

(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  
 22. August 2013 (22.08.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/120664 A1**

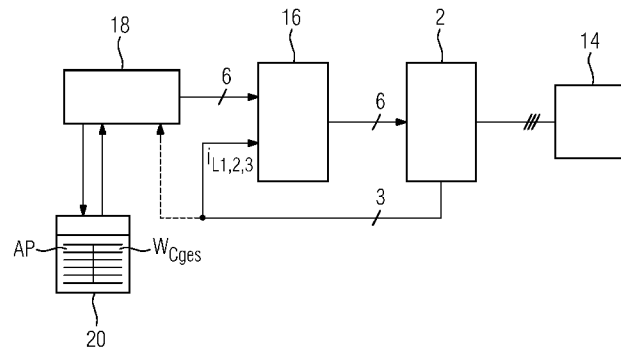
- (51) **Internationale Patentklassifikation:**  
 H02M 7/483 (2007.01)
- (21) **Internationales Aktenzeichen:** PCT/EP2013/051081
- (22) **Internationales Anmeldedatum:**  
 22. Januar 2013 (22.01.2013)
- (25) **Einreichungssprache:** Deutsch
- (26) **Veröffentlichungssprache:** Deutsch
- (30) **Angaben zur Priorität:**  
 10 2012 202 173.6  
 14. Februar 2012 (14.02.2012) DE
- (71) **Anmelder:** SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT [DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).
- (72) **Erfinder:** BÄRNKLAU, Hans; Bonhoefferplatz 15, 01159 Dresden (DE). ROHNER, Steffen; Förstelblick 12, 74889 Sinsheim (DE). GENSIOR, Albrecht; Ludwig-Hartmann-Str. 19, 01277 Dresden (DE). BERNET, Steffen; Rißweg 25, 01324 Dresden (DE).
- (81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING A MULTI-PHASE MODULAR MULTI-LEVEL POWER CONVERTER

(54) **Bezeichnung :** VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES MEHRPHASIGEN, MODULAREN MULTILEVELSTROMRICHTERS

FIG 10



$$\{w_{c1,2,3}\} (I)$$

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating a multi-phase modular multi-level power converter (2), having AC voltage terminals (U, V, W) to which a load (14) is connected, wherein a series circuit of a plurality of power converter cells (4), having a capacitor ( $C_{SM}$ ) and a half-bridge with two semiconductor switches (SR, SF), and a throttle ( $L_z$ ) are connected between each AC voltage terminal (U, V, W) and one of the two DC voltage terminals (6, 8) thereof, and wherein the semiconductor switches (SR, SF) of each power converter cell (4), which can be switched off, are controlled by means of a device depending on multiple setpoints. According to the invention at least one setpoint is generated in a manner such that the averages over time of the energies (formula I) stored in the capacitors (CSM) of the power converter cells (4) are specified by the operating point (AP) of the load (14) and/or the operating mode of the modular multi-level power converter (2). As a result, the required minimum capacitance values of the capacitors of all power converter cells (4) of a three-phase modular multi-level power converter (2) are significantly reduced, whereby the installation size of the power converter cells (4) is reduced and therefore also the installation size of the modular multi-level power converter (2).

(57) **Zusammenfassung:**

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/120664 A1



SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

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

---

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters (2), an dessen Wechselspannungs-Klemmen (U, V, W) eine Last (14) angeschlossen ist, wobei zwischen jeweils einer Wechselspannungs-Klemme (U, V, W) und einer seiner beiden Gleichspannungs-Klemmen (6,8) jeweils eine Reihenschaltung mehrerer einen Kondensator ( $C_{SM}$ ) und eine Halbbrücke mit zwei abschaltbaren Halbleiterschaltern ( $S_R, S_F$ ) aufweisenden Stromrichterzellen (4) und eine Drossel ( $L_z$ ) geschaltet sind, und wobei mittels einer Einrichtung in Abhängigkeit mehrerer Sollwerte die abschaltbaren Halbleiterschalter ( $S_R, S_F$ ) einer jeden Stromrichterzelle (4) angesteuert werden. Erfindungsgemäß wird wenigstens ein Sollwerte derart generiert, dass die im zeitlichen Mittel in den Kondensatoren ( $C_{SM}$ ) der Stromrichterzellen (4) gespeicherten Energien (formel I) vom Arbeitspunkt (AP) der Last (14) und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters (2) vorgegeben werden. Somit wird erreicht, dass sich die erforderlichen Mindestkapazitätswerte der Kondensatoren aller Stromrichterzellen (4) eines dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters (2) wesentlich verringern, wodurch sich die Baugröße der Stromrichterzellen (4) verkleinert und dadurch auch die Baugröße des modularen Multilevelstromrichters (2).

## Beschreibung

Verfahren zum Betrieb eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters

5

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters, an dessen Wechselspannungs-Klemmen eine Last angeschlossen ist.

10 Die Topologie eines modularen Multilevelstromrichters ist aus der DE 101 03 031A1 bekannt. In der Literatur wird der modulare Multilevelstromrichter auch als M2C oder auch als M2LC (**M**odular **M**ulti**L**evel **C**onverter) bezeichnet. Dieser modulare Multilevelstromrichter gehört wie ein Cascaded-H-Bridge-  
15 Converter zu den Zellenstromrichtern. In der Veröffentlichung mit dem Titel "New Concept for High Voltage - Modular Multilevel Converter", von R. Marquardt und A. Lesnicar, veröffentlicht bei der PESC 2004 Conference in Aachen, werden gängige Multilevelstromrichter in Bezug auf industrielle Realisierung analysiert und miteinander verglichen, wobei auch  
20 ein modularer Multilevelstromrichter in der Verwendung als Kurzschlusskupplung vorgestellt wird.

Gegenüber einem Cascaded-H-Bridge-Converter weisen die Stromrichterzellen eines modularen Multilevelstromrichters gemäß  
25 der DE 101 03 031A1 jeweils eine Halbbrücke zweier elektrisch in Reihe geschalteter abschaltbarer Halbleiterschalter, insbesondere **I**nsulated-**G**ate-**B**ipolar-**T**ransistoren (IGBT), auf, wobei zur Speicherung von Energie ein Energiespeicher vorgesehen ist,  
30 der als Gleichspannungskondensator realisiert ist.

Ein derartiger Gleichspannungskondensator weist gemäß der älteren nationalen Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2011 006 988.7 eine Vielzahl von handelsüblichen Kondensatoren, insbesondere Elektrolytkondensatoren, auf, die  
35 elektrisch parallel und/oder in Reihe geschaltet sind. An Stelle von Elektrolytkondensatoren können auch Folienkondensatoren verwendet werden. Dieser hohe Kondensatoraufwand

führt zu erhöhtem Platzbedarf eines Stromrichters mit einer Vielzahl von Stromrichterzellen, der einen erhöhten konstruktiven und mechanischen Aufwand verursacht.

5 Gemäß der DE 101 03 031A1 weist jedes Phasenmodul eines modularen Multilevelstromrichters eine Vielzahl von Stromrichterzellen auf, die auch als Submodule bezeichnet werden, die elektrisch in Reihe geschaltet sind. Es ist vorteilhaft, wenn die Stromrichterzellen eines Phasenmoduls symmetrisch auf deren beiden Ventilzweige aufgeteilt sind. Im Gegensatz zum Cascaded-H-Bridge-Converter werden die Submodul-Kondensatoren nicht durch eigene Diodengleichrichter, sondern über die Verbindung zum DC-Zwischenkreis geladen. Durch den Anschluss der elektrisch in Reihe geschalteten Submodule eines Phasenmoduls, 15 beispielsweise eines dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters am DC-Bus, muss bei symmetrischem Betrieb innerhalb der sechs Ventilzweige an den Klemmen eines jeden Submoduls im zeitlichen Mittel eine Modulspannung gemäß folgender Gleichung:

20

$$\bar{u}_{Kli,j} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} u_{Kli,j} dt = \frac{u_d}{2N} \approx \frac{U_d}{2N} \quad (1)$$

mit  $i = 1, 2, \dots, 6$  und  $j = 1, 2, \dots, N$  realisiert werden. Bei typischen Anwendungen eines modularen Multilevelstromrichters weist der Laststrom einen stark ausgeprägten Grundschwingungsanteil auf. Da der Laststrom anteilig durch die Module innerhalb eines Phasenmoduls fließt, folgt aus dem Produkt von Klemmenspannung  $u_{Kli,j}$  und Ventilzweigstrom  $i_{zi}$  gemäß folgender Gleichung

30

$$p_{Kli,j} = u_{Kli,j} i_{zi} \quad (2)$$

und der Gleichung (1), dass Energieänderungen der Grundschwingungsfrequenz in den Kondensatoren stark ausgeprägt sind. Insbesondere diese grundschwingungsfrequenten Anteile der Energie sind bei der Dimensionierung der Kondensatoren von großer Bedeutung. Unter anderem resultiert aus den grund-

35

schwingungsfrequenten Spannungsanteilen der Energie der Ein-  
 bau von Kondensatoren mit hohem Kapazitätswerten. Diese hohen  
 Kapazitätswerte werden mittels Parallelschaltung mehrerer  
 Kondensatoren erreicht werden. Dieser hohe Kondensatorauf-  
 5 wand, dargestellt bei einer zweiteiligen Stromrichterzelle  
 der bereits erwähnten nationalen Patentanmeldung mit dem amt-  
 lichen Aktenzeichen 10 2011 006 988.7, führt zu erhöhtem  
 Platzbedarf des Stromrichters und daraus resultieren ein ho-  
 her konstruktiver und mechanischer Aufwand sowie erhöhte Si-  
 10 cherheitsanforderungen.

Wichtige Kennzahlen für den Vergleich verschiedener Topolo-  
 gien von Spannungsstromrichtern sind die auf die maximale  
 Scheinleistung  $S_{Max}$  ( $S_{Max}$  kann auch eine Rechengröße sein) be-  
 15 zogene im Stromrichter kapazitiv gespeicherte Energie  $W_{C,ges}$   
 gemäß der Gleichung:

$$k_{JproVA} = \frac{W_{C,ges}}{S_{Max}} \quad (3)$$

20 und die im Stromrichter kapazitiv speicherbare Energie  
 $W_{CMax,ges}$  gemäß der Gleichung:

$$k_{JproVA,Max} = \frac{W_{CMax,ges}}{S_{Max}} \quad (4)$$

25 wobei im Stromrichter kapazitiv speicherbare Energie  $W_{CMax,ges}$   
 mit folgender Gleichung:

$$W_{CMax,ges} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} C_{SMi,j} U_{NCi,j}^2 \quad (5)$$

30 berechnet wird, wobei  $U_{NCi,j}$  die Nennspannungen der Kondensa-  
 toren ist.

Bei Mittelspannungsanwendungen sind typische Werte für die  
 Kennzahl  $k_{JproVA}$  (Gleichung (3)) eines 3-Level-Spannungsumrich-  
 35 ters 6...9kJ/MVA. Beim modularen Multilevelstromrichter ist mit

wesentlich höheren Werten für die Kennzahl  $k_{\text{JproVA}}$  und damit der gespeicherten Energie zu rechnen.

- Eine hohe gespeicherte bzw. speicherbare Energie im Stromrichter ist sowohl aus Kostengründen (Kondensatorkosten, Platzbedarf, ...) als auch aus Sicherheitsgründen nachteilig. Beides könnte mögliche Anwendungsgebiete für den modularen Multilevelstromrichter einschränken.
- 10 Eine Reduzierung des Kondensatoraufwands eines modularen Multilevelstromrichters, insbesondere eines dreiphasigen, könnte neue Anwendungsgebiete für den Multilevelstromrichter erschließen.
- 15 Dazu stellt sich zunächst die Frage, wie die Kondensatoren der Stromrichterzellen eines beispielsweise dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters dimensioniert werden.

Für die Dimensionierung spielen Anforderungen wie

- 20 - zulässige Maximal-/Minimalspannung der Kondensatoren,  
 - zulässige Verluste in den Kondensatoren, und eventuell  
 - zulässige Brummspannung  
 eine Rolle.
- 25 Eine über eine Periode  $T_0$  im zeitlichen Mittel gespeicherte Energie  $\bar{w}_{Ci,j}$  der Submodule wird gemäß folgender Gleichung:

$$\bar{w}_{Ci,j} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} \frac{1}{2} C_{SMi,j} u_{Ci,j}^2 dt \quad (6)$$

- 30 Berechnet. Eine kapazitive gespeicherte Energie  $w_{C,ges}$  des Stromrichters wird gemäß der Gleichung:

$$w_{C,ges} = \sum_{i=1}^6 \sum_{j=1}^N \frac{1}{2} C_{SMi,j} u_{Ci,j}^2 \quad (7)$$

- 35 bestimmt.

Die Veröffentlichung "Modulares Stromrichterkonzept für Netzkupplungsanwendung bei hohen Spannungen", von Rainer Marquardt, Anton Lesnicar und Jürgen Hildinger, abgedruckt im Tagungsband der ETG-Fachtagung 2002, Bad Nauheim, April 2002, und "Control of the Modular Multi-Level Converter for Minimized Cell Capacitance", von Stephan P. Engel und Rik W. De Doncker, abgedruckt im Konferenzband der 14th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 2011), Birmingham, UK, 30. August - 01. September 2011, S. 4351-4360, stellen jeweils ein Steuerverfahren vor, wodurch die Energiespeicher der Stromrichterzellen eines Multilevelstromrichters minimiert werden können. In diesen beiden Veröffentlichungen wird als Anwendungsfall eine Kurzkupplung genannt.

In der Veröffentlichung "On Dynamics and Voltage Control of the Modular Multilevel Converter" von Antonios Antonopoulos, Lennart Ängquist und Hans-Peter Nee, abgedruckt im Konferenzband der 13th European Conference on Power Electronics and Applications (EPE 2009), Barcelona, Spanien, 08.-10. September 2009, S.3353-3362, wird ein Steuerverfahren eines modularen Multilevelstromrichters vorgestellt, mit dem eine Verringerung der mittleren Kondensatorspannung - und damit der im zeitlichen Mittel gespeicherten Energie in Abhängigkeit der Lastspannung - erreicht wird. Als positiver Effekt werden verringerte Schaltverluste sowie höhere zulässige Spannungsrippel in den Kondensatoren angeführt.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass die in den Kondensatoren gespeicherte Energie  $w_{Ci,j}$  an einem stationären Arbeitspunkt einen zeitabhängigen Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  und einen konstanten Anteil  $\bar{w}_{Ci,j}$  aufweist. Der zeitabhängige Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  der im Kondensator gespeicherten Energie wird durch die Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters bzw. der daran angeschlossenen Last bestimmt. Einfluss haben u.a. der Arbeitspunkt der Last, Form der Gleichtaktspannung sowie interne "Kreisströme".

Der Erfindung liegt nun die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Betrieb eines mehrphasigen modularen Multilevelstromrichters anzugeben, wodurch der Kondensatoraufwand des mehrphasigen modularen Multilevelstromrichters reduziert wird.

5

Diese Aufgabe wird durch die Steuerung/Regelung der in den Kondensatoren der Stromrichterzellen eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters gespeicherten Energie in Abhängigkeit eines Arbeitspunktes einer Last und/oder der Betriebsart des Stromrichters erfindungsgemäß gelöst.

10

Bei einer vorteilhaften Ausführungsform eines modularen Multilevelstromrichters sind eine Vielzahl von Werten gespeicherter Energien jeweils mit zugehörigen Arbeitspunkten und von Werten gespeicherter Energien jeweils mit zugehörigen Betriebsarten des Stromrichters in einer Tabelle abgespeichert. Auf diese Tabelle greift ein Sollwertbildner einer Regelung des Multilevelstromrichters zu, indem er einen bekannten oder ermittelten Arbeitspunkt der Last oder eine bekannte oder ermittelte Betriebsart des Multilevelstromrichters dieser Tabelle zuführt und aus dieser Tabelle einen zugehörigen Wert einer gespeicherten Energie ausliest, der bei der Sollwertgenerierung verwendet wird.

15

20

Die Sollwerte, die in Abhängigkeit eines Arbeitspunktes einer Last und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters online oder offline berechnen werden, werden für alle Stromrichterzellen des modularen Multilevelstromrichters oder für die Stromrichterzellen eines jeden Ventilzweiges dieser modularen Multilevelstromrichters vorgegeben.

25

30

Bei der Verwendung dieses erfindungsgemäßen Verfahrens zum Betrieb eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters werden die im zeitlichen Mittel in den Submodul-Kondensatoren gespeicherten Energien in Abhängigkeit eines Arbeitspunktes einer angeschlossenen Last und/oder einer Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters gesteuert/geregelt. Dadurch sind niedrigere Kapazitätswerte der Stromrichterzellen eines

35

modularen Multilevelstromrichters möglich, als bei der Verwendung eines bekannten Betriebsverfahrens, bei dem die in den Submodul-Kondensatoren gespeicherten Energien konstant sind.

5

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Zeichnung Bezug genommen, anhand derer das erfindungsgemäße Verfahren näher erläutert werden soll.

- 10 FIG 1 zeigt eine schematische Darstellung eines dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters mit N Stromrichterzellen pro Ventilzweig zum Betrieb einer nicht näher dargestellten Last, in der
- FIG 2 ist der Aufbau einer Stromrichterzelle des modularen Multilevelstromrichters nach FIG 1 schematisch
- 15 dargestellt, die
- FIG 3 zeigt in einem Diagramm über der Zeit t drei Verläufe von zeitabhängigen Anteilen einer Kondensatorenergie einer Stromrichterzelle des Multilevelstromrichters nach FIG 1 für drei unterschiedliche
- 20 Lastwinkel  $\Phi_{L1}$ ,  $\Phi_{L2}$ ,  $\Phi_{L3}$ , die
- FIG 4 zeigt in einem Diagramm über der Zeit t einen Verlauf einer Kondensatorspannung einer Stromrichterzelle des modularen Multilevelstromrichters gemäß
- 25 FIG 1 in Abhängigkeit eines Lastwinkels  $\Phi_{L1} = -90^\circ$  ohne die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei in der
- FIG 5 dieser zeitliche Verlauf in Abhängigkeit eines Lastwinkels  $\Phi_{L2} = 0^\circ$  ohne die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Diagramm über der
- 30 Zeit t dargestellt ist, und in
- FIG 6 dieser zeitliche Verlauf in Abhängigkeit eines Lastwinkels  $\Phi_{L3} = +90^\circ$  ohne die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens in einem Diagramm über
- 35 der Zeit t visualisiert ist, in den
- FIG 7-9 sind jeweils in einem Diagramm über der Zeit t die zeitlichen Verläufe der FIG 4 bis 6 veranschau-

licht, die bei der Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens entstehen, die

FIG 10 zeigt ein Blockschaltbild einer Schaltungsanordnung, mit dem das erfindungsgemäße Verfahren realisiert wird, und die

FIG 11 zeigt ein Blockschaltbild einer modifizierten Schaltungsanordnung nach FIG 10.

Der in FIG 1 schematisch dargestellte dreiphasige, modulare Multilevelstromrichter 2 weist pro Ventilzweig N Stromrichterzellen 4 auf, die elektrisch in Reihe geschaltet sind. Außerdem weist jeder Ventilzweig dieses dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 eine Drossel  $L_z$  auf, die elektrisch in Reihe zur Reihenschaltung von N Stromrichterzellen 4 verschaltet ist. Jeweils zwei Ventilzweige sind elektrisch in Reihe zu einem Phasenmodul geschaltet, wobei jeweils ein Verbindungspunkt zweier Ventilzweige eines Phasenmoduls eine Wechselspannungs-Klemme U bzw. V bzw. W des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 bildet, an denen eine nicht näher dargestellte Last angeschlossen ist. Als Last kann ein Elektromotor, insbesondere ein Drehstrommotor, oder ein Energieversorgungsnetz vorgesehen sein, mit denen Energie in beide Richtungen ausgetauscht werden kann. Die beiden Drosseln  $L_z$  eines jeden Phasenmoduls können außerdem magnetisch gekoppelt sein.

Diese drei Phasenmodule sind elektrisch parallel geschaltet, wobei ein oberer Verknüpfungspunkt eine positive Gleichspannungs-Klemme 6 und ein unterer Verknüpfungspunkt eine negative Gleichspannungs-Klemme 8 des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 bildet. An der Gleichspannungs-Klemme 6 des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 ist eine positive Stromschiene 10 eines DC-Busses angeschlossen, wobei die negative Stromschiene 12 dieses DC-Busses mit der Gleichspannungs-Klemme 8 des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 verknüpft ist. Dieser DC-Bus verbindet den dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichter 2 gleichspan-

nungsseitig mit einer nicht näher dargestellten Gleichspannungs-Quelle, an der die Gleichspannung  $U_d$  ansteht.

An den Phasenmodulen des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 fällt eine einstellbare Gleichspannung  $u_d$  ab. Bei symmetrischem Betrieb dieses Stromrichters 2 steht im zeitlichen Mittel an den Klemmen eines jeden Submoduls 4 eines Ventilzweigs die Klemmspannung:

$$\bar{u}_{Kli,j} = \frac{1}{T_0} \int_0^{T_0} u_{Kli,j} dt = \frac{u_d}{2N} \approx \frac{U_d}{2N} \quad (1)$$

an.

Der Aufbau einer Stromrichterzelle 4 eines modularen Multilevelstromrichters gemäß der DE 101 03 031 A1 ist in FIG 2 schematisch dargestellt. Diese Stromrichterzelle 4 weist eine Halbbrücke zweier elektrisch in Reihe geschalteter abschaltbarer Halbleiterschalter  $S_R$  und  $S_F$  auf, wobei bevorzugt Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT) als abschaltbare Halbleiterschalter  $S_R$  und  $S_F$  verwendet werden. Es können aber alle in Handel erhältlichen Leistungshalbleiter als abschaltbare Halbleiterschalter eines jeden Submoduls verwendet werden. Auswahlkriterium ist die Zellenspannung. Jeder abschaltbare Halbleiterschalter  $S_R$  bzw.  $S_F$  weist eine Freilaufdiode  $D_R$  bzw.  $D_F$  auf, die jeweils zum zugehörigen abschaltbaren Halbleiterschalter  $S_R$  bzw.  $S_F$  invers elektrisch parallel geschaltet ist. Elektrisch parallel zu dieser Halbleiterbrücke ist ein kapazitiver Energiespeicher  $C_{SM}$  geschaltet, der aus einer Vielzahl von handelsüblichen Kondensatoren, die elektrisch parallel und/oder elektrisch in Reihe geschaltet sind, realisiert ist. In der nationalen älteren Patentanmeldung mit dem amtlichen Aktenzeichen 10 2011 006 988.7 ist eine Kondensator-Baueinheit einer Stromrichterzelle näher dargestellt. Der Verbindungspunkt der beiden abschaltbaren Halbleiterschalter  $S_R$  und  $S_F$  bilden eine Anschlussklemme einer Stromrichterzelle 4 des modularen Multilevelstromrichters 2, wogegen ein negativer Anschluss des kapazitiven Energiespeichers  $C_{SM}$ , der mit einem Emitteranschluss des abschaltbaren Halbleiterschalters

$S_F$  elektrisch leitend verbunden ist, eine zweite Anschlussklemme dieser Stromrichterzelle 4 bildet. In der DE 101 03 031A1 ist eine zweite Ausführungsform einer Stromrichterzelle 4 eines modularen Multilevelstromrichters näher dargestellt. Ebenfalls ist dieser DE-Offenlegungsschrift zu entnehmen, welche Schaltzustände wie geschaltet werden können.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, dass an stationären (periodischen) Arbeitspunkten die gespeicherte Energie einer jeden Stromrichterzelle 4 einen zeitabhängigen Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  und einen im zeitlichen Mittel konstanten Anteil  $\bar{w}_{Ci,j}$  aufweist. Dieser konstante Anteil  $\bar{w}_{Ci,j}$  entspricht dem (arithmetischen) Mittel der Kondensatorenergie  $w_{Ci,j}$ . Der zeitabhängige Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  der Kondensatorenergie  $w_{Ci,j}$  wird durch die Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters 2 und/oder des Arbeitspunkts der Last bestimmt. Zeitliche Verläufe von drei zeitabhängigen Anteilen  $\tilde{w}_{Ci,j}$  einer Kondensatorenergie  $w_{Ci,j}$  sind für verschiedene Lastwinkel  $\Phi_{L1}$ ,  $\Phi_{L2}$  und  $\Phi_{L3}$  in der FIG 3 in einem Diagramm über der Zeit  $t$  bei gleichem (sinusförmigen) Laststrom  $i_L$ , gleiche (sinusförmiger) Leiter-Sternspannung der Last  $u_{LN}$  und konstanter Grundschwingungsfrequenz  $f_0$  dargestellt. Der zeitliche Verlauf I zeigt den zeitabhängigen Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  für den Lastwinkel  $\Phi_{L1} = -90^\circ$ , der zeitliche Verlauf II den zeitabhängigen Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  für den Lastwinkel  $\Phi_{L2} = 0^\circ$  und den zeitlichen Verlauf III zeigt den zeitabhängigen Anteil  $\tilde{w}_{Ci,j}$  einer gespeicherten Energie  $w_{Ci,j}$  einer Stromrichterzelle 4 für den Lastwinkel  $\Phi_{L3} = +90^\circ$ .

Im Folgenden werden nur die wesentlichen Zusammenhänge für eine Auslegung der Kondensatoren innerhalb fester Spannungsgrenzen angegeben. Für die weitere Betrachtung wird vereinfacht angenommen, dass die Extremwerte  $U_{\text{Min}Ci,j}$  und  $U_{\text{Max}Ci,j}$  der zulässigen Kondensatorspannung  $u_{Ci,j}$  vom Betrieb des Stromrichters 2 unabhängig sind.

Sind die Extremwerte  $U_{\text{MinCi},j}$  und  $U_{\text{MaxCi},j}$  der zulässigen Kondensatorsspannung  $u_{\text{Ci},j}$  bekannt, so gilt für den Mindestwert der Kapazität  $C_{\text{SMi},j}$  bei konstanter Energie  $\bar{w}_{\text{Ci},j}$

$$5 \quad C_{\text{SMi},j} \geq C_{\text{SM},\text{Mind},k_{i,j}} = \frac{2\Delta W_{\text{Maxi},j}^+}{U_{\text{MaxCi},j}^2 - U_{\text{MinCi},j}^2} \quad (8)$$

mit der Differenz der Extremwerte  $U_{\text{MinCi},j}$  und  $U_{\text{MaxCi},j}$  der Energieschwankung über alle (auslegungsrelevanten) Arbeitspunkte AP

$$10 \quad \Delta W_{\text{Maxi},j}^+ = \max_{\text{AP}} \{\tilde{w}_{\text{Ci},j}\} - \min_{\text{AP}} \{\tilde{w}_{\text{Ci},j}\} \quad (9)$$

Ist die im zeitlichen Mittel gespeicherte Energie  $\bar{w}_{\text{Ci},j}$  im Gegensatz dazu vom Arbeitspunkt AP der Last und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters abhängig, so gilt für den Mindestwert der Kapazität  $C_{\text{SMi},j}$

$$15 \quad C_{\text{SMi},j} \geq C_{\text{SM},\text{Mind},v_{i,j}} = \frac{2\Delta W_{\text{Maxi},j}}{U_{\text{MaxCi},j}^2 - U_{\text{MinCi},j}^2} \quad (10)$$

mit

$$20 \quad \Delta W_{\text{Maxi},j} = \max_{\text{AP}} \left\{ \max_{t \in T_0} \{\tilde{w}_{\text{Ci},j}\} - \min_{t \in T_0} \{\tilde{w}_{\text{Ci},j}\} \right\} \quad (11)$$

Wegen  $\Delta W_{\text{Maxi},j} \leq \Delta W_{\text{Maxi},j}^+$  folgt  $C_{\text{Mind},v_{i,j}} \leq C_{\text{Mind},k_{i,j}}$

25 Damit sind bei einer vom Arbeitspunkt AP einer Last des dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 und/oder der Betriebsart dieses Stromrichters 2 abhängigen Energie  $\bar{w}_{\text{Ci},j}$  niedrigere Kapazitätswerte möglich, als bei konstanter Energie  $\bar{w}_{\text{Ci},j}$ .

30

In den Diagrammen der FIG 4, 5 und 6 sind jeweils der Zeitverlauf der Kondensatorspannung  $u_{\text{CSM}}$  eines Submoduls 4 des dreiphasigen modularen Multilevelstromrichters 2 gemäß FIG 1 in Abhängigkeit des Lastwinkels  $\varphi_{\text{L1}} = -90^\circ$ ,  $\varphi_{\text{L2}} = 0^\circ$  und

$\varphi_{L3} = +90^\circ$  dargestellt, wobei der Mittelwert der Kondensator-  
 energie  $\bar{w}_{Ci,j}$  konstant ist. Dieser Mittelwert der Kondensa-  
 torenergie  $w_{Ci,j}$  wird durch die Kondensatorspannung  $\underline{u}_{Ci,j}$  in  
 diesem Diagramm visualisiert, wobei der Mittelwert der Kon-  
 5 densatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  und der Kondensatorspannung  $\underline{u}_{Ci,j}$  gemäß  
 folgender Gleichung:

$$\underline{u}_{Ci,j} = \sqrt{\frac{2}{C_{SMi,j}} \bar{w}_{Ci,j}} \quad (13)$$

10 zusammenhängen. Die Kondensatoren  $C_{SMi,j}$  der Submodule 4 des  
 zweiphasigen Multilevelstromrichters 2 sind nach herkömmli-  
 cher Art und Weise dimensioniert und weisen einen Kapazitäts-  
 wert  $C_I$  auf.

15 In den Diagrammen der FIG 7, 8 und 9 sind jeweils ein Zeit-  
 verlauf der Kondensatorspannung  $u_{CSM}$  eines Submoduls 4 des  
 dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 der FIG 1  
 in Abhängigkeit der Lastwinkel  $\varphi_{L1} = -90^\circ$ ,  $\varphi_{L2} = 0^\circ$  und  
 $\varphi_{L3} = +90^\circ$  dargestellt, wobei der Mittelwert der Kondensator-  
 20 energie  $\bar{w}_{Ci,j}$  vom Arbeitspunkt AP abhängig ist. Zum Vergleich  
 mit den Zeitverläufen der FIG 4, 5 und 6 sind in den Diagram-  
 men der FIG 7, 8 und 9 der Wert  $\underline{u}_C$  zur Visualisierung des  
 Mittelwerts der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  eingetragen. Da-  
 durch, dass der Mittelwert der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  nun  
 25 abhängig vom Arbeitspunkt AP gesteuert / geregelt wird, er-  
 gibt sich für die Kondensatoren  $C_{SM}$  der Submodule 4 des drei-  
 phasigen modularen Multilevelstromrichters 2 der FIG 1 ein  
 Kapazitätswert  $C_{II}$ , der nur noch einen Teil des Kapazitäts-  
 wertes  $C_I$ , beispielsweise  $C_{II} = 0,77 C_I$ , einer herkömmlichen  
 30 Dimensionierung entspricht. Dadurch reduziert sich der Kon-  
 densatoraufwand der Submodule 4 eines dreiphasigen, modularen  
 Multilevelstromrichters 2, wodurch sich nicht nur die Baugrö-  
 ße dieser Submodule 4 verringert, sondern auch die des modu-  
 laren Multilevelstromrichters 2. Dadurch reduziert sich auch  
 35 der mechanische und konstruktive Aufwand bei der Realisierung  
 eines dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2 ge-  
 mäß FIG 1.

Um dieses erfindungsgemäße Verfahren einsetzen zu können,  
muss eine bekannte Regelungseinrichtung eines dreiphasigen,  
modularen Multilevelstromrichters 2, die aus der  
WO2008/067785 A1 bekannt ist, entsprechend modifiziert wer-  
5 den.

Eine derartige erfindungsgemäße Regelungseinrichtung ist in  
der FIG 10 näher dargestellt. Dort sind mit 2 der modulare  
Multilevelstromrichter der FIG 1, mit 14 eine an diesen Mul-  
10 tilevelstromrichter 2 angeschlossene Last, mit 16 eine Regel-  
einheit, insbesondere eine Stromregeleinheit, mit 18 ein  
Sollwertgenerator und mit 20 eine Speichereinheit bezeichnet.  
Die Regeleinheit 16 erzeugt aus Soll- und Istwerten bei-  
spielsweise die Lastströme  $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$  und  $i_{L3}$ , für jeden Ventil-  
15 zweig einen Zweigspannungs-Sollwert. Der Block 2 umfasst ne-  
ben der Stromrichterschaltung gemäß FIG 1 auch noch für jeden  
Ventilzweig eine Ansteuereinheit. Jede Ansteuereinheit gene-  
riert aus einem Zweigspannungs-Sollwert Steuersignale für die  
abschaltbaren Halbleiterschalter  $S_R$  und  $S_F$  einer jeden Strom-  
20 richterzelle 4 eines Ventilzweigs. Die Sollwerte werden von  
dem Sollwert-Generator 18 in Abhängigkeit beispielsweise ei-  
nes Drehzahl-Sollwertes generiert, wobei beim Verfahren der  
WO2008/067785A1 der zeitliche Mittelwert der Kondensatorener-  
gie  $\bar{w}_{Ci,j}$  eines jeden Submoduls 4 für alle Arbeitspunkte AP  
25 näherungsweise konstant ist.

Gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren werden diese Sollwerte  
derart generiert, dass die zeitlichen Mittelwerte der Kondensatorenergie  
 $\bar{w}_{Ci,j}$  in Abhängigkeit der Arbeitspunkte AP der  
30 Last 14 und/oder der Betriebsart des modularen Multilevel-  
stromrichters 2 verändert werden. Dazu ist diesem Sollwert-  
Generator 18 eine Speichereinheit 20 zugeordnet, in der eine  
Tabelle hinterlegt ist, die zu jedem Arbeitspunkt AP eine  
Last und zu jeder Betriebsart des Multilevelstromrichters 2  
35 einen zugehörigen Wert eines Mittelwerts der Kondensatorener-  
gie  $\bar{w}_{Ci,j}$  eines Submoduls 4 aufweist. Der Sollwert-Generator  
18 sendet einen momentanen Arbeitspunkt AP der Last 14 und /  
oder einen Wert der Betriebsart des modularen Multilevel-

stromrichters 2 zur Speichereinheit 20. In Abhängigkeit dieses Arbeitspunkts AP und/oder der Betriebsart wird ein zugehöriger Mittelwert der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  eines Submoduls 4 des modularen Multilevelstromrichters 2 ausgelesen und  
 5 im Sollwert-Generator 18 zur Generierung von Sollwerten für die Regeleinrichtung 16 verarbeitet. Gemäß der Regeleinrichtung der FIG 5 der WO2008/067785 A1 erhält die Regeleinrichtung 16 beispielsweise Sollwerte für einen Wirkstrom, einen Blindstrom, eine Gleichspannung bzw. einen Gleichstrom. Außerdem  
 10 wird ein Sollwert für eine Ventilzweigspannung dem Sollwert-Generator 18 zugeführt.

In der in der Speichereinheit 20 hinterlegten Tabelle können anstelle von Mittelwerten der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  auch  
 15 Werte der Kondensatorspannung  $\underline{u}_{Ci,j}$  oder Werte für die im Multilevelstromrichter 2 kapazitiv gespeicherte Energie  $w_{Ciges}$  für jeden Arbeitspunkt AP der Last 14 und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters 2 abgelegt sein. Wie bereits erwähnt, hängen die Kondensatorenergie  $w_{Ci,j}$  und  
 20 die Kondensatorspannung  $u_{Ci,j}$  mittels folgender Gleichung

$$\underline{u}_{Ci,j} = \sqrt{\frac{2}{C_{SMi,j}} \bar{w}_{Ci,j}} \quad (13)$$

zusammen. Und die im Stromrichter 2 kapazitiv gespeicherte  
 25 Energie ist die Summe aller in den Kondensatoren der Submodule 4 des Stromrichters 2 gespeicherten Energien.

In der FIG 11 ist eine vorteilhafte Ausführungsform der Regeleinrichtung nach FIG 10 näher dargestellt. Diese vorteilhafte Ausführungsform der Regeleinrichtung unterscheidet sich  
 30 von der Ausführungsform der FIG 10 dadurch, dass eine Lastschätzer 22 vorgesehen ist, der aus gemessenen Strom- und Spannungswerten  $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ,  $i_{L3}$  und  $u_{L1}$ ,  $u_{L2}$ ,  $u_{L3}$  der Last 14 seinen Arbeitspunkt AP berechnet. Dieser berechnete Arbeitspunkt  
 35 AP der Last 14 wird dem Sollwert-Generator 18 zugeführt, der diesen zur Auslesung eines zugehörigen Mittelwerts der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{Ci,j}$  verwendet.

Durch die Verwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens bei dem der Mittelwert der Kondensatorenergie  $\bar{w}_{ci,j}$  nicht mehr für alle Arbeitspunkte AP der Last 14 und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters 2 konstant bleibt, sondern in Abhängigkeit der Arbeitspunkte AP der Last 14 und /  
5 oder der Betriebsarten des Multilevelstromrichters 2 abgeändert werden, wird erreicht, dass sich der erforderliche Mindest-Kapazitätswert aller Submodule 4 des modularen Multilevelstromrichters 2 wesentlich verringert. Dadurch verringert  
10 sich nicht nur der Kondensatoraufwand eines jeden Submoduls 4 des modularen Multilevelstromrichters 2, sondern wegen der geringeren Baugröße der Submodule 4 verringert sich ebenso der mechanische und konstruktive Aufwand bei der Realisierung eines dreiphasigen, modularen Multilevelstromrichters 2.

15

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichters (2), an dessen Wechselspannungs-Klemmen (U,V,W) eine Last (14) angeschlossen ist, wobei zwischen jeweils einer Wechselspannungs-Klemmen (U,V,W) und einer seiner beiden Gleichspannungs-Klemmen (6,8) jeweils eine Reihenschaltung mehrerer Stromrichterzellen (4) und eine Drossel ( $L_z$ ) geschaltet sind, und wobei mittels einer Regeleinrichtung in Abhängigkeit mehrerer Sollwerte die abschaltbaren Halbleiterschalter ( $S_R, S_F$ ) einer jeden Stromrichterzelle (4) angesteuert werden, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass diese Sollwerte derart generiert werden, dass die im zeitlichen Mittel in den Kondensatoren ( $C_{SM}$ ) der Stromrichterzellen (4) gespeicherten Energien ( $\bar{w}_{Ci,j}$ ) vom Arbeitspunkt (AP) der Last (14) und/oder der Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters (2) vorgegeben werden.

2. Verfahren 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 in Abhängigkeit eines Arbeitspunktes (AP) ein zugehöriger Wert der gespeicherten Energie ( $\bar{w}_{Ci,j}$ ) vorgesehen wird.

3. Verfahren 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 in Abhängigkeit einer Betriebsart des modularen Multilevelstromrichters (2) ein zugehöriger Wert der gespeicherten Energie ( $\bar{w}_{Ci,j}$ ) vorgesehen wird.

4. Verfahren nach Anspruch 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 ein Wert der gespeicherten Energie ( $\bar{w}_{Ci,j}$ ) offline berechnet wird.

5. Verfahren nach Anspruch 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 ein Wert der gespeicherten Energie ( $\bar{w}_{Ci,j}$ ) online berechnet wird.

6. Verfahren nach Anspruch 4, d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, dass die offline berechneten Wert der ge-

speicherten Energie ( $\bar{w}_{c1,j}$ ) in einer Tabelle gespeichert werden.

5 7. Verfahren 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 ein Sollwert der gespeicherten Ener-  
gie ( $\bar{w}_{c1,j}$ ) für alle Zellen des mehrphasigen, modularen Mul-  
tilevelstromrichters (2) vorgegeben wird.

10 8. Verfahren 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 ein Sollwert der gespeicherten Ener-  
gie ( $\bar{w}_{c1,j}$ ) für alle Zellen jeweils eines Ventilzweiges des  
mehrphasigen, modularen Multilevelstromrichter (2) vorgegeben  
wird.

15 9. Verfahren 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 ein Arbeitspunkt (AP) der Last (14)  
aus Messwerten der Last (14) bestimmt wird.

20 10. Verfahren nach Anspruch 9, d a d u r c h g e k e n n -  
z e i c h n e t, dass als Messwerte der Last (14) Lastströ-  
me ( $i_{L1}$ ,  $i_{L2}$ ,  $i_{L3}$ ) und Stromrichter-Ausgangsspannungen ( $u_{L1}$ ,  
 $u_{L2}$ ,  $u_{L3}$ ) vorgesehen sind.

FIG 1

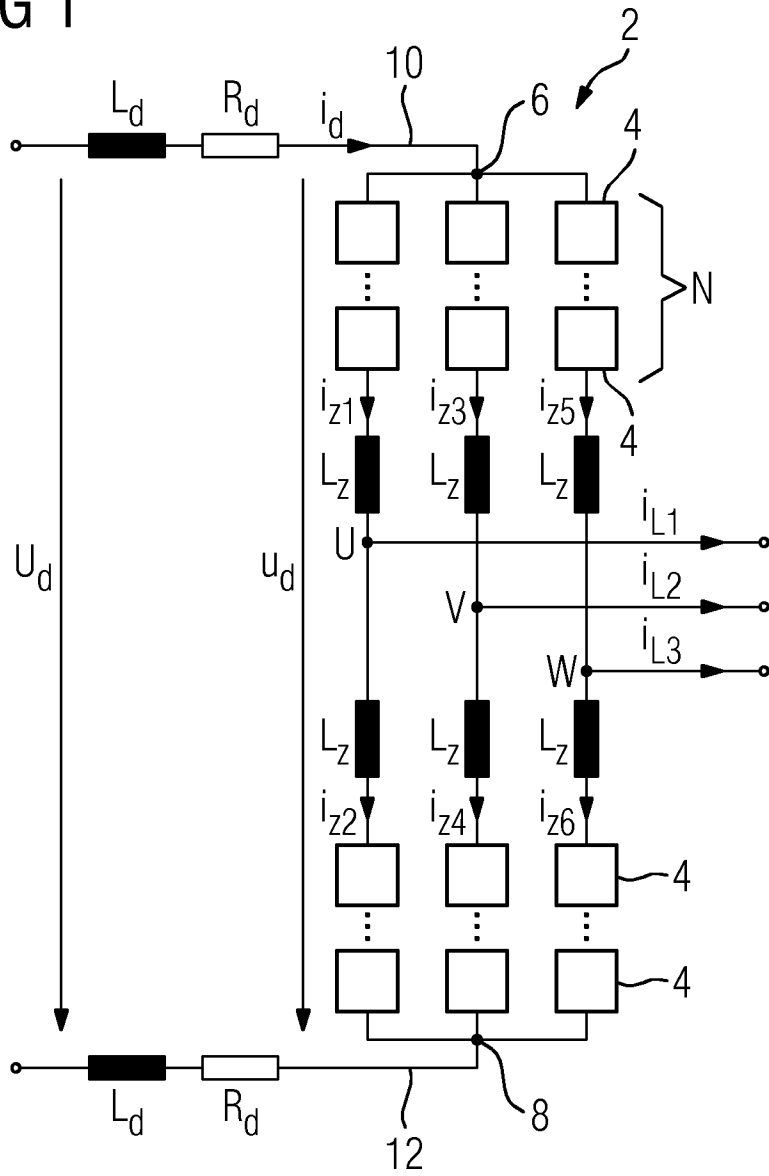


FIG 2

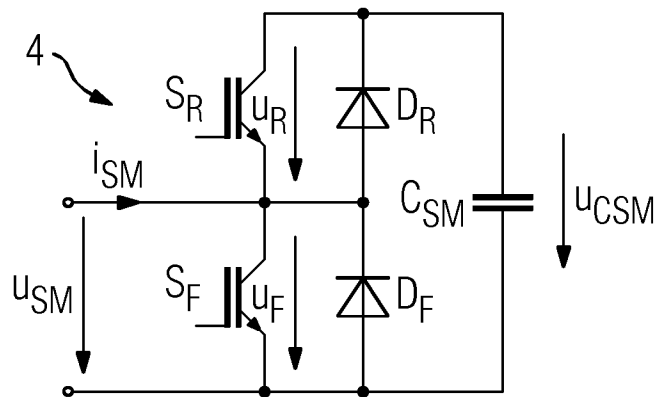


FIG 3

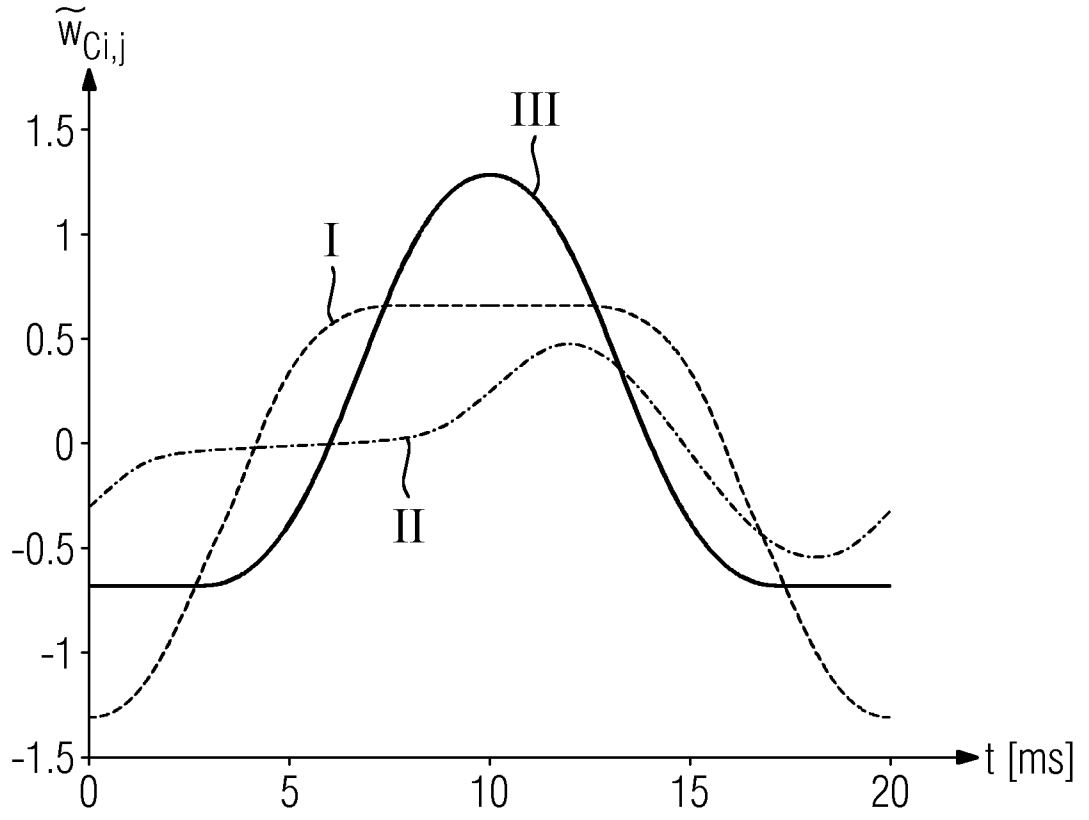


FIG 4

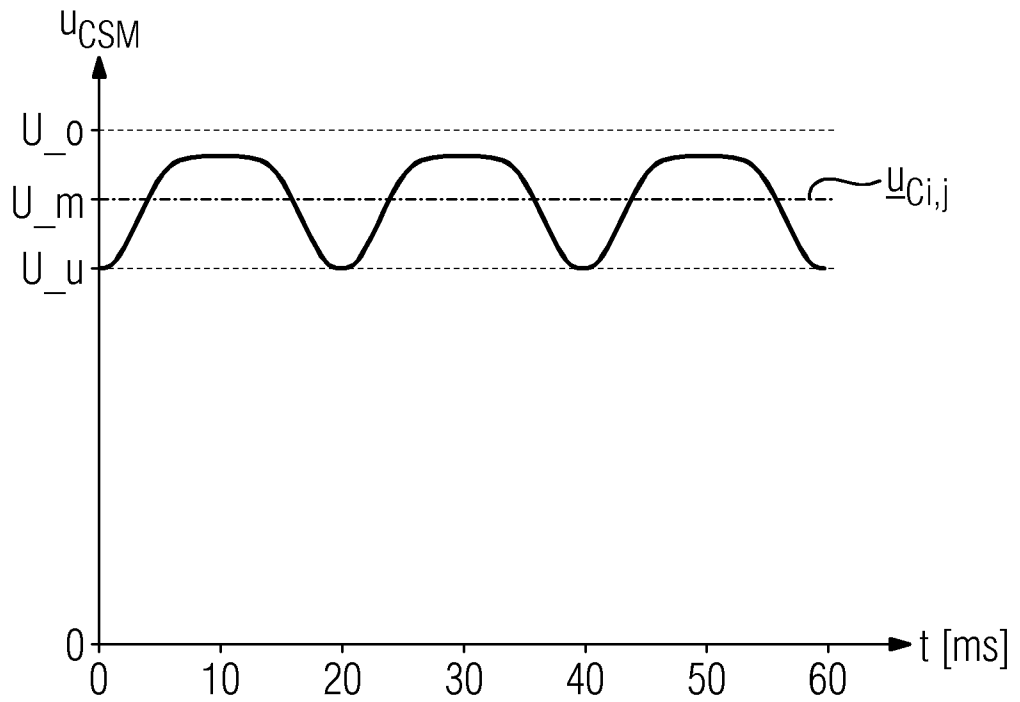


FIG 5

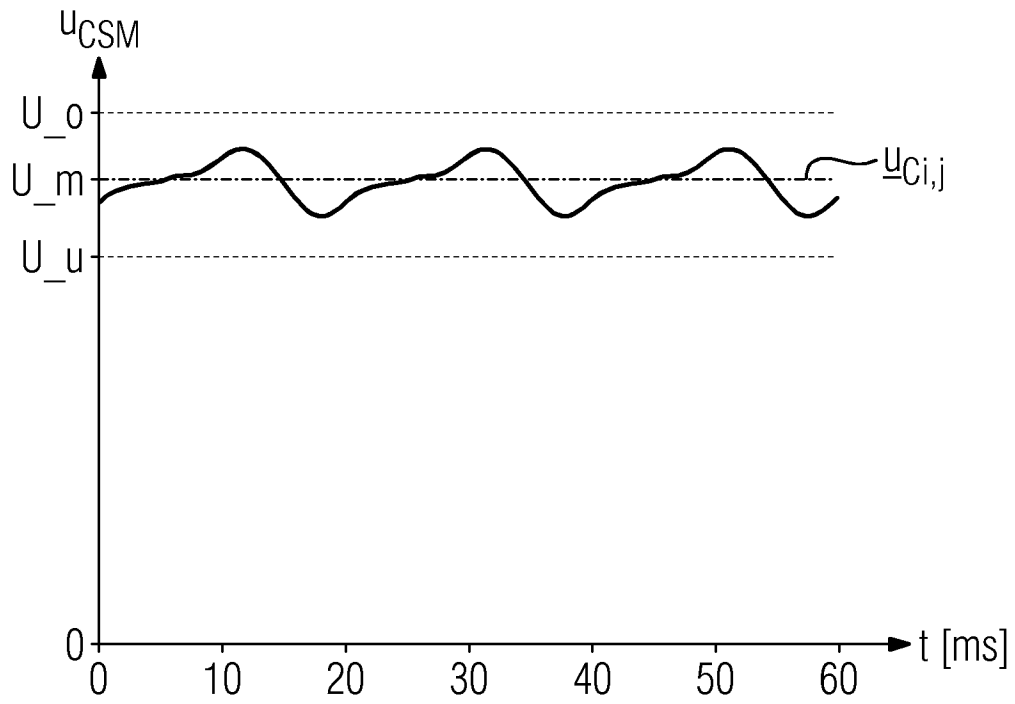


FIG 6

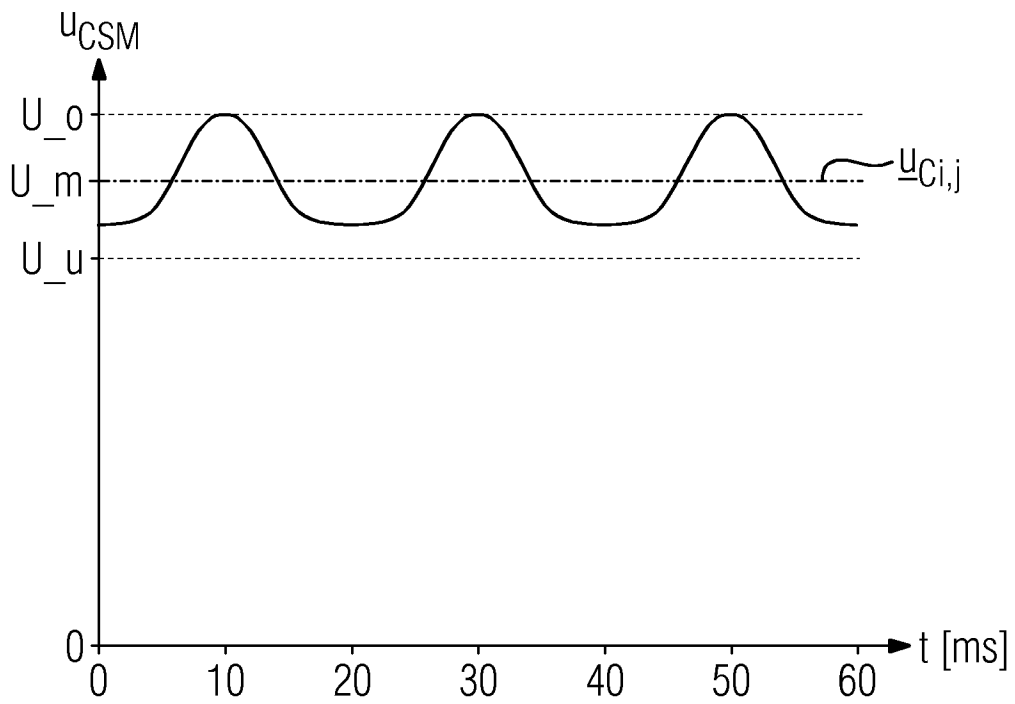


FIG 7

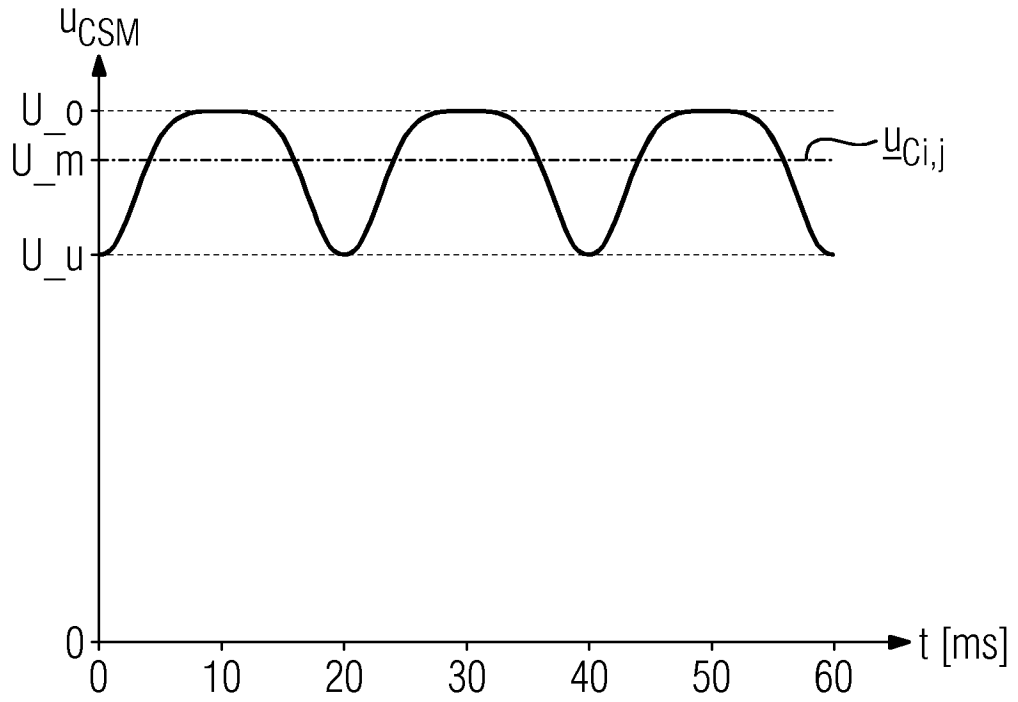


FIG 8

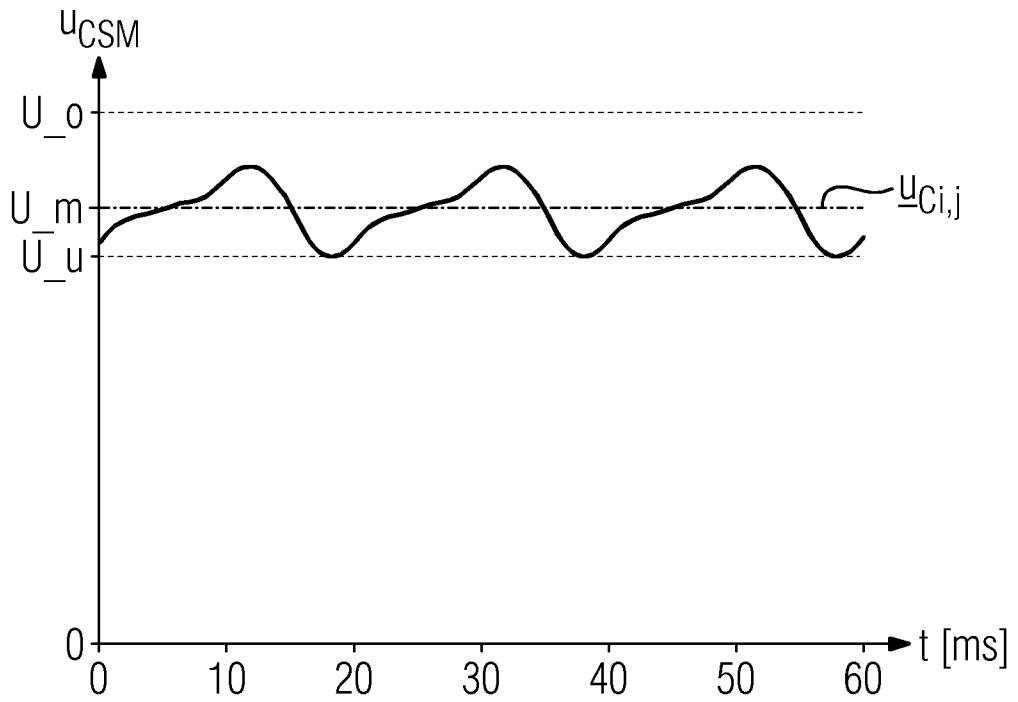


FIG 9

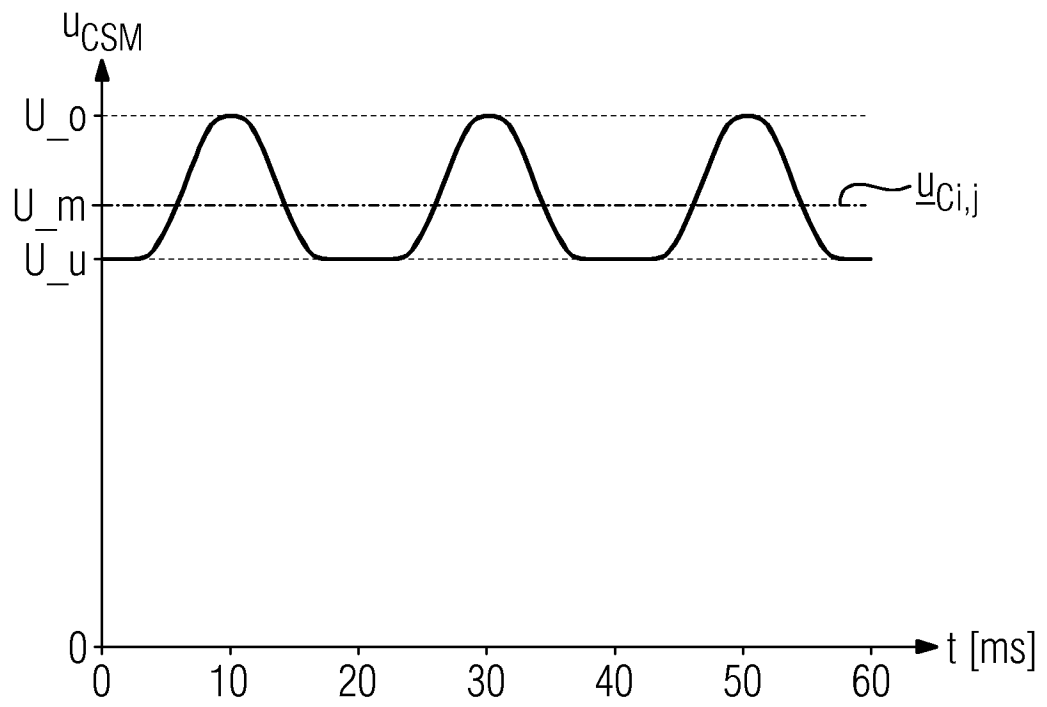


FIG 10

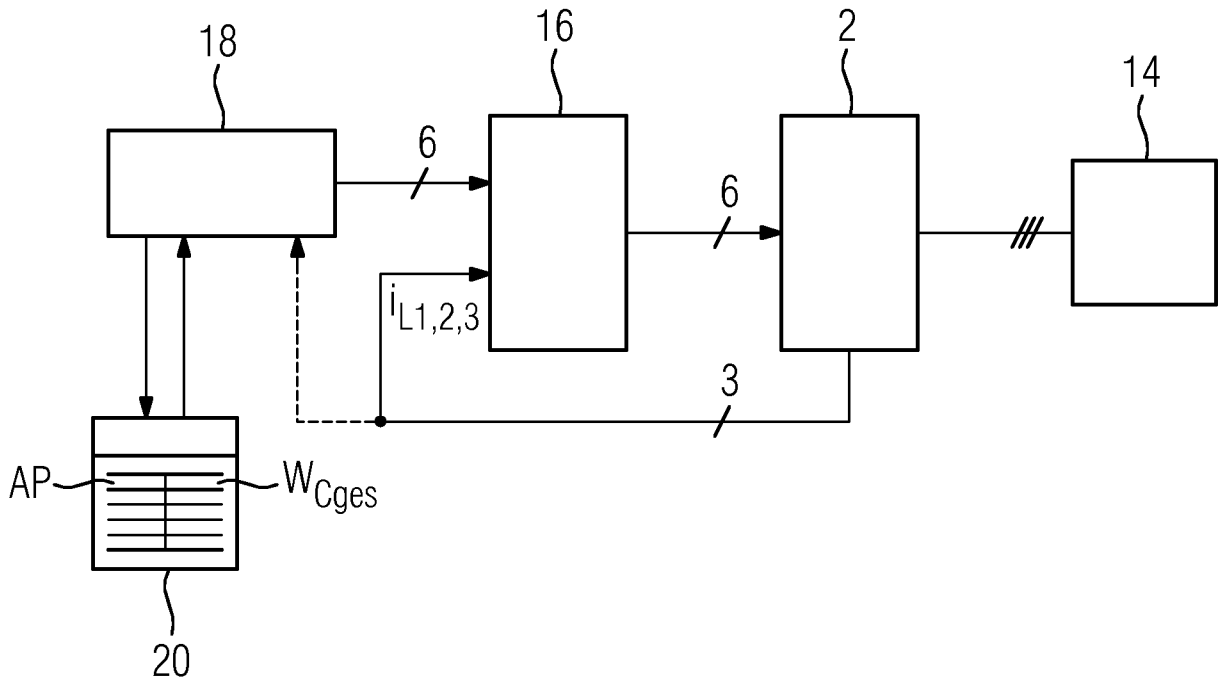
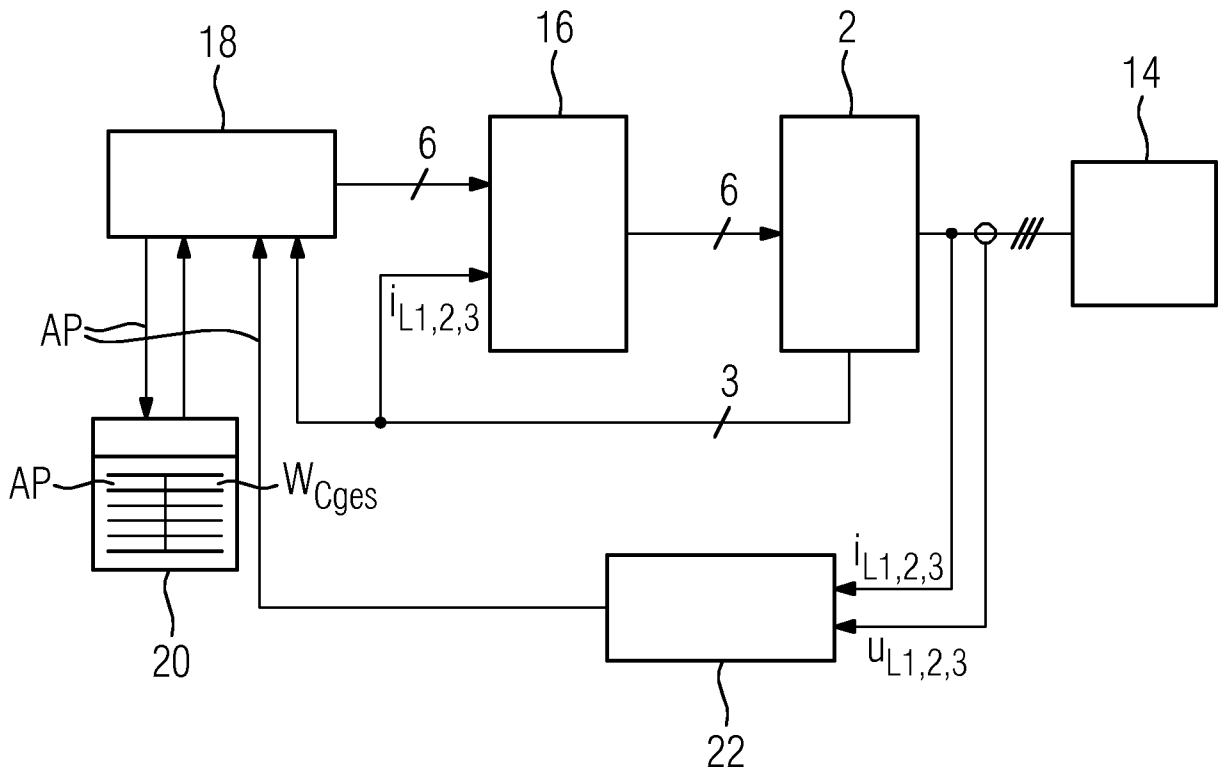


FIG 11



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/051081

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H02M7/483  
ADD.  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED  
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
H02M

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

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	ANTONIOS ANTONOPOULOS ET AL: "On dynamics and voltage control of the Modular Multilevel Converter", 13TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, 2009 : EPE '09 ; 8 - 10 SEPT. 2009, BARCELONA, SPAIN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 8 September 2009 (2009-09-08), pages 1-10, XP031541295, ISBN: 978-1-4244-4432-8	1-3,7
Y	the whole document	4-6,8-10
Y	CA 2 776 859 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 21 April 2011 (2011-04-21) the whole document	8-10
	----- -/--	

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  25 April 2013	Date of mailing of the international search report  06/05/2013
--	--

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

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2013/051081

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2011/127983 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]; HARNEFORS LENNART [SE]; NORRGA STEFAN [SE]; SHU) 20 October 2011 (2011-10-20) the whole document -----	4-6

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2013/051081
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
CA 2776859	A1	21-04-2011	
		CA 2776859 A1	21-04-2011
		CN 102577077 A	11-07-2012
		EP 2409394 A2	25-01-2012
		JP 2013507900 A	04-03-2013
		KR 20120088706 A	08-08-2012
		WO 2011045230 A2	21-04-2011
-----			
WO 2011127983	A1	20-10-2011	
		CN 102823122 A	12-12-2012
		EP 2559143 A1	20-02-2013
		US 2013027995 A1	31-01-2013
		WO 2011127983 A1	20-10-2011
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02M7/483 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTER 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	ANTONIOS ANTONOPOULOS ET AL: "On dynamics and voltage control of the Modular Multilevel Converter", 13TH EUROPEAN CONFERENCE ON POWER ELECTRONICS AND APPLICATIONS, 2009 : EPE '09 ; 8 - 10 SEPT. 2009, BARCELONA, SPAIN, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 8. September 2009 (2009-09-08), Seiten 1-10, XP031541295, ISBN: 978-1-4244-4432-8	1-3,7
Y	das ganze Dokument	4-6,8-10
Y	CA 2 776 859 A1 (ABB SCHWEIZ AG [CH]) 21. April 2011 (2011-04-21) das ganze Dokument	8-10
	----- -/-	
<input checked="" type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
25. April 2013		06/05/2013
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Mapp, Graham

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	WO 2011/127983 A1 (ABB RESEARCH LTD [CH]; HARNEFORS LENNART [SE]; NORRGA STEFAN [SE]; SHU) 20. Oktober 2011 (2011-10-20) das ganze Dokument -----	4-6

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/051081

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
CA 2776859	A1	21-04-2011	CA 2776859 A1 21-04-2011
			CN 102577077 A 11-07-2012
			EP 2409394 A2 25-01-2012
			JP 2013507900 A 04-03-2013
			KR 20120088706 A 08-08-2012
			WO 2011045230 A2 21-04-2011
-----			
WO 2011127983	A1	20-10-2011	CN 102823122 A 12-12-2012
			EP 2559143 A1 20-02-2013
			US 2013027995 A1 31-01-2013
			WO 2011127983 A1 20-10-2011
-----			