(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. November 2015 (26.11.2015)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2015/176760 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 3/18 (2006.01) *H02M 7/49* (2007.01)
H02M 7/483 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2014/060566

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Mai 2014 (22.05.2014)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) Anmelder: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder: **DOMMASCHK, Mike**; Erlanger Str. 5, 91096 Möhrendorf (DE). **PIESCHEL, Martin**; Salzbrunner Str. 12, 90473 Nürnberg (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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:

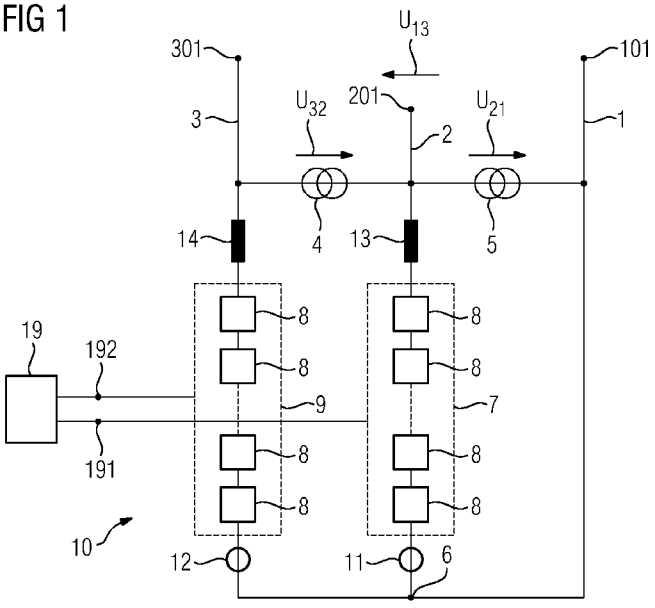
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*

WO 2015/176760 A1

(54) Title: CONVERTER FOR SYMMETRICAL REACTIVE POWER COMPENSATION, AND A METHOD FOR CONTROLLING SAME

(54) Bezeichnung : UMRICHTER ZUR SYMMETRISCHEN BLINDLEISTUNGSKOMPENSATION SOWIE VERFAHREN ZU DESSEN REGELUNG

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a converter (10) for symmetrical reactive power compensation, comprising phase legs (1, 2, 3) whose associated phases of a three-phase AC voltage network can be connected and are interconnected in an insulated star connection, the first phase leg being devoid of submodules and the second and third phase legs each comprising a phase module (7, 9) having bipolar submodules (8) connected in series. Said converter (10) also comprises a control device (19) for controlling phase module currents, where voltages to be set at each phase module can be determined by said control device, and the control device comprises a decoupling unit configured to calculate correction voltages for each phase module as a function of - a first connection voltage between the first and the second phase legs, - a second connection voltage between the second and the third phase legs and - a first and/or a second control voltage each derived from target currents and the phase module currents of said second or third phase legs, such that the voltages to be set can be derived from the control voltages and correction voltages. The invention also relates to a method for controlling such a converter.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

Die Erfindung betrifft Umrichter (10) zur symmetrischen Blindleistungskompensation mit Phasenzweigen (1,2,3), die ihnen zugeordneten Phasen eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes verbindbar und in einer isolierten Sternpunktschaltung miteinander verbunden sind, wobei der erste Phasenzweig submodulfrei ist und der zweite und der dritte Phasenzweig jeweils ein Phasenmodul (7,9) mit einer Reihenschaltung zweipoliger Submodule (8) umfassen, wobei der Umrichter (10) ferner eine Regelungseinrichtung (19) zur Regelung von Phasenmodulströmen umfasst, wobei mittels der Regelungseinrichtung an jedem Phasenmodul einzustellende Spannungen bestimmbar sind und die Regelungseinrichtung eine Entkopplungseinheit umfasst, die zur Berechnung von Korrekturspannungen für jedes Phasenmodul in Abhängigkeit von - einer ersten Anschlussspannung zwischen dem ersten und dem zweiten Phasenzweig, - einer zweiten Anschlussspannung zwischen dem zweiten und dem dritten Phasenzweig sowie - einer ersten und/oder einer zweiten jeweils aus Sollströmen und den Phasenmodulströmen des zweiten beziehungsweise des dritten Phasenzweiges abgeleiteten Stellspannung eingerichtet ist, so dass die einzustellenden Spannungen aus den Stellspannungen und den Korrekturspannungen ableitbar sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Regelung eines solchen Umrichters.

Beschreibung

Umrichter zur symmetrischen Blindleistungskompensation sowie Verfahren zu dessen Regelung

Die Erfindung betrifft einen Umrichter zur symmetrischen Blindleistungskompensation sowie ein Regelungsverfahren für einen solchen Umrichter.

Umrichter dieser Art sind aus dem Stand der Technik bekannt. Beispielsweise zeigt die Druckschrift US 8 207 712 B2 einen Umrichter mit drei Phasenzweigen, die in einer Sternpunktschaltung miteinander verbunden sind. Die drei Phasenzweige sind über Koppelinduktivitäten mit ihnen zugeordneten Phasen eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes verbunden. Jeder Phasenzweig weist ein Phasenmodul mit einer Reihenschaltung von zweipoligen Submodulen auf, wobei die Submodule als sogenannte Vollbrückenschaltungen ausgebildet sind. Jedes Submodul umfasst demnach zwei Reihenschaltungen von Leistungshalbleiterschalteinheiten, wobei jede Leistungshalbleiterschalteinheit einen ausschaltbaren Leistungshalbleiter sowie eine dazu antiparallele Diode umfasst. Ferner weist jedes Submodul einen Energiespeicher in Form eines Kondensators auf. Jedes Submodul kann derart angesteuert werden, dass an dessen Polen eine Spannung abfällt, die entweder der Spannung des Kondensators, der Spannung des Kondensators jedoch mit umgekehrter Polarität oder einer Nullspannung, also einer Spannung mit dem Wert Null, entspricht. Damit kann mittels geeigneter Ansteuerung der Submodule eine stufenförmige Wechselspannung an den Phasenmodulen des Umrichters erzeugt werden. Die Stufenhöhe entspricht dabei der Kondensatorspannung. Ferner umfasst der bekannte Umrichter eine Regelungseinrichtung zur Regelung der Ströme in den Phasenzweigen des Umrichters, so dass eine gewünschte induktive Blindleistung im Wechselspannungsnetz bereitgestellt werden kann.

Der bekannte Umrichter ist insbesondere auch zur symmetrischen Blindleistungskompensation geeignet. Die symmetrische

Blindleistungskompensation kompensiert eine Blindleistung, die bei einer symmetrischen Belastung aller Phasen im Wechselspannungsnetz auftritt (im Gegensatz dazu weisen bei einer unsymmetrischen Belastung die Ströme in den Phasen des Wechselspannungsnetzes unterschiedliche Amplituden und unterschiedliche Phasenverschiebungswinkel zueinander auf).

Allerdings ist der bekannte Umrichter in Herstellung und Betrieb technisch relativ aufwändig und kostenintensiv.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, einen Umrichter zur symmetrischen Blindleistungskompensation vorzuschlagen, der einfach aufgebaut und relativ kostengünstig ist.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Umrichter mit einem ersten, einem zweiten und einem dritten Phasenzweig gelöst, wobei jeder der drei Phasenzweige mit einer ihm zugeordneten Phase eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes verbindbar ist und die drei Phasenzweige in einer isolierten Sternpunktschaltung miteinander verbunden sind, wobei der erste Phasenzweig submodulfrei ist und der zweite und der dritte Phasenzweig jeweils ein Phasenmodul mit einer Reihenschaltung zweipoliger Submodule umfassen, wobei jedes Submodul einen Energiespeicher sowie wenigstens einen Leistungshalbleiter aufweist und derart ansteuerbar ist, dass an den Polen des Submoduls eine positive Submodulspannung, eine negative Submodulspannung oder eine Spannung mit dem Wert Null abfällt, wobei der Umrichter ferner eine Regelungseinrichtung zur Regelung von Phasenmodulströmen umfasst, wobei mittels der Regelungseinrichtung an jedem Phasenmodul einzustellende Spannungen bestimmbar sind und die Regelungseinrichtung eine Entkopplungseinheit umfasst, die zur Berechnung von Korrekturspannungen für jedes Phasenmodul in Abhängigkeit von einer ersten Anschlussspannung zwischen dem ersten und dem zweiten Phasenzweig, einer zweiten Anschlussspannung zwischen dem zweiten und dem dritten Phasenzweig sowie einer ersten und/oder einer zweiten jeweils aus Sollströmen und den Phasenmodulströmen des zweiten beziehungsweise des dritten

Phasenzweiges abgeleiteten Stellspannung eingerichtet ist, so dass die einzustellenden Spannungen aus den Stellspannungen und den Korrekturspannungen ableitbar sind.

Gemäß der Erfindung sind lediglich in zwei der drei Phasenzweige Phasenmodule vorgesehen. Auf diese Weise vereinfacht sich der Aufbau des Umrichters, was dessen Herstellungs- und Betriebskosten senkt. Darüber hinaus kann, aufgrund der Verringerung der Gesamtanzahl der verwendeten Submodule, der Aufwand zur Ansteuerung der Submodule verringert werden.

Die Phasenzweige des Umrichters sind in einer isolierten Sternschaltung miteinander verbunden. Das bedeutet, dass die Phasenzweige in einem Sternpunkt zusammengeführt sind, der nicht auf ein vorbestimmtes Potenzial, beispielsweise das Erdpotenzial, gebracht ist. Daraus folgt insbesondere, dass die Ströme in den drei Phasenzweigen des Umrichters nicht unabhängig voneinander regelbar sind. Die Entkopplungseinheit dient dazu, diese Abhängigkeit als eine Korrektur der Stellspannung zu berechnen, wobei die Korrekturspannung von den Anschlussspannungen zwischen Anschlusspunkten des Umrichters an das Wechselspannungsnetz sowie den Stellspannungen, die aus der Regelung der Phasenmodulströme folgen, abhängt.

Bevorzugt sind die Submodule als Vollbrückenschaltungen ausgebildet, wobei die Leistungshalbleiterschalter der Submodule beispielsweise Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (IGBT) oder Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistoren (MOSFET) sind. In diesem Zusammenhang sind jedoch auch Submodule denkbar, die einen von einer Vollbrücke abweichenden Aufbau haben. Insbesondere sind Submodule verwendbar, an deren Polen mehrere positive und/oder mehrere negative Spannungswerte der Submodulspannung durch geeignete Ansteuerung einstellbar sind, zum Beispiel ein erster und ein zweiter positiver und/oder ein erster und ein zweiter negativer Spannungswert. Beispiele für derartige Submodule sind in dem Beitrag „Novel DC-AC Converter Topology for Multilevel Battery Energy Storage Systems“ von M. Gommeringer et.al.,

PCIM Europe 2013, beschrieben. Die an dem Phasenmodul abfallende Spannung entspricht der Summe der an den Submodulen eingestellten Submodulspannungen.

Vorzugsweise sind die Energiespeicher der Submodule Speicherkondensatoren, besonders bevorzugt Hochleistungs-Speicherkondensatoren, um die hohen Anforderungen der Hochspannungsanwendung besser zu erfüllen.

Gemäß einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung weist die Regelungseinrichtung ferner eine an die Entkopplungseinheit angeschlossene Steuereinheit zur Ansteuerung der Submodule mittels Pulsweitenmodulation (PWM) auf. Als Steuerverfahren kann jedes geeignete PWM-Verfahren oder auch das aus der Druckschrift WO 2008/086760 A1 bekannte Verfahren verwendet werden. Die Steuereinheit kann in Form von so genannten Modul-Management-Systemen (MMS) ausgeführt sein, wobei jedem der beiden Phasenmodule ein MMS zugeordnet ist.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Phasenmodule im zweiten und dritten Phasenzweig jeweils über eine Koppelinduktivität mit den zugeordneten Phasen des Wechselspannungsnetzes verbunden. Die beiden Koppelinduktivitäten sind vorzugsweise im Wesentlichen gleich. Der dritte Phasenzweig kann beispielsweise ohne eine Koppelinduktivität mit der zugeordneten Phase des Wechselspannungsnetzes verbunden sein. In diesem Fall lässt sich der Rechenaufwand der Entkopplungseinheit vorteilhaft reduzieren. Beispielsweise können die einzustellenden Spannungen Uconv2, Uconv3 für das Phasenmodul des zweiten beziehungsweise dritten Phasenzweiges in folgender Weise durch eine Korrektur der entsprechenden Stellspannungen Ustell2, Ustell3 berechnet werden:

$$Uconv2=-Ustell2+U21,$$
$$Uconv3=-Ustell3+U32+U21,$$

wobei

- U21 die Anschlussspannung zwischen einem Anschlusspunkt des zweiten Phasenzweiges an die zugeordnete Phase des Wechselspannungsnetzes und einem Anschlusspunkt des ersten Phasenzweiges an die zugeordnete Phase des Wechselspannungsnetzes ist und
- U32 die Anschlussspannung zwischen einem Anschlusspunkt des dritten Phasenzweiges an die zugeordnete Phase des Wechselspannungsnetzes und einem Anschlusspunkt des zweiten Phasenzweiges an die zugeordnete Phase des Wechselspannungsnetzes ist.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform der Erfindung weisen alle drei Phasenzweige jeweils eine Koppelinduktivität auf, die vorzugsweise alle denselben Induktivitätswert haben. Die in der Entkopplungseinheit durchzuführende Operation lautet in diesem Fall geeigneterweise:

$$Uconv2=-Ustell3-2*Ustell2+U21,$$
$$Uconv3=-2*Ustell3-Ustell2+U32+U21.$$

Es ist selbstverständlich ebenfalls denkbar, andere Kombinationen der Koppelinduktivitäten in den Phasenzweigen mit anderen Induktivitätswerten zu wählen. Dabei sind die Rechenvorschriften für die Entkopplungseinheit für die jeweilige Konfiguration aus den üblichen, dem Fachmann bekannten Gleichungen für Systemspannungen und Systemströme herzuleiten. Auch können die Phasenzweige direkt, also ohne Verwendung von Anschlusstransformatoren mit dem Wechselspannungsnetz verbunden sein.

Es kann von Vorteil sein, wenn der Umrichter Messvorrichtungen wie Spannungs- und/oder Stromwandler zur Erfassung der Phasenmodulströme und der Anschlußspannungen umfasst. Beispielsweise können die Stromwandler in einem oder mehreren der Phasenzweige angeordnet sein. Ferner können auch kapazitive Spannungswandler vorgesehen sein, um die Anschlussspannungen zu messen.

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung umfasst die Regelungseinrichtung ferner den Phasenmodulen zugeordnete Signalverarbeitungseinheiten mit jeweils einem Mittelwertbildner, einem Differenzbildner, einem Spannungsregler, einem Frequenzbildner sowie einem Addierer. Dabei gilt für jede der Signalverarbeitungseinheiten, dass der Mittelwertbildner dazu eingerichtet ist, einen Mittelwert der Energiespeicherspannungen des zugeordneten Phasenmoduls zu bilden, der Differenzbildner eingangsseitig mit einem Ausgang des Mittelwertbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, eine Regeldifferenz aus dem Mittelwert der Energiespeicherspannungen und einem vorgegebenen Gleichspannungssollwert zu bilden, der Spannungsregler eingangsseitig mit einem Ausgang des Differenzbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, aus der Regeldifferenz einen Wirk-Sollstromwert zu bilden, der Frequenzbildner eingangsseitig mit einem Ausgang des Spannungsreglers verbunden und dazu eingerichtet ist, aus dem Wirk-Sollstromwert einen Wirk-Sollstrom als einen Wechselstrom mit einem gegebenen Phasenwinkel zu bilden und der Addierer eingangsseitig mit einem Ausgang des Frequenzbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, aus dem Wirk-Sollstrom und einem vorgegebenen Blind-Sollstrom den Sollstrom für das zugeordnete Phasenmodul zu bilden.

Demnach setzt sich der (Wechsel-)Sollstrom für jedes Phasenmodul aus zwei Anteilen zusammen: dem Wirk- und dem Blind-Sollstrom. Dabei dient die Aufnahme einer Wirkleistung durch den Umrichter zum Ausgleich eines unerwünschten Spannungsabfalls in den Energiespeichern der Submodule. Der Spannungsregler kann beispielsweise ein geeigneter linearer Regler sein.

Vorzugsweise sind die Signalverarbeitungseinheiten Teil einer digitalen Datenverarbeitungsanlage. Sind die einzelnen Energiespeicher der Submodule unterschiedlich ausgebildet, so können die Energiespeicherspannungen auch mit zugeordneten unterschiedlichen Gleichspannungssollwerten verglichen werden, um die Energieaufnahme zu regeln. Es ist ebenfalls denk-

bar, die einfache Mittelwertbildung in dem Mittelwertbildner durch eine entsprechend an die verwendeten Submodule angepasste Berechnung, beispielsweise eine gewichtete Mittelwertbildung, zu ersetzen. Der Frequenzbildner erzeugt aus dem konstanten oder sich in der Zeit langsam änderndem vorgegebenem Gleichspannungssollwert eine Wechsel-stromgröße, deren Phasenwinkel gleich dem Phasenwinkel der Spannung im Wechselspannungsnetz ist. Geeigneterweise steht der Ausgang der Signalverarbeitungseinheiten jeweils mit dem Eingang eines Stromreglers des zugeordneten Phasenmoduls in Verbindung.

Eine weitere Aufgabe der Erfindung ist es, ein Regelungsverfahren für einen zuvor beschriebenen Umrichter bereitzustellen, das möglichst einfach und zuverlässig ist.

Die Aufgabe wird durch ein Verfahren gelöst, bei dem mittels Stromreglern eine erste Stellspannung für das Phasenmodul des zweiten Phasenzweiges aus einem vorgegebenen ersten Sollstrom und einem im zweiten Phasenzweig gemessenen Phasenmodulstrom und eine zweite Stellspannung für das Phasenmodul des dritten Phasenzweiges aus einem vorgegebenen zweiten Sollstrom und einem im dritten Phasenzweig gemessenen Phasenmodulstrom gewonnen werden, wobei eine am Phasenmodul des zweiten Phasenzweiges einzustellende Spannung in Abhängigkeit von der ersten Stellspannung und einer ersten Korrekturspannung und eine am Phasenmodul des dritten Phasenzweiges einzustellende Spannung in Abhängigkeit von der zweiten Stellspannung und einer zweiten Korrekturspannung berechnet werden, wobei die erste und die zweite Korrekturspannung jeweils in Abhängigkeit von einer ersten Anschlussspannung zwischen dem ersten und dem zweiten Phasenzweig, einer zweiten Anschlussspannung zwischen dem zweiten und dem dritten Phasenzweig sowie der ersten und/oder der zweiten Stellspannung berechnet werden. Aufgrund dessen, dass die Stellspannungen um die Korrekturspannungen ergänzt werden, können die Ströme in den Phasenzweigen voneinander entkoppelt werden, wodurch erst eine zuverlässige Bereitstellung der symmetrischen Blindleistung im Wechselspannungsnetz möglich wird.

Vorzugsweise werden die an den Phasenmodulen einzustellenden Spannungen mittels Pulsweitenmodulation in Steuersignale zur Ansteuerung der zugeordneten Submodule umgewandelt. Dabei kann bevorzugt das aus der Druckschrift WO 2008/086760 A1 bekannte Verfahren verwendet werden, wodurch die Energie in den Energiespeichern der Submodule im Wesentlichen auf gleichem Niveau gehalten werden kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens werden der erste und der zweite Sollstrom jeweils aus einem Wirk-Sollstrom und einem Blind-Sollstrom zusammengesetzt, wobei die Wirk-Sollströme in Abhängigkeit von einem Mittelwert der an den Submodulen abfallenden Spannungen der Phasenmodule des zweiten beziehungsweise dritten Phasenzweiges und einem vorgegebenen Gleichspannungssollwert bestimmt werden. Der Wirk-Sollstrom hat dabei die Funktion, die Spannung an den Phasenmodulen derart zu regeln, dass zum Ausgleich von Energieverlusten in den Energiespeichern der Submodule entsprechend Wirkleistung dem Wechselspannungsnetz entnommen wird.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der in den Figuren 1 bis 4 dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert.

FIGUR 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Umrichters in schematischer Darstellung.

FIGUR 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines Submoduls des Umrichters in schematischer Darstellung.

FIGUR 3 zeigt in Form eines Blockschaltbildes eine Regelungseinrichtung für den Umrichter der Figur 1.

FIGUR 4 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Umrichters in schematischer Darstellung.

Im Einzelnen ist in Figur 1 ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Umrichters 10 zur symmetrischen Blindleis-

tungskompensation in einer schematischen Darstellung gezeigt. Der Umrichter 10 weist drei Phasenzweige 1,2,3. Ein erster Phasenzweig 1 ist über einen Anschlusspunkt 101 an eine erste ihm zugeordnete Phase eines Wechselspannungsnetzes angeschlossen. Das Wechselspannungsnetz selbst ist in Figur 1 grafisch nicht dargestellt. Ein zweiter Phasenzweig 2 ist über einen Anschlusspunkt 201 mit einer ihm zugeordneten zweiten Phase des Wechselspannungsnetzes verbunden. Ein Phasenzweig 3 ist über einen Anschlusspunkt 301 mit einer dritten, ihm zugeordneten Phase des Wechselspannungsnetzes verbunden. Zwischen den Anschlusspunkten 101, 201, 301 fallen Anschlussspannungen ab, die in Figur 1 als Pfeile dargestellt sind, die mit den Bezeichnungen U21, U13 sowie U32 gekennzeichnet sind. Die Spannung U32 sowie die Spannung U21 werden mittels der Spannungswandler 4 beziehungsweise 5 gemessen.

Der Umrichter 10 ist mittels geeigneter, hier nicht dargestellter Schalter, mit dem Wechselspannungsnetz trennbar verbunden.

Die Phasenzweige 1, 2 und 3 sind in einer Sternschaltung miteinander verbunden. Der Sternpunkt 6 der Sternpunktschaltung ist isoliert ausgeführt. Das bedeutet, dass der Sternpunkt 6 nicht auf einem festen, definierten Potential liegt.

Der zweite Phasenzweig 2 weist ein Phasenmodul 7 auf, das eine Reihenschaltung von zweipoligen Submodulen 8 umfasst. Der dritte Phasenzweig 3 weist ein Phasenmodul 9, das eine Reihenschaltung von Submodulen 8 umfasst. Die Reihenschaltungen umfassen im gezeigten Beispiel jeweils N Submodule 8, wobei die Anzahl der Submodule sich nach der Spannung richtet, die im Phasenmodul aufzubringen sind. In dem Ausführungsbeispiel des Umrichters 1 aus Figur 1 sind alle Submodule 8 gleich aufgebaut. Ein Strom durch das Phasenmodul 7 wird mittels eines Strommessers 11 gemessen. Ein Strom durch das Phasenmodul 9 wird mittels eines entsprechenden Strommessers 12 gemessen. Das Phasenmodul 7 des zweiten Phasenzweigs 2 ist über eine Koppelinduktivität 13 mit der zugeordneten Phase des Wech-

selspannungsnetzes verbunden. Das Phasenmodul 9 des dritten Phasenzweigs 3 ist mittels einer Koppelinduktivität 14 mit der dem dritten Phasenzweig 3 zugeordneten Phase des Wechselspannungsnetzes verbunden. Im in Figur 1 gezeigten Ausführungsbeispiel sind die Phasenzweige 1, 2, 3 ohne einen Anschlusstransformator mit dem Wechselspannungsnetz verbunden.

Der Umrichter 10 weist ferner eine hier nur schematisch dargestellte Regelungseinrichtung 19 auf, die mittels Steuerausgänge 191 und Steuerausgänge 192 zum Regeln der Phasenmodulströme eingerichtet ist.

In Figur 2 wird auf den Aufbau der Submodule 8 näher eingegangen. Das Submodul 8 ist als Zweipol ausgebildet, wobei die beiden Pole des Submoduls 8 in Figur 2 mit X1 und X2 gekennzeichnet sind. Das Submodul 8 der Figur 2 ist als eine sogenannte Vollbrückenschaltung oder H-Brückenschaltung ausgebildet. Es weist zwei Reihenschaltungen von Leistungshalbleiterschalteinheiten 15 auf, die jeweils aus einer Parallelschaltung eines ausschaltbaren Leistungshalbleiterschalters und einer ihm antiparallel geschalteten Diode bestehen. Ferner umfasst das Submodul 8 einen Energiespeicher 16, der im in Figur 2 dargestellten Ausführungsbeispiel als ein Speicherkondensator ausgebildet ist. Dabei ist der Speicherkondensator in einer Parallelschaltung zu den beiden Reihenschaltungen mit den Leistungshalbleiterschalteinheiten 15 geschaltet. Durch geeignete Ansteuerung der Submodule über die Steuerausgänge 191, 192 der Regelungseinrichtung 19, die in Figur 2 nicht dargestellt ist, können die Submodule 8 jeweils derart angesteuert werden, dass an den beiden Klemmen X1 beziehungsweise X2 der Submodule eine Submodulspannung abfällt, die gleich der am Kondensator 16 abfallenden Spannung, der Spannung am Kondensator 16 jedoch mit umgekehrter Polarität oder einer Spannung mit dem Wert Null gleich ist. Dadurch kann in einem zeitlichen Ablauf an jedem der Phasenmodule 7, 9 ein Spannungsverlauf erzeugt werden, der einer gestuften Wechselspannung entspricht.

Es ist zu beachten, dass im Ausführungsbeispiel der Figuren 1 und 2 die Ströme durch die zweiten und dritten Phasenzweige 2 und 3 unabhängig voneinander geregelt werden können, jedoch der Strom durch den ersten Phasenzweig 1 von den beiden Strömen durch die Phasenzweige 2 und 3 abhängt. Dies ist bei der Regelung des Umrichters 10 zu berücksichtigen.

Figur 3 zeigt im Detail den Aufbau eines Ausführungsbeispiels der Regelungseinrichtung 19 des Umrichters aus dem Ausführungsbeispiel der Figuren 1 und 2. Zum besseren Verständnis des Aufbaus sind die einzelnen Komponenten der Regelungseinrichtung in Form von Blöcken 100 bis 700 gegliedert Die in den Blöcken 100 bis 500 ablaufenden Regelungsschritte finden parallel für die beiden Phasenmodule des zweiten bzw. des dritten Phasenzweiges statt. Im Folgenden werden diese Regelungsschritte zur Vermeidung von Wiederholungen nur für das Phasenmodul des zweiten Phasenzweiges im Detail beschrieben. In einem Mittelwertbildner 100 werden die Spannungen UDC1 bis UDCN der Energiespeicher 16 der Submodule 8 des Phasenmoduls 7 addiert und ein Mittelwert dieser Spannungen gebildet. In einem Differenzbildner 200 wird die Differenz zwischen dem Mittelwert der im Block 100 ermittelten Spannungen mit einem Gleichspannungssollwert UDCREF verglichen und an einen Spannungsregler gegeben, der am Ausgang des Differenzbildners 200 einen Wirk-Sollstromwert liefert. In einem Frequenzbildner 300 wird der ermittelte Wirk-Sollstromwert zu einer Wechselstromgröße umgewandelt, indem aus dem Wirk-Sollstromwert der Wirk-Sollstrom erzeugt wird. Der Wirk-Sollstrom ist eine Wechselstromgröße, deren Phase der Phase der Netzspannung im Wechselspannungsnetz entspricht. Mittels eines Addierers 400 wird ein vorgegebener Blind-Sollstrom irefA für das Phasenmodul 7 zu dem Wirk-Sollstrom hinzuaddiert. In einer Einheit 500 wird der aus dem Wirk-Sollstrom und dem Blind-Sollstrom berechnete Sollstrom mit einem mittels des Strommessers 11 gemessener Phasenmodulstrom iA unter Bildung eines Stromregelfehlers verglichen und an einen Stromregler 501 gegeben, der an seinem Ausgang eine Stellspannung Ustell2 für das Phasenmodul 7 berechnet.

Eine entsprechende Anordnung von Blöcken 100, 200, 300, 400 und 500 ist in Bezug auf das Phasenmodul 9 vorgesehen, wobei sich der vorgegebene Blind-Sollstrom irefB von dem Blind-Sollstrom irefA im Allgemeinen unterscheidet. In einer Entkopplungseinheit 600 werden nun Korrekturspannungen für die Stellspannungen Ustell2, Ustell3 bestimmt. Für das Phasenmodul 7 werden dabei im Block 600 zur Stellspannung Ustell2 die Spannung U21 sowie die Spannung U32 hinzuaddiert. Die auf diese Weise berechnete einzustellende Spannung Uconv2 am Phasenmodul 7 wird an eine Modulmanagementeinheit (MMS) 18 im Block 700 weitergegeben, die dementsprechend an ihren die Ausgänge der Regelungseinrichtung 19 bildenden Ausgängen 191 diese einzustellende Spannung in Steuersignale für die einzelnen Submodule 8 des Phasenmoduls 7 bereitstellt.

Für das dritte Phasenmodul 9 berechnet die Entkopplungseinheit 600 die Korrekturspannung, indem sie zu der Stellspannung Ustell3 die Spannung U21 hinzuaddiert. Die Summe aus der Stellspannung Ustell3 und der Korrekturspannung wird von der Entkopplungseinheit 600 an eine Modulmanagementeinheit 18 für das Phasenmodul 9 weitergegeben. Die Modulmanagementeinheit 18 für das Phasenmodul 9 wandelt die einzustellende Spannung Uconv3 in Steuersignale für die Submodule 8 des Phasenmoduls 9 um und stellt sie am Ausgang 192 bereit.

In Figur 4 ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Umrichters 20 dargestellt. In den Figuren 1 und 4 sind gleiche oder gleichartige Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird in der Beschreibung der Figur 4 lediglich auf die Unterschiede zwischen den Ausführungsformen der Figuren 1 und 4 eingegangen. Auch sind die Submodule 8 des Umrichters 20 gleich aufgebaut und entsprechen den Submodulen 8 der Figur 2.

Im Unterschied zu dem Umrichter 10 des Ausführungsbeispiels der Figur 1 weist der Umrichter 20 im Ausführungsbeispiel der Figur 4 im ersten Phasenzweig 1 eine Koppelinduktivität 17

auf. Die Koppelinduktivität 17 weist die gleichen induktiven Eigenschaften wie die Koppelinduktivitäten 14 und 13. Entsprechend diesem Unterschied muss die Regelungseinrichtung 19 bze. das Regelungsverfahren für den Umrichter 20 angepasst werden. Die Blöcke 100, 200, 300, 400, 500 sowie 700 der Regelungseinrichtung der Figur 3 sind unverändert. In der Entkopplungseinheit 600 für den Umrichter 20 ist jedoch die Korrekturspannung für die jeweilige Stellspannung Ustell2 bzw. Ustell3 für das Phasenmodul 7 beziehungsweise 9 anders zu berechnen als beim Umrichter 10 des Ausführungsbeispiels der Figur 1. Die entsprechenden Formel seien im Folgenden widergegeben:

Ustell2 wird korrigiert zu 2 * Ustell2 + Ustell3 - U21;
Ustell3 wird korrigiert zu 2 * Ustell3 + Ustell2 - U32 - U21.

Bezugszeichenliste

1,2,3	Phasenzweig
101,201,301	Anschlusspunkt
10	Umrichter
4,5	Spannungswandler
6	Sternpunkt
7,9	Phasenmodul
8	Submodul
11,12	Strommesser
13,14,17	Koppelinduktivität
15	Leistungshalbleiterschalteinheit
16	Energiespeicher
18	Modulmanagementsystem
151	Leistungshalbleiter
19	Regelungseinrichtung
191,192	Steuerausgang
100	Mittelwertbildner
200	Differenzbildner
300	Frequenzbildner
400	Addierer
501	Stromregler
600	Entkopplungseinheit
700	Modulmanagementeinheit
U13,U21,U32	Anschlussspannungen
X1,X2	Anschluss des Submoduls
UDC1...UDCN	Energiespeicherspannung
UDCREF	Gleichspannungssollwert
Ustell2	Stellspannung
Ustell3	Stellspannung
Uconv2	einzustellende Spannung
Uconv3	einzustellende Spannung
irefA,irefB	Blind-Sollstrom
iA,iB	Phasenmodulstrom

Patentansprüche

1. Umrichter (10,20) zur symmetrischen Blindleistungskompensation mit einem ersten, einem zweiten und einem dritten Phasenzweig (1,2,3), wobei
jeder der drei Phasenzweige (1,2,3) mit einer ihm zugeordneten Phase eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes verbindbar ist und die drei Phasenzweige (1,2,3) in einer isolierten Sternpunktschaltung miteinander verbunden sind, wobei
der erste Phasenzweig (1) submodulfrei ist und der zweite und der dritte Phasenzweig (2,3) jeweils ein Phasenmodul (7,9) mit einer Reihenschaltung zweipoliger Submodule (8) umfassen, wobei
jedes Submodul (8) einen Energiespeicher (16) sowie wenigstens einen Leistungshalbleiter (151) aufweist und derart ansteuerbar ist, dass an den Polen des Submoduls (8) wenigstens eine positive Submodulspannung, wenigstens eine negative Submodulspannung oder eine Spannung mit dem Wert Null abfällt, wobei
der Umrichter (10,20) ferner eine Regelungseinrichtung (19) zur Regelung von Phasenmodulströmen umfasst, wobei mittels der Regelungseinrichtung (19) an jedem Phasenmodul (7,9) einzustellende Spannungen (Uconv2, Uconv3) bestimmbar sind und die Regelungseinrichtung (19) eine Entkopplungseinheit (600) umfasst, die zur Berechnung von Korrekturspannungen für jedes Phasenmodul (7,9) in Abhängigkeit von
- einer ersten Anschlussspannung (U21) zwischen dem ersten und dem zweiten Phasenzweig,
- einer zweiten Anschlussspannung (U32) zwischen dem zweiten und dem dritten Phasenzweig sowie
- einer ersten und/oder einer zweiten jeweils aus Sollströmen und den Phasenmodulströmen des zweiten beziehungsweise des dritten Phasenzweiges abgeleiteten Stellspannung (Ustell2, Ustell3)

eingerichtet ist, so dass die einzustellenden Spannungen (Uconv2, Uconv3) aus den Stellspannungen (Ustell2, Ustell3) und den Korrekturspannungen ableitbar sind.

2. Umrichter (10,20) nach Anspruch 1, wobei die Submodule (8) als Vollbrückenschaltungen ausgebildet sind, wobei die Submodulspannung der Energiespeicherspannung des Energiespeichers entspricht.

3. Umrichter (10,20) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei
die Energiespeicher (16) Speicherkondensatoren sind.

4. Umrichter (10,20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
die Regelungseinrichtung (19) ferner eine an die Entkopplungseinheit angeschlossene Steuereinheit (700) zur Ansteuerung der Submodule mittels Pulsweitenmodulation aufweist.

5. Umrichter (10,20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
die Phasenmodule (8) im zweiten und dritten Phasenzweig (2,3) jeweils über eine Koppelinduktivität (13,14) mit den zugeordneten Phasen des Wechselspannungsnetzes verbunden sind.

6. Umrichter (10,20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der erste Phasenzweig (1) eine Koppelinduktivität (17) aufweist.

7. Umrichter (10,20) nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei
der Umrichter (10,20) ferner Messvorrichtungen (4,5,11,12) zur Erfassung der Phasenmodulströme und der Anschlußspannungen umfasst.

8. Umrichter nach Anspruch 2, wobei die Regelungseinrichtung (19) ferner den Phasenmodulen zugeordnete Signalverarbeitungseinheiten mit jeweils einem Mittelwertbildner (100), einem Differenzbildner (200), einem Spannungsregler (201), einem Frequenzbildner (300) sowie einem Addierer (400) umfasst, wobei in jeder Signalverarbeitungseinheit

der Mittelwertbildner dazu eingerichtet ist, einen Mittelwert der Energiespeicherspannungen des zugeordneten Phasenmoduls zu bilden,

der Differenzbildner eingangsseitig mit einem Ausgang des Mittelwertbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, eine Regeldifferenz aus dem Mittelwert der Energiespeicherspannungen und einem vorgegebenen Gleichspannungssollwert zu bilden,

der Spannungsregler eingangsseitig mit einem Ausgang des Differenzbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, aus der Regeldifferenz einen Wirk-Sollstromwert zu bilden,

der Frequenzbildner eingangsseitig mit einem Ausgang des Spannungsreglers verbunden und dazu eingerichtet ist, aus dem Wirk-Sollstromwert einen sinusförmigen Wirk-Sollstrom zu bilden und

der Addierer eingangsseitig mit einem Ausgang des Frequenzbildners verbunden und dazu eingerichtet ist, aus dem Wirk-Sollstrom und einem vorgegebenen Blind-Sollstrom den Sollstrom für das zugeordnete Phasenmodul zu bilden.

9. Regelungsverfahren für einen Umrichter (10,20) zur symmetrischen Blindleistungskompensation mit einem ersten, einem zweiten und einem dritten Phasenzweig (1,2,3), wobei

jeder der drei Phasenzweige (1,2,3) mit einer ihm zugeordneten Phase eines dreiphasigen Wechselspannungsnetzes verbindbar ist und die Phasenzweige (1,2,3) in einer isolierten Sternpunktschaltung miteinander verbunden sind,

der erste Phasenzweig (1) submodulfrei ist und der zweite und dritte Phasenzweig (2,3) jeweils ein Phasenmodul (7,9) mit einer Reihenschaltung zweipoliger Submodule (8) umfassen, wobei

jedes Submodul (8) einen Energiespeicher (16) sowie wenigstens einen Leistungshalbleiter (151) aufweist und derart ansteuerbar ist, dass an den Polen des Submoduls (8) wenigstens eine positive Submodulspannung, wenigstens eine negative Submodulspannung oder eine Spannung mit dem Wert Null abfällt,

bei dem mittels Stromreglern (501)

eine erste Stellspannung für das Phasenmodul (7) des zweiten Phasenzweiges (2) aus einem vorgegebenen ersten Sollstrom und einem im zweiten Phasenzweig (2) gemessenen Phasenmodulstrom und

eine zweite Stellspannung für das Phasenmodul (9) des dritten Phasenzweiges (3) aus einem vorgegebenen zweiten Sollstrom und einem im dritten Phasenzweig (3) gemessenen Phasenmodulstrom gewonnen werden, wobei

eine am Phasenmodul (7) des zweiten Phasenzweiges (2) einzustellende Spannung in Abhängigkeit von der ersten Stellspannung und einer ersten Korrekturspannung und

eine am Phasenmodul (9) des dritten Phasenzweiges (3) einzustellende Spannung in Abhängigkeit von der zweiten Stellspannung und einer zweiten Korrekturspannung berechnet werden,

wobei die erste und die zweite Korrekturspannung jeweils in Abhängigkeit von

- einer ersten Anschlussspannung U21 zwischen dem ersten und dem zweiten Phasenzweig (1,2),
- einer zweiten Anschlussspannung U32 zwischen dem zweiten und dem dritten Phasenzweig (2,3) sowie
- der ersten und/oder der zweiten Stellspannung

berechnet werden.

10. Verfahren nach Anspruch 9, wobei die an den Phasenmodulen (7,9) einzustellenden Spannungen mittels

Pulsweitenmodulation in Steuersignale zur Ansteuerung der zugeordneten Submodule umgewandelt werden.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, wobei der erste und der zweite Sollstrom jeweils aus einem Wirk-Sollstrom und einem Blind-Sollstrom zusammengesetzt werden, wobei die Wirk-Sollströme in Abhängigkeit von einem Mittelwert der an den Submodulen (8) abfallenden Spannungen der Phasenmodule (7,9) des zweiten beziehungsweise dritten Phasenzweiges (2,3) und einem vorgegebenen Gleichspannungssollwert bestimmt werden.

FIG 1

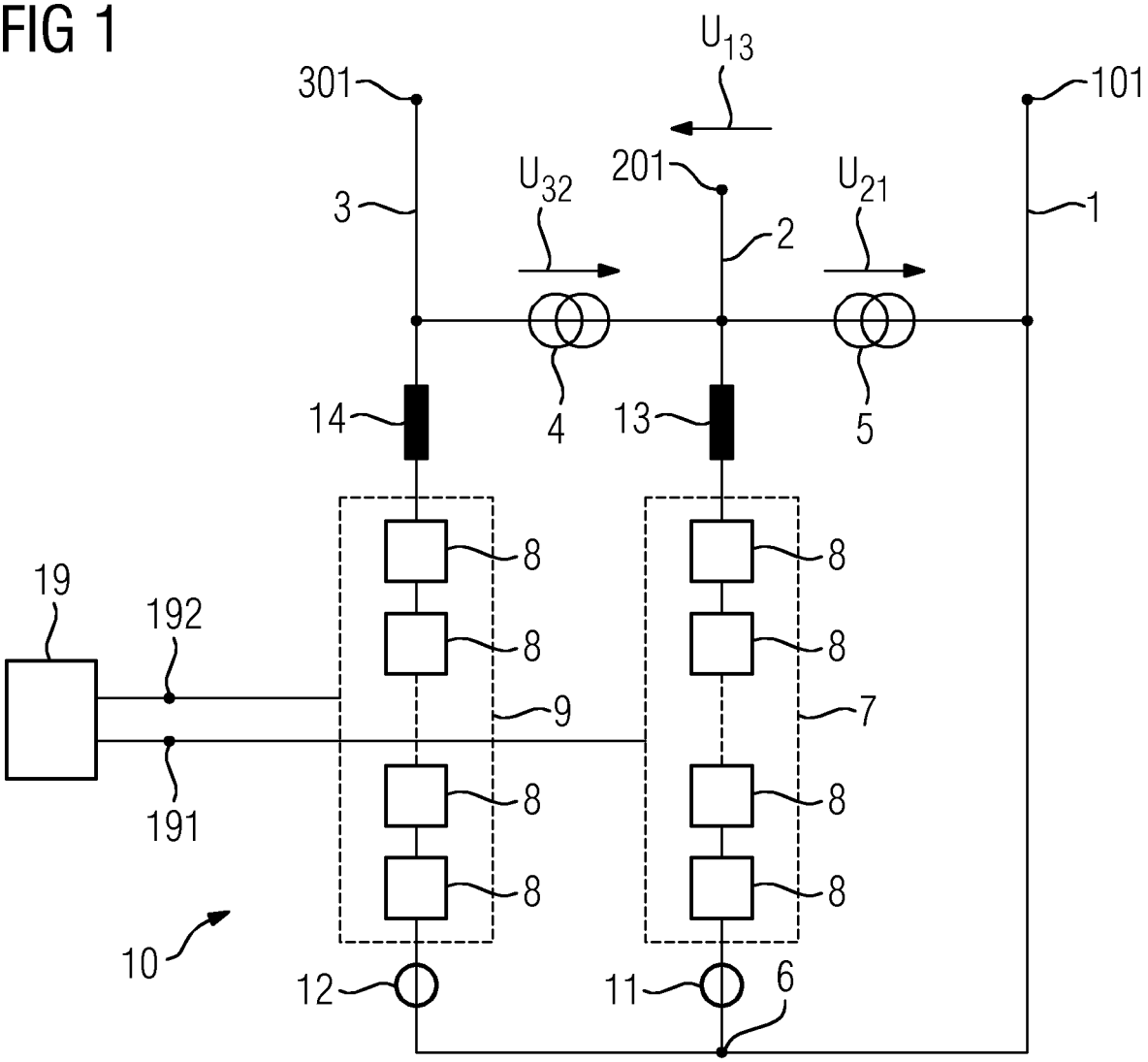
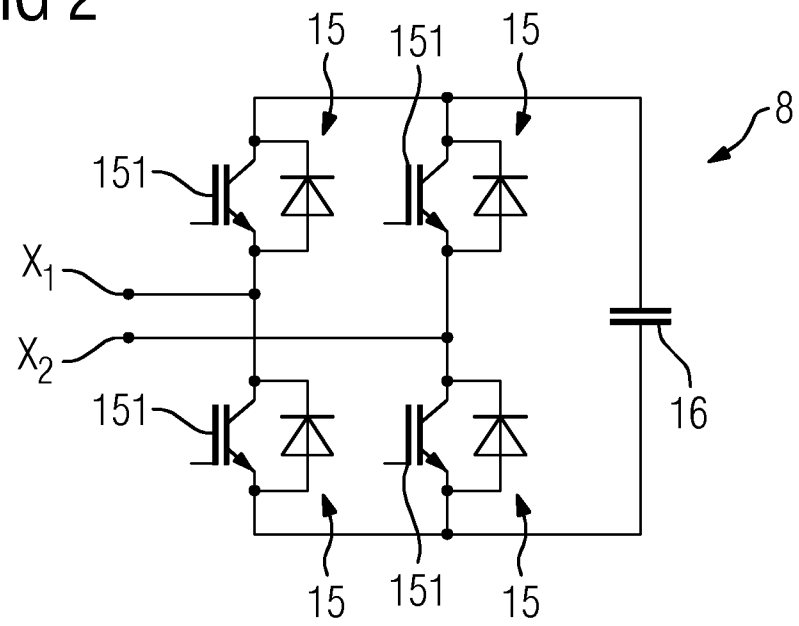

U13
301
101
201
U32
U21
3
2
1
14
4
13
5
8
19
192
9
7
191
10
12
11
6

FIG 2


15
151
15
8
151
X1
X2
16
151
15
151
15

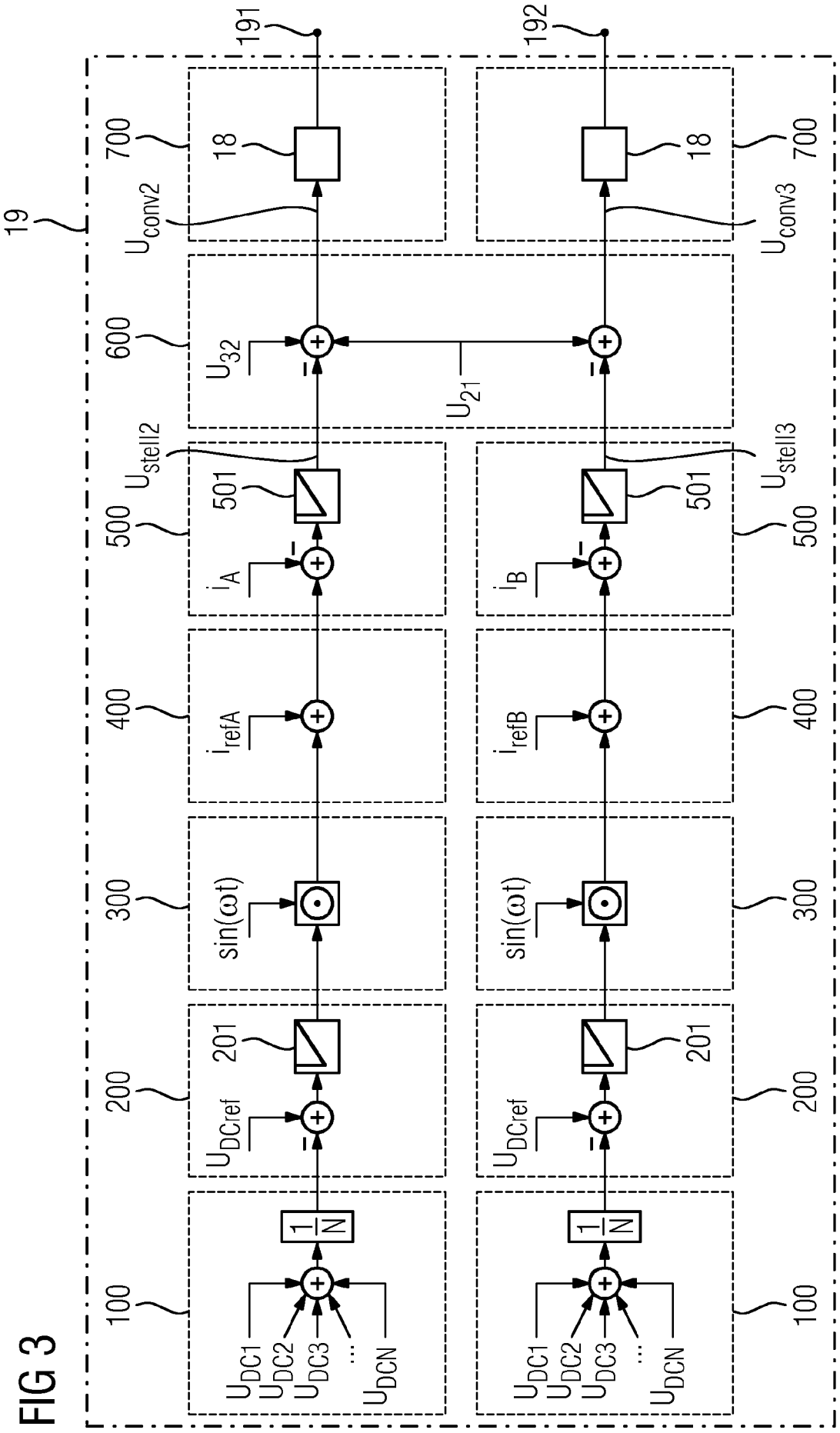
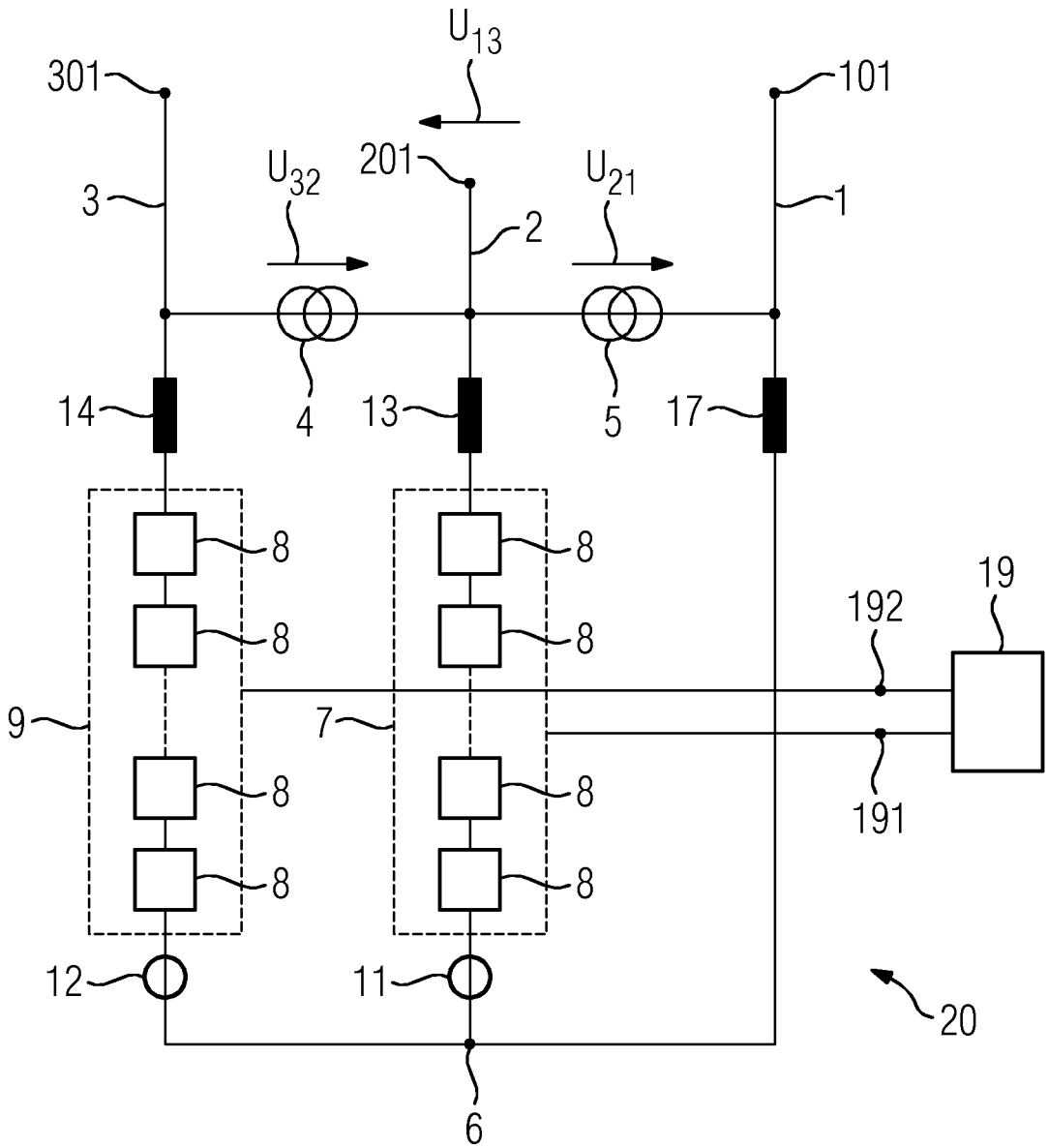

19
191
192
700
18
U_{conv2}
U_{conv3}
600
U_{32}
U_{21}
500
501
U_{stell2}
U_{stell3}
i_A
i_B
400
i_{refA}
i_{refB}
300
sin(ωt)
200
201
U_{DCref}
100
1/N
U_{DC1}
U_{DC2}
U_{DC3}
...
U_{DCN}

FIG 3

FIG 4


U13
301
101
U32
201
U21
3
2
1
14
4
13
5
17
8
8
8
8
19
192
9
7
8
8
8
8
191
12
11
20
6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/060566

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02J3/18 H02M7/483 H02M7/49
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H02J 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	DE 10 2011 086545 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 23 May 2013 (2013-05-23)	1-7,9-11
Y	figures 2,10	8
	paragraphs [0005], [0010], [0011], [0040], [0046]	

Y	US 5 642 275 A (PENG FANG ZHENG [US] ET AL) 24 June 1997 (1997-06-24)	8
A	figures 4,6	1-7,9-11
	column 6, lines 20-38	
	column 6, line 66 - column 7, line 51	

X	US 2012/170338 A1 (TRAINER DAVID [GB] ET AL) 5 July 2012 (2012-07-05)	1
A	figures 3b,4	2-11
	paragraphs [0022] - [0023]	
	paragraph [0068]	
	paragraph [0081]	

	-/--	

[X] Further documents are listed in the continuation of Box C.

[X] 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
21 January 2015	30/01/2015

Name and mailing address of the ISA/	Authorized officer
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Gotzig, Bernhard

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2014/060566

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	MARZOUGHI A ET AL: "A new control strategy for cascaded H-bridge multilevel converter to operate as a D-STATCOM", ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING (EEEIC), 2012 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 18 May 2012 (2012-05-18), pages 122-127, XP032189622, DOI: 10.1109/EEEIC.2012.6221558 ISBN: 978-1-4577-1830-4 figure 6 paragraph [0III] -----	1-11
A	HEINZ W VAN DER BROECK ET AL: "A Comparative Investigation of a Three-Phase Induction Machine Drive with a Component Minimized Voltage-Fed Inverter under Different Control Options", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, vol. 43, no. 2, 1 March 1984 (1984-03-01), pages 309-320, XP011213340, ISSN: 0093-9994 figures 1c,3 page 310, column 2 -----	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2014/060566

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011086545 A1	23-05-2013	DE 102011086545 A1	23-05-2013
		WO 2013072107 A1	23-05-2013
US 5642275 A	24-06-1997	US RE37126 E1	03-04-2001
		US 5642275 A	24-06-1997
US 2012170338 A1	05-07-2012	EP 2443734 A1	25-04-2012
		US 2012170338 A1	05-07-2012
		WO 2010145689 A1	23-12-2010

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/060566

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J3/18 H02M7/483 H02M7/49
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J 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	DE 10 2011 086545 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 23. Mai 2013 (2013-05-23)	1-7,9-11
Y	Abbildungen 2,10 Absätze [0005], [0010], [0011], [0040], [0046]	8

Y	US 5 642 275 A (PENG FANG ZHENG [US] ET AL) 24. Juni 1997 (1997-06-24)	8
A	Abbildungen 4,6 Spalte 6, Zeilen 20-38 Spalte 6, Zeile 66 - Spalte 7, Zeile 51	1-7,9-11

X	US 2012/170338 A1 (TRAINER DAVID [GB] ET AL) 5. Juli 2012 (2012-07-05)	1
A	Abbildungen 3b,4 Absätze [0022] - [0023] Absatz [0068] Absatz [0081]	2-11

	-/--	

[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
21. Januar 2015	30/01/2015

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	Gotzig, Bernhard

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/060566

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	MARZOUGHI A ET AL: "A new control strategy for cascaded H-bridge multilevel converter to operate as a D-STATCOM", ENVIRONMENT AND ELECTRICAL ENGINEERING (EEEIC), 2012 11TH INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, 18. Mai 2012 (2012-05-18), Seiten 122-127, XP032189622, DOI: 10.1109/EEEIC.2012.6221558 ISBN: 978-1-4577-1830-4 Abbildung 6 Absatz [0III]	1-11
A	HEINZ W VAN DER BROECK ET AL: "A Comparative Investigation of a Three-Phase Induction Machine Drive with a Component Minimized Voltage-Fed Inverter under Different Control Options", IEEE TRANSACTIONS ON INDUSTRY APPLICATIONS, IEEE SERVICE CENTER, PISCATAWAY, NJ, US, Bd. 43, Nr. 2, 1. März 1984 (1984-03-01), Seiten 309-320, XP011213340, ISSN: 0093-9994 Abbildungen 1c,3 Seite 310, Spalte 2	1-11

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2014/060566

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011086545 A1	23-05-2013	DE 102011086545 A1	23-05-2013
		WO 2013072107 A1	23-05-2013
US 5642275 A	24-06-1997	US RE37126 E1	03-04-2001
		US 5642275 A	24-06-1997
US 2012170338 A1	05-07-2012	EP 2443734 A1	25-04-2012
		US 2012170338 A1	05-07-2012
		WO 2010145689 A1	23-12-2010