

(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  
04. April 2019 (04.04.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2019/063304 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
H02M 3/335 (2006.01) H02M 7/48 (2007.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/074715

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. September 2018 (13.09.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
17193979.6 29. September 2017 (29.09.2017) EP

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

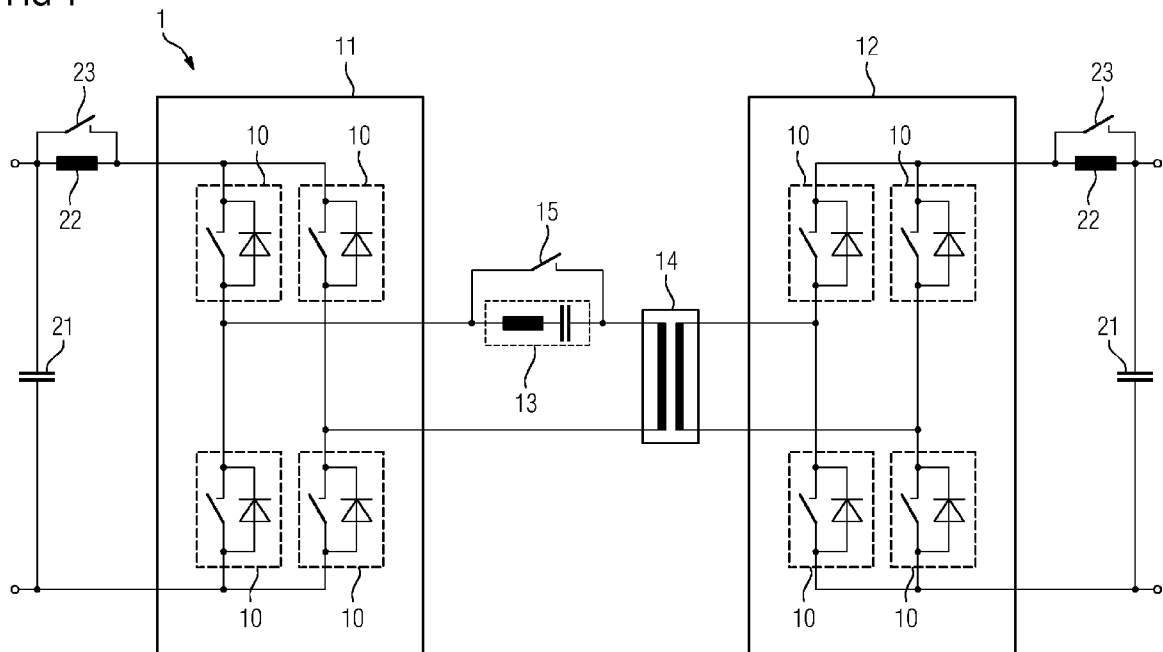
(72) Erfinder: HERGT, Martin; Bierweg 90, 90411 Nürnberg  
(DE). LUTZE, Marcel; Brosamerstraße 4, 90459 Nürnberg  
(DE). NIELEBOCK, Sebastian; Waldstraße 19, 91301  
Forchheim (DE). PFEIFER, Markus; An der Radrunde  
11, 90455 Nürnberg (DE). ZOCHER, Markus; Dr.-Au-  
gust-Koch-Str. 7, 91639 Wolframs-Eschenbach (DE).

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

(54) Title: RESONANT DC CHOPPER HAVING INTEGRATED BUCK AND BOOST CONVERTER

(54) Bezeichnung: RESONANTER GLEICHSTROMSTELLER MIT INTEGRIERTEM TIEF- UND HOCHSETZSTELLER

FIG 1



(57) Abstract: The invention relates to a resonant DC chopper (1) having a first power converter (11) and a second power converter (12), wherein: the power converters (11, 12) have a DC voltage side and an AC voltage side; the AC voltage sides of the first and second power converters (11, 12) can be connected to each other via a resonant circuit (13) and a transformer (14); the resonant circuit (13) can be bridged by means of a switch (15); the power converters (11, 12) are each electrically connected on the DC voltage side to a series circuit consisting of a capacitor (21) and an inductor (22); and the inductors (22) can be bridged with a further switch (23) each. The invention also relates to a method for operating such a resonant DC chopper (1), wherein the further switches (23) for bridging the inductors (22) are opened to transmit electrical energy between the DC voltage sides of the power converters (11, 12).

WO 2019/063304 A1

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,  
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

**(57) Zusammenfassung:** Die Erfindung betrifft einen resonanten Gleichstromsteller (1) mit einem ersten Stromrichter (11) und einem zweiten Stromrichter (12), wobei die Stromrichter (11, 12) eine Gleichspannungsseite und eine Wechselspannungsseite aufweisen, wobei die Wechselspannungsseiten des ersten und des zweiten Stromrichters (11, 12) über einen Resonanzkreis (13) und einen Transformator (14) miteinander verbunden sind, wobei der Resonanzkreis (13) mittels eines Schalters (15) überbrückbar ist, wobei die Stromrichter (11, 12) an der Gleichspannungsseite jeweils mit einer Reihenschaltung aus einem Kondensator (21) und einer Induktivität (22) elektrisch verbunden sind, wobei die Induktivität (22) jeweils mit einem weiteren Schalter (23) überbrückbar ist. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers (1), wobei zum Übertragen von elektrischer Energie zwischen den Gleichspannungsseiten der Stromrichter (11, 12) die weiteren Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) geöffnet sind.

## Beschreibung

Resonanter Gleichstromsteller mit integriertem Tief- und Hochsetzsteller

5

Die Erfindung betrifft einen resonanter Gleichstromsteller mit einem ersten Stromrichter und einem zweiten Stromrichter, wobei die Stromrichter eine Gleichspannungsseite und eine Wechselspannungsseite aufweisen, wobei die Wechselspannungs-

10 seiten des ersten und des zweiten Stromrichters über einen Resonanzkreis und einen Transformator miteinander verbunden sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers.

15 Gleichstromsteller werden verwendet, um die Spannungshöhe einer Gleichspannung zu verändern. Darüber hinaus können mit einem Gleichstromsteller unterschiedliche Gleichspannungsnetze, auch als DC Netze bezeichnet, derart miteinander verbunden werden, dass über den Gleichstromsteller ein gesteuerter

20 oder geregelter Energieaustausch zwischen diesen Netzen möglich ist. Der Gleichstromsteller wird auch als Gleichstromwandler oder DC/DC Steller bzw. DC/DC Wandler bezeichnet. Mit Hilfe von Halbleitern wird die Spannung an der Eingangsseite des Gleichstromstellers in eine vorgebbare Spannung an der

25 Ausgangsseite des Gleichstromstellers umgewandelt. Um die Schaltverluste in den Halbleitern des Gleichstromstellers zu reduzieren werden bei resonanten Gleichstromstellern Wechselströme erzeugt, bei denen Schalthandlungen in oder nahe den Nulldurchgängen der Ströme vorgenommen werden. Oftmals sind

30 Ein- und Ausgang von Gleichstromstellern galvanisch voneinander getrennt.

Ein resonanter Gleichstromsteller ist kompakter und kostengünstiger als die konventionelle Technik, bei der auf die

35 Ausnutzung des Resonanzeffekts verzichtet wird. Bedingt durch die neue Technologie wird zudem die Komplexität, und damit wiederum der Platzbedarf des Stellers, weiter reduziert. Ein

Transformator, der sich im Brückenweig befindet, trennt galvanisch die mit dem Gleichstromsteller verbundenen DC-Netze.

Der Leistungstransfer zwischen zwei DC-Netzen wird nach dem  
5 Stand der Technik beispielsweise mit einer dual active bridge  
vorgenommen. Der Transformator befindet sich im Brückenwei-  
gen zwischen dem ersten und dem zweiten Stromrichter und  
trennt galvanisch die mit den unterschiedlichen Stromrichtern  
verbundenen DC-Netze. Der erste und zweite Stromrichter sind  
10 dabei jeweils als Vollbrücke ausgebildet. Der Transformator  
wird nachgebildet über eine Streuinduktivität  $L_\sigma$  und einen  
idealen Transformator mit dem Windungsverhältnis 1:n. In den  
beiden Vollbrücken befinden sich Halbleiterschalter mit denen  
eine Wechselspannung im Brückenweig erzeugt werden kann.

15

Die übertragene Leistung verhält sich entsprechend des rela-  
tiven Phasenwinkels beider Vollbrücken zueinander gemäß der  
Gleichung

$$P(\Phi) = \frac{U_1^2}{fL_\sigma} q\Phi(1 - 2|\Phi|)$$

20

mit

$$q = \frac{U_1}{nU_2} \text{ und}$$

25

$$f = \frac{1}{T}.$$

Dabei ist  $U_1$  die Eingangsspannung,  $U_2$  die Ausgangsspannung  
und  $f$  die Schaltfrequenz in Hertz des Gleichstromstellers.  
Der Winkel  $\Phi$  ist der Phaseshift der Halbleiterschalter, der  
30 relativ zwischen beiden Vollbrücken eingestellt werden kann.  
Der Phaseshift-Winkel ( $l$ ) ist im Betrieb der wesentliche  
Freiheitsgrad, mit welchem der Leistungstransfer variiert  
werden kann. Der Ausdruck  $q$  ist ein Wert, mit der sich der  
Modus des Gleichstromstellers vorgeben lässt. Mit Werten von  
35  $q < 1$  befindet er sich im Buck-Betrieb und mit  $q > 1$  im Boost-  
Betrieb. Eine sorgfältige Wahl von  $q$  ist für den Arbeitsbe-

reich der Schaltbedingungen für die Halbleiterschalter zu betrachten. Die Streuinduktivität  $L_{\sigma}$  des Transformators ist auf die Primärseite bezogen.

- 5 Hoch- und Tiefsetzsteller sind aus dem Stand der Technik bekannt und werden zum Hoch- und Tiefsetzen von Gleichspannungen genutzt. Dies kann entsprechend mit einem Transformator bei variabler Wicklungszahl verglichen werden.
- 10 Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Gleichstromsteller zu verbessern.

Diese Aufgabe wird durch einen resonanter Gleichstromsteller mit einem ersten Stromrichter und einem zweiten Stromrichter  
15 gelöst, wobei die Stromrichter eine Gleichspannungsseite und eine Wechselspannungsseite aufweisen, wobei die Wechselspannungsseiten des ersten und des zweiten Stromrichters über einen Resonanzkreis und einen Transformator miteinander verbunden sind, wobei der Resonanzkreis mittels eines Schalters  
20 überbrückbar ist, wobei die Stromrichter an der Gleichspannungsseite jeweils mit einer Reihenschaltung aus einem Kondensator und einer Induktivität elektrisch verbunden sind, wobei die Induktivität jeweils mit einem weiteren Schalter überbrückbar ist. Ferner wird diese Aufgabe durch ein Verfahren  
25 zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers gelöst, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie zwischen den Gleichspannungsseiten der Stromrichter die weiteren Schalter zur Überbrückung der Induktivität geöffnet sind. Weiter wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben  
30 eines derartigen resonanten Gleichstromstellers gelöst, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des ersten Stromrichters zur Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters der Schalter zur Überbrückung des Resonanzkreises geöffnet ist, die weiteren Schalter zur  
35 Überbrückung der Induktivität geschlossen sind und Halbleiter des ersten Stromrichters takten. Des Weiteren wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers gelöst, wobei zum Übertragen von

elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des ersten Stromrichters zur Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters der Schalter zur Überbrückung des Resonanzkreises geschlossen ist, der weitere Schalter zur Überbrückung der Induktivität am ersten Stromrichter geschlossen ist, der weitere Schalter zur Überbrückung der Induktivität am zweiten Stromrichter geöffnet ist und Halbleiter des ersten Stromrichters takten. Ferner wird die Aufgabe durch ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers gelöst, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters zur Gleichspannungsseite des ersten Stromrichters der Schalter zur Überbrückung des Resonanzkreises geschlossen ist, der weitere Schalter zur Überbrückung der Induktivität am ersten Stromrichter geöffnet ist, der weitere Schalter zur Überbrückung der Induktivität am zweiten Stromrichter geschlossen ist und Halbleiter des zweiten Stromrichters takten.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Der Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass sich die Energieübertragung zwischen zwei Gleichspannungsnetzen dadurch verbessern lässt, dass der Resonante Gleichstromsteller um die Funktion eines Hoch-/Tiefsetzstellers erweitert wird. Dazu wird jeweils an der Gleichspannungsseite des ersten und des zweiten Stromrichters eine Induktivität angeordnet, die mit einem weiteren Schalter überbrückbar ist. Damit kann der Leistungstransfer zwischen beiden DC-Netzen ermöglicht werden. Darüber hinaus können die Spannungen der einzelnen DC Netze nach oben oder unten gesetzt werden. Die Topologie ist so ausgeführt, dass beide Netze mittels eines Transformators galvanisch voneinander getrennt sind. Für einen reinen Tief-/Hochsetzstellerbetrieb werden die weiteren Schalter zur Überbrückung der Induktivität an der Gleichspannungsseite der jeweiligen Stromrichter geöffnet. Mit Hilfe der Halbleiterschalter der Stromrichter kann nun das Hochset-

zen bzw. Tiefsetzen der Spannungen für die entsprechenden Gleichspannungsnetze erfolgen.

Ein besonderer Vorteil des Aufbaus liegt darin, dass durch  
5 die geeignete Wahl der Induktivität eine definierte Wellig-  
keit bei einer vorgegebenen Frequenz, insbesondere der Reso-  
nanzfrequenz, realisiert werden kann.

So kann der Dynamikbereich des Gleichstromstellers über einen  
10 großen Ein- und Ausgangsspannungsbereich erhöhen werden. Dies  
geschieht mit einer Kombination aus einem resonanten Gleich-  
stromsteller und dem Tiefsetzsteller und dem Hochsetzsteller,  
die durch das Hinzufügen von zwei Induktivitäten und drei  
Schaltern realisiert wird. Durch diese Maßnahme können die  
15 Vorteile der einzelnen Schaltungskonfigurationen gezielt ge-  
nutzt werden, um den Wirkungsgrad über den Arbeitsbereich zu  
erhöhen.

Im Vergleich zu einem konventionellen Invers-Wandler, der  
20 über den gesamten Arbeitsbereich Ein- und Ausschaltverlust  
hat, hat ein resonanter Wandler den Vorteil, in direkter Nähe  
zur Resonanzfrequenz sehr geringe Ein- oder Abschaltverluste  
gegenüber konventionellen hartschaltenden Topologien aufzu-  
weisen. Bei Arbeitspunkten, die sich weit entfernt von der  
25 Resonanzfrequenz befinden, werden beim resonanten Wandler ho-  
he Blindleistungen in den Reaktanzen gespeichert, die im re-  
sonanten Netzwerk und der Vollbrücke zu Verlusten führen, und  
somit den Wirkungsgrad verschlechtern. In diesem Bereich ist  
es dann sinnvoll, den Hoch- oder Tiefsetzsteller anzuwenden.  
30 Somit können über den Arbeitsbereich gezielt unterschiedliche  
Funktionalitäten des Gleichstromstellers genutzt werden, um  
den Wirkungsgrad zu verbessern.

Der besondere Vorteil dieses neuen Aufbaus eines Gleichstrom-  
35 stellers beruht auf einer neuartigen Topologie eines DC-DC-  
Wandlers, der zum einen die Leistung zwischen beiden Gleich-  
spannungsnetzen transferieren kann und gleichzeitig die Span-  
nungen im jeweiligen Gleichspannungsnetz nach oben oder auch

nach unten anpassen kann. Dies hat die Vorteile, dass der Transformator besonders kompakt aufgebaut werden kann. Darüber hinaus können unterschiedliche Funktionalitäten durch ein Minimum an Bauteilen realisiert werden.

5

Die Stromrichter können sowohl als Wechselrichter wie auch als Gleichrichter arbeiten. Daher ist mit dieser Anordnung der Gleichstromsteller für den bidirektionalen Betrieb geeignet. Das bedeutet, dass eine Energieübertragung in beide

10 Richtungen des Gleichstromstellers erfolgen kann.

Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung sind der erste und der zweite Stromrichter jeweils als dreiphasiger Stromrichter ausgebildet, wobei der Transformator als drei-

15 phasiger Transformator ausgebildet ist, wobei in der Verbindung zwischen erstem Stromrichter und Transformator jede Phase einen Resonanzkreis aufweist, der mittels eines Schalters überbrückbar ist. Durch die Ausnutzung von drei Phasen kann die Gesamtleistung zur Übertragung zwischen beiden DC-Netzen

20 um ungefähr 70% erhöht werden.

Im Folgenden wird die Erfindung anhand der in den Figuren dargestellten Ausführungsbeispiele näher beschrieben und erläutert. Es zeigen:

25

FIG 1 und 2 Ausführungsbeispiele für einen Gleichstromsteller mit integriertem Hoch- und Tiefsetzsteller

Die FIG 1 zeigt einen resonanten Gleichstromsteller 1 mit einem ersten Stromrichter 11 und einem zweiten Stromrichter 12. Diese beiden Stromrichter sind wechsellspannungsseitig über einen Resonanzkreis 13 und einen Transformator 14 miteinander verbunden. Die Stromrichter 11, 12 weisen Halbleiter 10 auf, um je nach Betriebsart als Gleichrichter oder Wechselrichter

30 eine Gleich- bzw. Wechselspannung erzeugen zu können. Der Resonanzkreis 13 kann mittels eines Schalters 15 überbrückt werden. Auf der Gleichspannungsseite des ersten und des zweiten Stromrichters 11, 12 befindet sich jeweils eine Reihen-

schaltung aus Kondensator 21 und Induktivität 22. Die Induktivität 22 kann mittels eines weiteren Schalters 23 überbrückt werden. Mit Hilfe der Induktivitäten 22 ist es möglich, den ersten Stromrichter 11 oder den zweiten Stromrichter 12 sowie beide Stromrichter 11, 12 als Hoch- oder Tiefsetzsteller zu verwenden. Damit kann der Betriebsbereich des resonanten Gleichstromstellers 1 deutlich erweitert werden. Parallel zum Kondensator 21 können jeweils Gleichspannungsnetze angeschlossen werden. Zwischen diesen Gleichspannungsnetzen ist mit Hilfe des resonanten Gleichstromstellers 1 ein gesteuerter oder geregelter Energieaustausch möglich.

Die FIG 2 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines resonanten Gleichstromstellers 1. Zur Vermeidung von Wiederholungen wird auf die Beschreibung zur FIG 1 sowie auf die dort eingeführten Bezugszeichen verwiesen. Im Gegensatz zum vorhergehenden Ausführungsbeispiel ist das Ausführungsbeispiel der FIG 2 mit einem dreiphasigen Transformator zur Energieübertragung ausgestattet. Damit sind auch die Wechselspannungsseiten des ersten Stromrichters 11 und des zweiten Stromrichters 12 dreiphasig ausgebildet. In jeder der drei Phasen befindet sich ein Resonanzkreis 13, der auch hier mittels eines Schalters 15 überbrückbar ist. Mit Hilfe dieser Anordnung lässt sich die übertragbare Leistung um ca. 70% gegenüber dem vorhergehenden Ausführungsbeispiel erhöhen.

Zusammenfassend betrifft die Erfindung einen resonanten Gleichstromsteller mit einem ersten Stromrichter und einem zweiten Stromrichter, wobei die Stromrichter eine Gleichspannungsseite und eine Wechselspannungsseite aufweisen, wobei die Wechselspannungsseiten des ersten und des zweiten Stromrichters über einen Resonanzkreis und einen Transformator miteinander verbunden sind, wobei der Resonanzkreis mittels eines Schalters überbrückbar ist, wobei die Stromrichter an der Gleichspannungsseite jeweils mit einer Reihenschaltung aus einem Kondensator und einer Induktivität elektrisch verbunden sind, wobei die Induktivität jeweils mit einem weiteren Schalter überbrückbar ist. Ferner betrifft die Erfindung

ein Verfahren zum Betreiben eines derartigen resonanten Gleichstromstellers, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie zwischen den Gleichspannungsseiten der Stromrichter die weiteren Schalter zur Überbrückung der Induktivität geöffnet sind.

## Patentansprüche

1. Resonanter Gleichstromsteller (1) mit einem ersten Stromrichter (11) und einem zweiten Stromrichter (12), wobei die  
5 Stromrichter (11,12) eine Gleichspannungsseite und eine Wechselspannungsseite aufweisen, wobei die Wechselspannungsseiten des ersten und des zweiten Stromrichters (11,12) über einen Resonanzkreis (13) und einen Transformator (14) miteinander  
10 verbunden sind, wobei der Resonanzkreis (13) mittels eines Schalters (15) überbrückbar ist, wobei die Stromrichter (11,12) an der Gleichspannungsseite jeweils mit einer Reihenschaltung aus einem Kondensator (21) und einer Induktivität (22) elektrisch verbunden sind, wobei die Induktivität (22) jeweils mit einem weiteren Schalter (23) überbrückbar ist.  
15
2. Resonanter Gleichstromsteller (1) nach Anspruch 1, wobei die Induktivität (22) jeweils mit einem weiteren Schalter (23) derart überbrückbar ist, dass der resonante Gleichstromsteller als Hoch-/Tiefsetzsteller betreibbar ist.  
20
3. Resonanter Gleichstromsteller (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei der erste und der zweite Stromrichter (11,12) jeweils als dreiphasiger Stromrichter ausgebildet sind, wobei der Transformator (14) als dreiphasiger Transformator ausgebildet ist, wobei in der Verbindung zwischen erstem Stromrichter und Transformator jede Phase den Resonanzkreis (13) aufweist, der mittels des Schalters (15) überbrückbar ist.  
25
4. Verfahren zum Betreiben eines resonanten Gleichstromstellers (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie zwischen den Gleichspannungsseiten der Stromrichter (11,12) die weiteren Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) geöffnet sind.  
30
5. Verfahren zum Betreiben eines resonanten Gleichstromstellers (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des  
35

ersten Stromrichters (11) zur Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters (12)

- der Schalter (15) zur Überbrückung des Resonanzkreises (13) geöffnet ist,

5 - die weiteren Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) geschlossen sind und

- Halbleiter des ersten Stromrichters (11) takten.

6. Verfahren zum Betreiben eines resonanten Gleichstromstellers (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des ersten Stromrichters (11) zur Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters (12)

10 - der Schalter (15) zur Überbrückung des Resonanzkreises (13) geschlossen ist,

- der weitere Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) am ersten Stromrichter (11) geschlossen ist,

- der weitere Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) am zweiten Stromrichter (12) geöffnet ist und

20 - Halbleiter des ersten Stromrichters (11) takten.

7. Verfahren zum Betreiben eines resonanten Gleichstromstellers (1) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei zum Übertragen von elektrischer Energie von der Gleichspannungsseite des zweiten Stromrichters (12) zur Gleichspannungsseite des ersten Stromrichters (11)

25 - der Schalter (15) zur Überbrückung des Resonanzkreises (13) geschlossen ist,

30 - der weitere Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) am ersten Stromrichter (11) geöffnet ist,

- der weitere Schalter (23) zur Überbrückung der Induktivität (22) am zweiten Stromrichter (12) geschlossen ist und

- Halbleiter des zweiten Stromrichters (12) takten.

35 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, wobei die Halbleiter des ersten Stromrichters (11) derart takten, dass der resonanten Gleichstromsteller (1) oder Teile des resonan-

ten Gleichstromstellers (1) als Hoch-/Tiefsetzsteller betrieben wird.

FIG 1

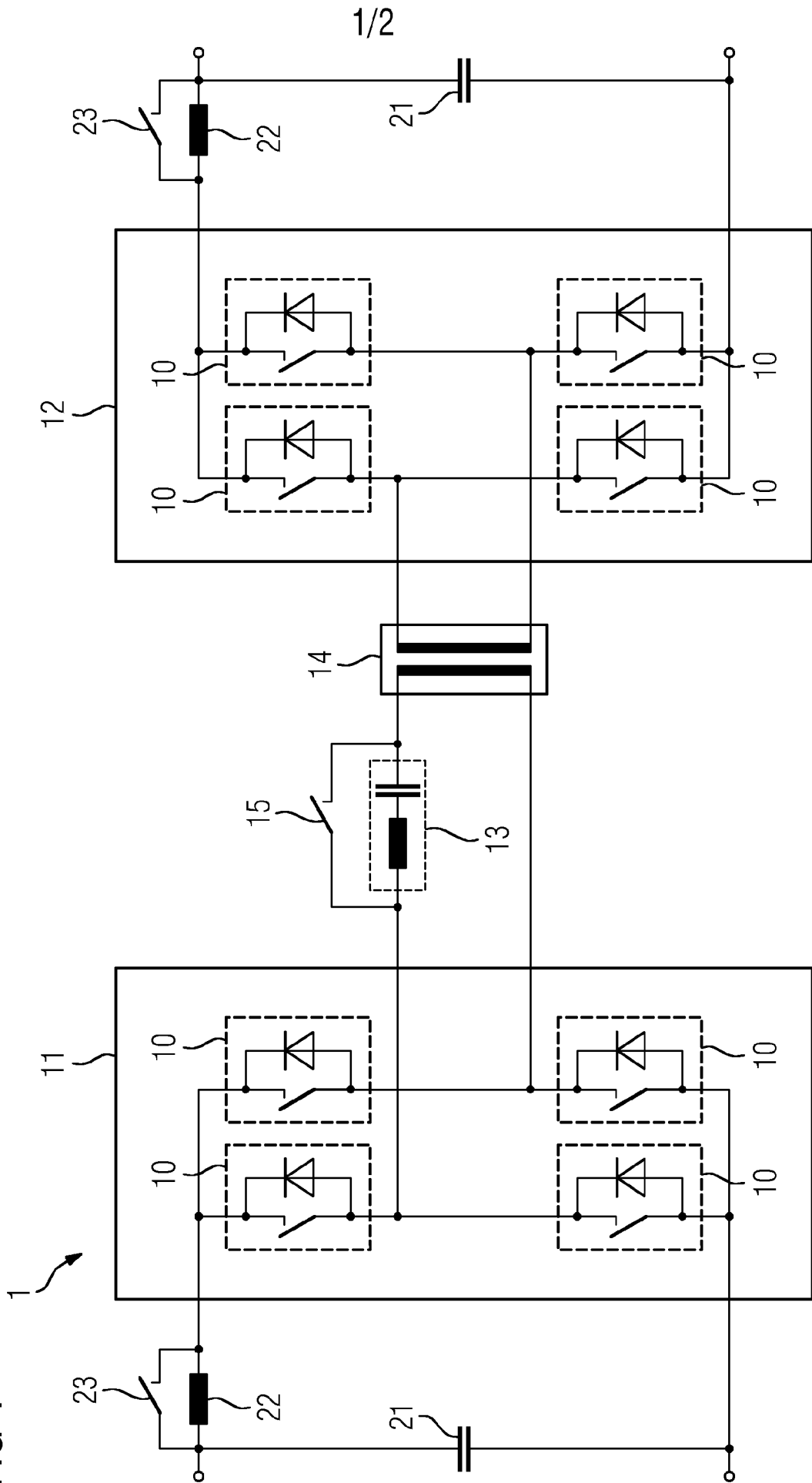
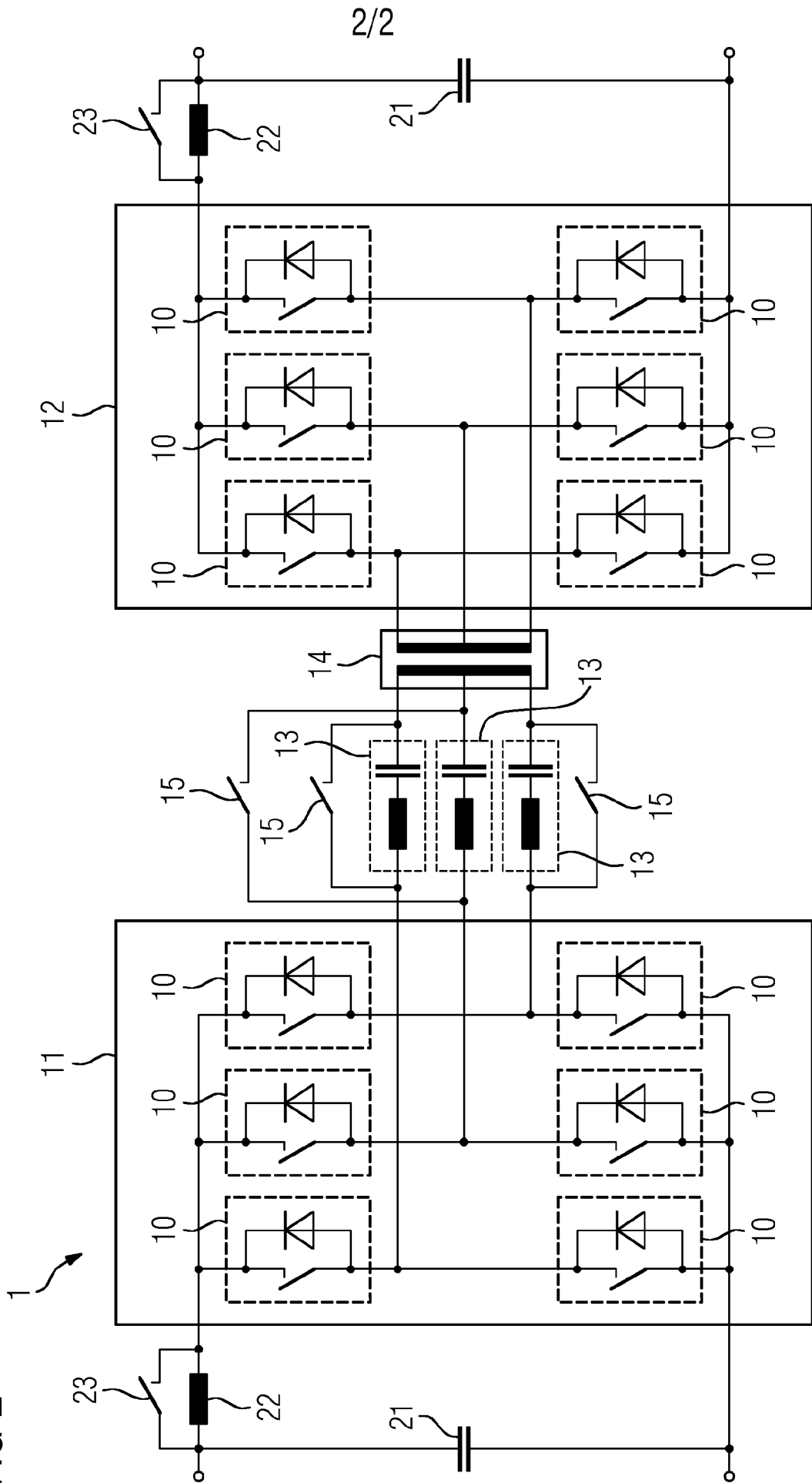


FIG 2



2/2

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2018/074715**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> <i>H02M 3/335</i> (2006.01)i; <i>H02M 7/48</i> (2007.01)n  According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>  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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	EP 2863531 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 22 April 2015 (2015-04-22) figure 2	1-8
A	OUTEIRO MARIA TERESA ET AL. "Design, implementation and experimental validation of a DC-DC resonant converter for PEM fuel cell applications" <i>IECON 2013 - 39TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, IEEE</i> , 10 November 2013 (2013-11-10), pages 619-624, [retrieved on 2013-12-30] DOI: 10.1109/IECON.2013.6699206 ISSN: 1553-572X, XP032538611 paragraph III.A; figure 4	1-8
Y	US 2014103860 A1 (KOMINAMI SATOSHI [JP] ET AL) 17 April 2014 (2014-04-17) figure 1 paragraph [0075] - paragraph [0078] paragraph [0095] - paragraph [0096]	1-8
A	JP H08154311 A (NIPPON DENSO CO) 11 June 1996 (1996-06-11) figure 1	1-8
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search <b>26 October 2018</b>		Date of mailing of the international search report <b>07 November 2018</b>
Name and mailing address of the ISA/EP <b>European Patent Office p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk Netherlands</b> Telephone No. (+31-70)340-2040 Facsimile No. (+31-70)340-3016		Authorized officer  <b>Madouroglou, E</b>  Telephone No.

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/EP2018/074715**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	2863531	A1	22 April 2015	EP	2863531	A1	22 April 2015
				JP	5906418	B2	20 April 2016
				JP	2014003764	A	09 January 2014
				US	2015124490	A1	07 May 2015
				WO	2013186991	A1	19 December 2013
US	2014103860	A1	17 April 2014	CN	103597725	A	19 February 2014
				JP	5475936	B1	16 April 2014
				JP	WO2013179674	A1	18 January 2016
				US	2014103860	A1	17 April 2014
				WO	2013179674	A1	05 December 2013
JP	H08154311	A	11 June 1996	NONE			

<b>A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES</b> INV. H02M3/335 ADD. H02M7/48		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
<b>B. RECHERCHIERTE GEBIETE</b>		
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		
<b>C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN</b>		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	EP 2 863 531 A1 (PANASONIC IP MAN CO LTD [JP]) 22. April 2015 (2015-04-22) Abbildung 2	1-8
A	----- OUTEIRO MARIA TERESA ET AL: "Design, implementation and experimental validation of a DC-DC resonant converter for PEM fuel cell applications", IECON 2013 - 39TH ANNUAL CONFERENCE OF THE IEEE INDUSTRIAL ELECTRONICS SOCIETY, IEEE, 10. November 2013 (2013-11-10), Seiten 619-624, XP032538611, ISSN: 1553-572X, DOI: 10.1109/IECON.2013.6699206 [gefunden am 2013-12-30] Absatz III.A; Abbildung 4 ----- -/--	1-8
<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	
26. Oktober 2018	07/11/2018	
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  Madouroglou, E	

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2014/103860 A1 (KOMINAMI SATOSHI [JP] ET AL) 17. April 2014 (2014-04-17) Abbildung 1 Absatz [0075] - Absatz [0078] Absatz [0095] - Absatz [0096] -----	1-8
A	JP H08 154311 A (NIPPON DENSO CO) 11. Juni 1996 (1996-06-11) Abbildung 1 -----	1-8

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2018/074715

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 2863531	A1 22-04-2015	EP 2863531 A1	22-04-2015
		JP 5906418 B2	20-04-2016
		JP 2014003764 A	09-01-2014
		US 2015124490 A1	07-05-2015
		WO 2013186991 A1	19-12-2013
-----			
US 2014103860	A1 17-04-2014	CN 103597725 A	19-02-2014
		JP 5475936 B1	16-04-2014
		JP WO2013179674 A1	18-01-2016
		US 2014103860 A1	17-04-2014
		WO 2013179674 A1	05-12-2013
-----			
JP H08154311	A 11-06-1996	KEINE	
-----			