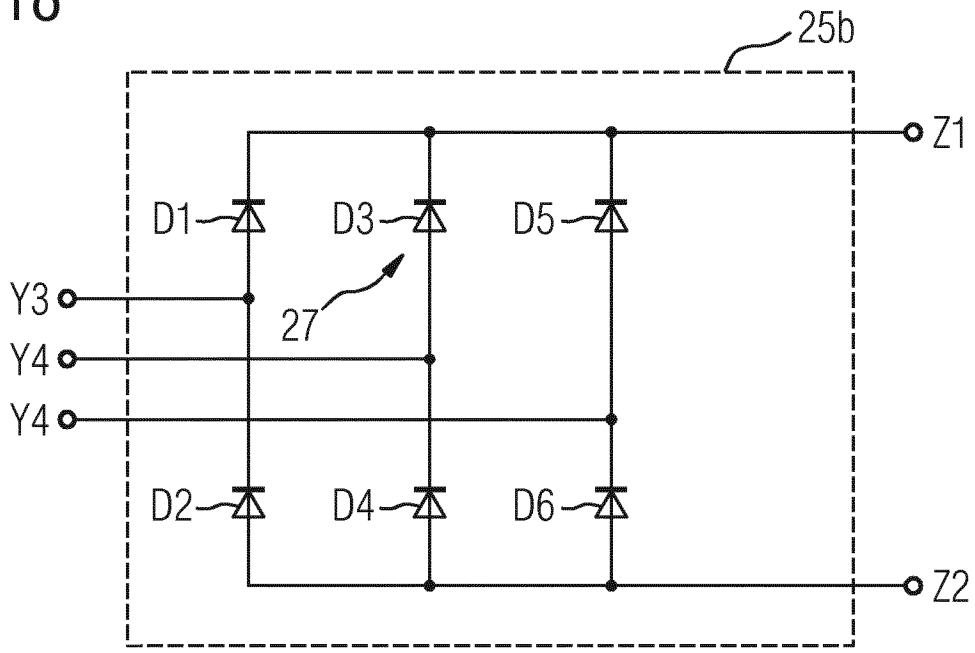


FIG 19

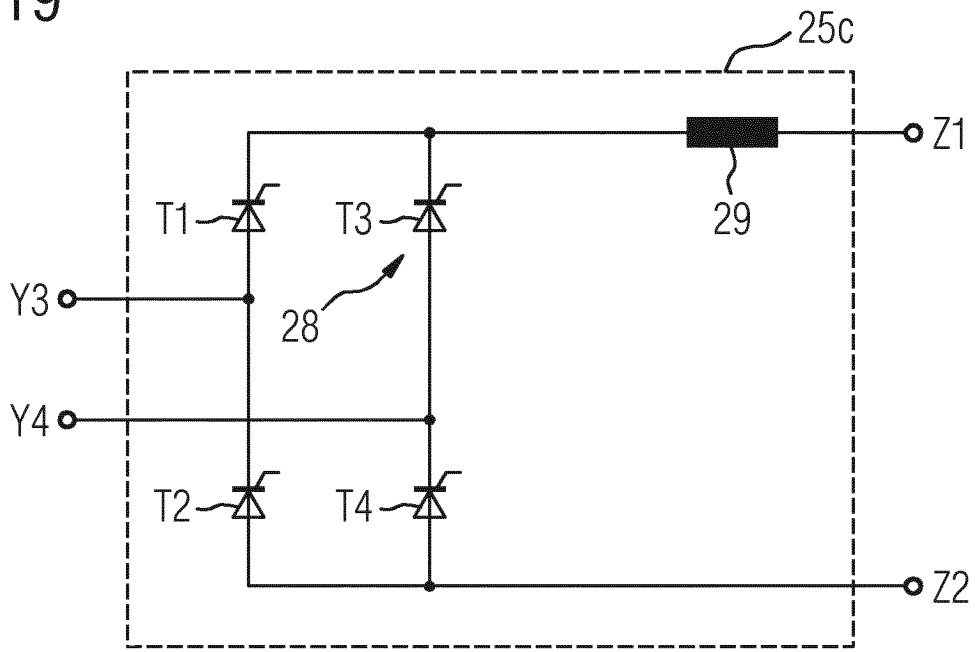

25c
Z1
T1
T3
29
Y3
28
Y4
T2
T4
Z2

FIG 20

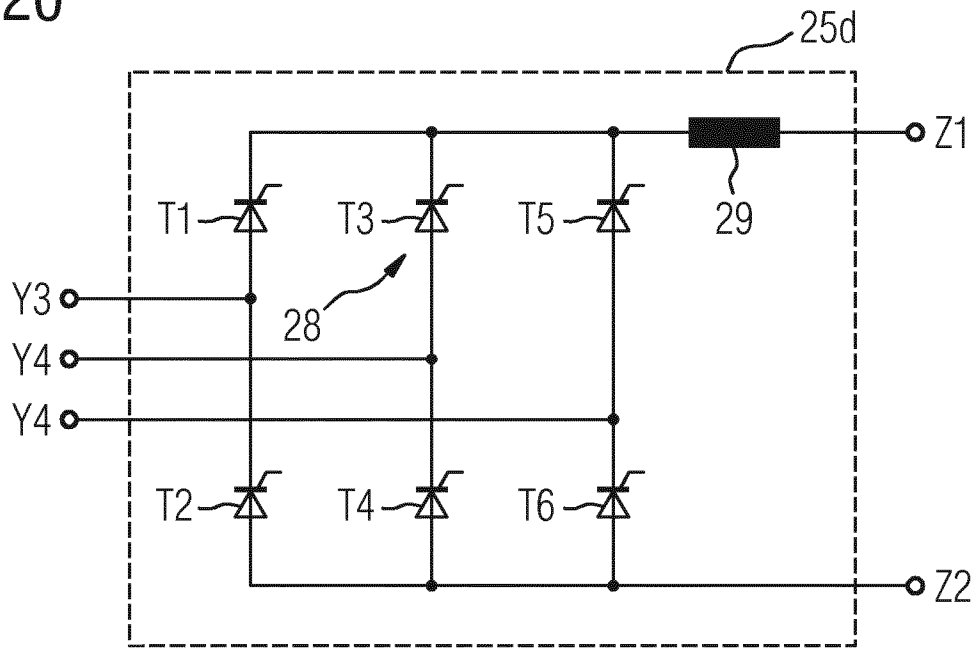

25d
Z1
T1
T3
T5
29
Y3
28
Y4
Y4
T2
T4
T6
Z2

FIG 21

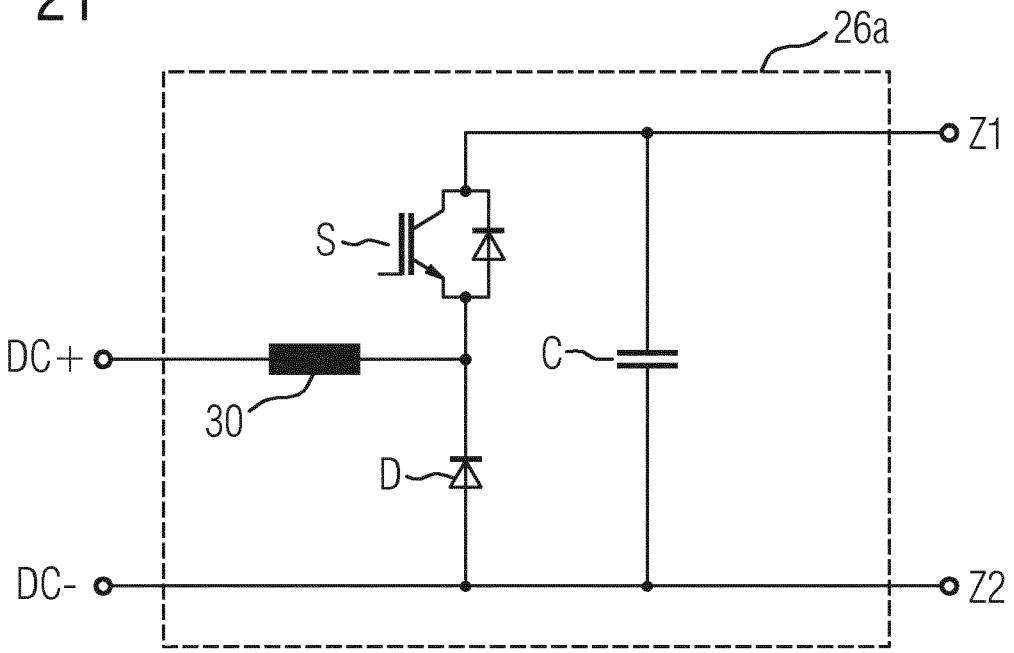


FIG 22

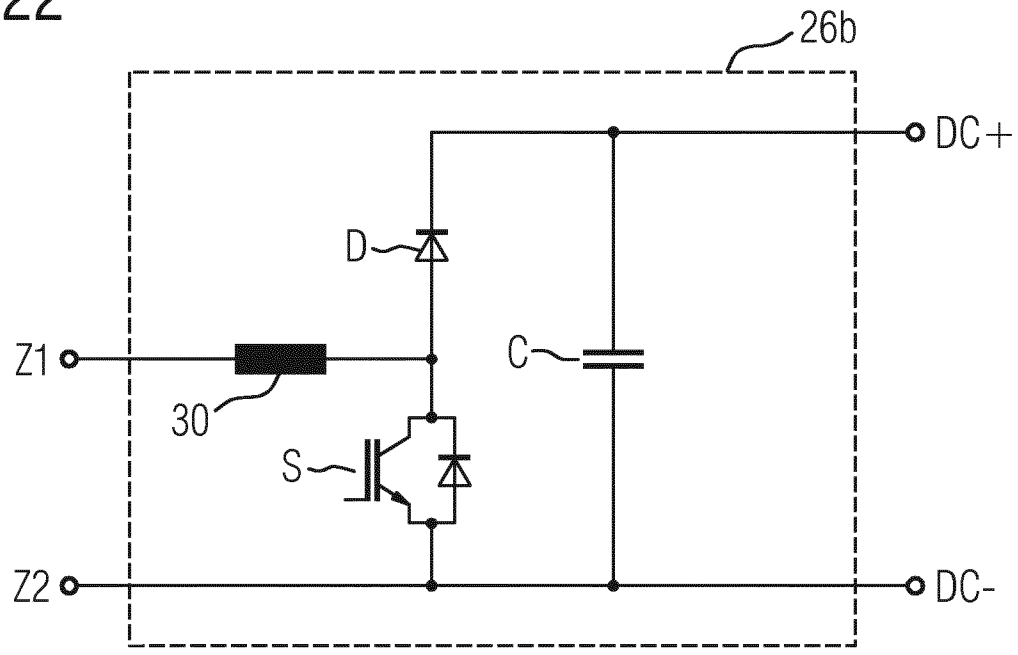
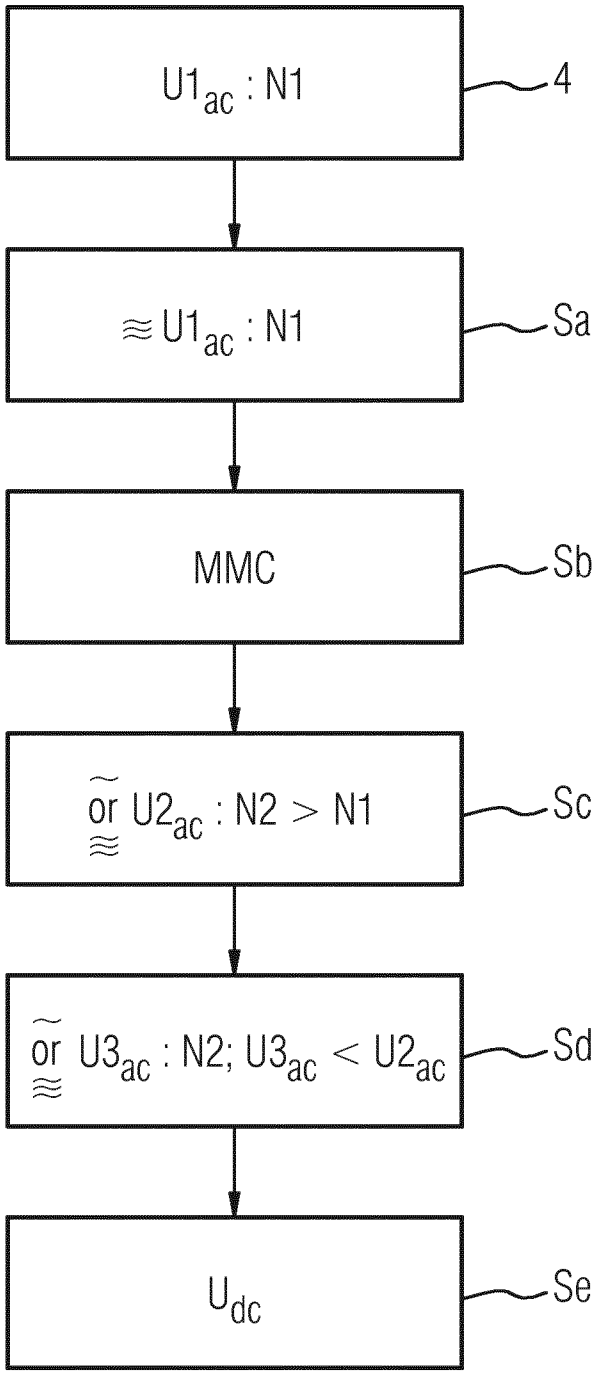


FIG 23


$U1_{ac} : N1$
4
$\approx U1_{ac} : N1$
Sa
MMC
Sb
$\underset{\approx}{\sim}$ or $U2_{ac} : N2 > N1$
Sc
$\underset{\approx}{\sim}$ or $U3_{ac} : N2; U3_{ac} < U2_{ac}$
Sd
U_{dc}
Se

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/066369

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02M 7/483(2007.01)i; ***H02M 7/49***(2007.01)i; ***H02M 5/12***(2006.01)i; ***H02M 5/14***(2006.01)i; ***H02M 5/16***(2006.01)i; ***H02M 5/22***(2006.01)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	LIU WANXUN ET AL. "Simplified model and submodule capacitor voltage balancing of single-phase AC/AC modular multilevel converter for railway traction purpose" *IET POWER ELECTRO, IET, UK,* Vol. 9, No. 5, 20 April 2016 (2016-04-20), pages 951-959 DOI: 10.1049/IET-PEL.2015.0120 ISSN: 1755-4535, XP006056308 nomenclature; page 951; figures 1,5,7; table 2 abstract page 954	1-8
X	NAKANISHI TOSHIKI ET AL. "Evaluation of control methods for isolated three-phase AC-DC converter using modular multilevel converter topology" *2013 IEEE ECCE ASIA DOWNUNDER, IEEE,* 03 June 2013 (2013-06-03), pages 52-58, [retrieved on 2013-08-13] DOI: 10.1109/ECCE-ASIA.2013.6579073 XP032475438 figures 1,2; table 3 abstract pages 52,53,56	1-8

☑ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☑ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
11 March 2019	**19 March 2019**
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 **Zeljkovic, Sandra** Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/066369

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 2014001079 A1 (SIEMENS AG [DE]) 03 January 2014 (2014-01-03) page 8, lines 5-20; figures 1,3	6,7
E	EP 3361617 A1 (SIEMENS AG [DE]) 15 August 2018 (2018-08-15) paragraphs [0016] - [0030]; claim 1; figures 1,2,3,5	1,8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/066369

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
WO 2014001079 A1	03 January 2014	BR 112014032612 A2	27 June 2017
		EP 2845303 A1	11 March 2015
		ES 2575181 T3	27 June 2016
		PL 2845303 T3	31 October 2016
		RU 2015102584 A	20 August 2016
		WO 2014001079 A1	03 January 2014
EP 3361617 A1	15 August 2018	NONE	

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/066369

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02M7/483 H02M7/49 H02M5/12 H02M5/14 H02M5/16 H02M5/22
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	LIU WANXUN ET AL: "Simplified model and submodule capacitor voltage balancing of single-phase AC/AC modular multilevel converter for railway traction purpose", IET POWER ELECTRO, IET, UK, Bd. 9, Nr. 5, 20. April 2016 (2016-04-20), Seiten 951-959, XP006056308, ISSN: 1755-4535, DOI: 10.1049/IET-PEL.2015.0120 Nomenclature; Seite 951; Abbildungen 1,5,7; Tabelle 2 Zusammenfassung Seite 954 ----- -/--	1-8

[X] Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen [X] 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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
11. März 2019	19/03/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Zeljkovic, Sandra

4

Formblatt PCT/ISA/210 (Blatt 2) (April 2005)

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/066369

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	NAKANISHI TOSHIKI ET AL: "Evaluation of control methods for isolated three-phase AC-DC converter using modular multilevel converter topology", 2013 IEEE ECCE ASIA DOWNUNDER, IEEE, 3. Juni 2013 (2013-06-03), Seiten 52-58, XP032475438, DOI: 10.1109/ECCE-ASIA.2013.6579073 ISBN: 978-1-4799-0483-9 [gefunden am 2013-08-13] Abbildungen 1,2; Tabelle 3 Zusammenfassung Seiten 52,53,56	1-8
A	WO 2014/001079 A1 (SIEMENS AG [DE]) 3. Januar 2014 (2014-01-03) Seite 8, Zeilen 5-20; Abbildungen 1,3	6,7
E	EP 3 361 617 A1 (SIEMENS AG [DE]) 15. August 2018 (2018-08-15) Absätze [0016] - [0030]; Anspruch 1; Abbildungen 1,2,3,5	1,8

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/066369

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2014001079 A1	03-01-2014	BR 112014032612 A2	27-06-2017
		EP 2845303 A1	11-03-2015
		ES 2575181 T3	27-06-2016
		PL 2845303 T3	31-10-2016
		RU 2015102584 A	20-08-2016
		WO 2014001079 A1	03-01-2014
EP 3361617 A1	15-08-2018	KEINE	