

(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
06. September 2019 (06.09.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/166345 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 1/42 (2007.01) *H01F 27/24* (2006.01)
H02M 7/23 (2006.01) *H02M 3/158* (2006.01)

(71) Anmelder: **BAYERISCHE MOTOREN WERKE AK-
TIENGESELLSCHAFT** [DE/DE]; Petuelring 130, 80809
München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/054472

(72) Erfinder: **RAIMANN, Manuel**; Pfarrhofstr. 7, 88662
Überlingen (DE). **WEIDA, Daniel**; Fritz-Winter-Str. 3,
80807 München (DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Februar 2019 (22.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(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,

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 203 054.5
01. März 2018 (01.03.2018) DE

(54) Title: VOLTAGE CONVERTER HAVING COUPLED PFC CHOKE

(54) Bezeichnung: SPANNUNGSWANDLER MIT GEKOPPELTER PFC DROSSEL

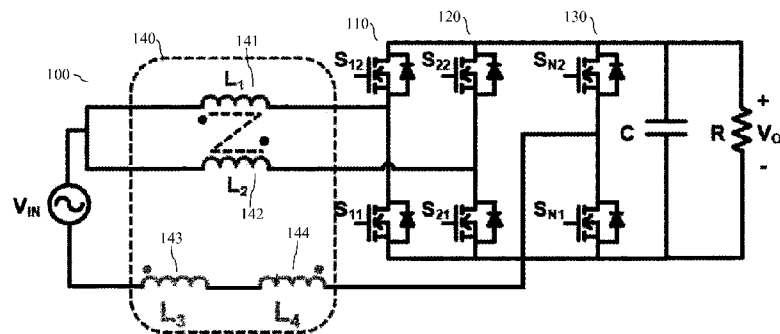


Fig. 1

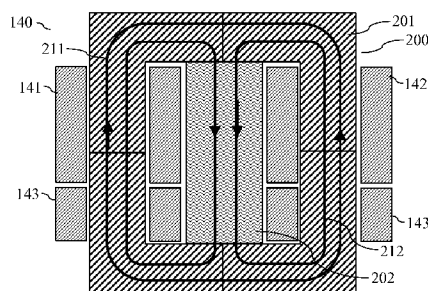


Fig. 2

(57) Abstract: The invention relates to a voltage converter (100), which is designed to convert an alternating input voltage into a direct output voltage. The voltage converter (100) comprises a first sub-converter having a first switch half-bridge (110), which is coupled to a first pole of the input voltage by means of a first main coil (141), and a second sub-converter having a second switch half-bridge (120), which is coupled to the first pole of the input voltage by means of a second main coil (142). In addition, the voltage converter (100) comprises a diode half-bridge, which is jointly used by the first sub-converter and the second sub-converter. Furthermore, the voltage converter (100) comprises a first back coil (143) and a second back coil (144), which couple a center point of the diode half-bridge to a second pole of the input voltage. The first and second main coils (141, 142) and the first and second back coils (143, 144)

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)

form a coupled choke (140), the coupled choke (140) having a choke core (200). The choke core (200) has at least one outer leg (201), which is surrounded by windings of the first and/or second main coil (141, 142) and/or of the first and/or second back coil (143, 143), and at least one center leg (202), which is not surrounded by windings of the main coils (141, 42) or of the back coils (143, 143). The outer leg (201) and the center leg (202) have materials having different permeabilities.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Spannungswandler (100) beschrieben, der eingerichtet ist, eine Wechsel-Eingangsspannung in eine Gleich-Ausgangsspannung zu wandeln. Der Spannungswandler (100) umfasst einen ersten Teil-Wandler mit einer ersten Schalter-Halbbrücke (110), die über eine erste Hauptspule (141) mit einem ersten Pol der Eingangsspannung gekoppelt ist, sowie einen zweiten Teil-Wandler mit einer zweiten Schalter-Halbbrücke (120), die über eine zweite Hauptspule (142) mit dem ersten Pol der Eingangsspannung gekoppelt ist. Außerdem umfasst der Spannungswandler (100) eine gemeinsam von dem ersten Teil-Wandler und dem zweiten Teil-Wandler genutzte Dioden-Halbbrücke. Ferner umfasst der Spannungswandler (100) eine erste Rückspule (143) und eine zweite Rückspule (144), die einen Mittelpunkt der Dioden-Halbbrücke mit einem zweiten Pol der Eingangsspannung koppeln. Die erste und zweite Hauptspule (141, 142) und die erste und zweite Rückspule (143, 143) bilden dabei eine gekoppelte Drossel (140), wobei die gekoppelte Drossel (140) einen Drosselkern (200) aufweist. Der Drosselkern (200) weist zumindest einen Außenschenkel (201) auf, der von Windungen der ersten und/oder zweiten Hauptspule (141, 142) und/oder der ersten und/oder zweiten Rückspule (143, 143) umschlossen ist, und zumindest einen Mittelschenkel (202) auf, der nicht von Windungen der Hauptspulen (141, 42) und der Rückspulen (143, 143) umschlossen ist. Dabei weisen der Außenschenkel (201) und der Mittelschenkel (202) Materialien mit jeweils unterschiedlichen Permeabilitäten auf.

Spannungswandler mit gekoppelter PFC Drossel

Die Erfindung betrifft einen mehrphasigen Spannungswandler, insbesondere einen Gleichrichter, mit einer gekoppelten Drossel als Leistungsfaktorkorrekturfilter.

5

Bei einem AC/DC Wandler bzw. Gleichrichter, z.B. für ein Ladegerät eines zumindest teilweise elektrisch angetriebenen Fahrzeugs, der an ein öffentliches Stromnetz angeschlossen wird, wird typischerweise eine Leistungsfaktorkorrekturstufe (Power Factor Correction / PFC) verwendet, um

10 Netzanschlussbedingungen (insbesondere in Bezug auf begrenzte Oberwellenanteile im Netzstrom) zu erfüllen. Insbesondere können mehrphasige PFC Spannungswandler verwendet werden, wie z.B. ein sogenannter Totem-Pole Konverter. Die einzelnen Drosseln eines mehrphasigen PFC Spannungswandlers können als gekoppelte Drosseln ausgeführt werden. Durch die Verwendung eines

15 mehrphasigen Spannungswandlers mit gekoppelten Drosseln kann der Rippelstrom reduziert werden.

Ein mehrphasiger Spannungswandler weist Halbleiterschalter (insbesondere Galliumnitrid, GaN, Transistoren) auf, die mit einer relativ hohen Frequenz

20 geschaltet werden (z.B. mit 1MHz und mehr). Durch das Schalten der Halbleiterschalter können Gleichtakt (Common Mode – CM) und Gegentakt (Differential Mode – DM) Störungen entstehen, welche typischerweise über ein mehrstufiges Netzfilter kompensiert werden müssen, um die netzseitigen EMV- (elektromagnetische Verträglichkeit) Anforderungen zu erfüllen.

25

Das vorliegende Dokument befasst sich mit der technischen Aufgabe, die Gleichtakt-Störungen eines mehrphasigen Spannungswandlers zu reduzieren, insbesondere um gleichzeitig das Gewicht, die Kosten und den Bauraum für die PFC Drossel und damit für ein Ladegerät eines Fahrzeugs zu reduzieren.

30

Die Aufgabe wird durch den unabhängigen Anspruch gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen werden u.a. in den abhängigen Ansprüchen beschrieben. Es wird darauf hingewiesen, dass zusätzliche Merkmale eines von einem unabhängigen Patentanspruch abhängigen Patentanspruchs ohne die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs oder nur in Kombination mit einer Teilmenge der Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs eine eigene und von der Kombination sämtlicher Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs unabhängige Erfindung bilden können, die zum Gegenstand eines unabhängigen Anspruchs, einer Teilungsanmeldung oder einer Nachanmeldung gemacht werden kann. Dies gilt in gleicher Weise für in der Beschreibung beschriebene technische Lehren, die eine von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche unabhängige Erfindung bilden können.

Gemäß einem Aspekt wird ein Spannungswandler, insbesondere ein Gleichrichter, beschrieben, der eingerichtet ist, eine Wechsel- bzw. AC-Eingangsspannung in eine Gleich- bzw. DC-Ausgangsspannung zu wandeln. Der Spannungswandler kann Teil eines Ladegeräts sein, insbesondere eines Ladegeräts eines Straßenkraftfahrzeugs.

Der Spannungswandler umfasst einen ersten Teil-Wandler mit einer ersten Schalter-Halbbrücke, wobei die erste Schalter-Halbbrücke über eine erste Hauptspule mit einem ersten Pol der Eingangsspannung gekoppelt ist. Die erste Schalter-Halbbrücke kann einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter umfassen, die in Reihe zwischen einem Pluspol und einem Minuspol der Ausgangsspannung angeordnet sind. Die erste Hauptspule kann dann einen Mittelpunkt zwischen dem ersten Schalter und dem zweiten Schalter der ersten Schalter-Halbbrücke mit dem ersten Pol der Eingangsspannung koppeln. Die Schalter der ersten Schalter-Halbbrücke können jeweils als Galliumnitrid (GaN) Transistoren ausgebildet sein.

30

Ferner umfasst der Spannungswandler einen zweiten Teil-Wandler mit einer zweiten Schalter-Halbbrücke, die über eine zweite Hauptspule mit dem ersten Pol

- der Eingangsspannung gekoppelt ist. Analog zu der ersten Schalter-Halbbrücke kann auch die zweite Schalter-Halbbrücke einen ersten Schalter und einen zweiten Schalter umfassen, die in Reihe zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Ausgangsspannung angeordnet sind. Die zweite Hauptspule kann dann einen
- 5 Mittelpunkt zwischen dem ersten Schalter und dem zweiten Schalter der zweiten Schalter-Halbbrücke mit dem ersten Pol der Eingangsspannung koppeln. Die Schalter der zweiten Schalter-Halbbrücke können jeweils als Galliumnitrid (GaN) Transistoren ausgebildet sein.
- 10 Außerdem umfasst der Spannungswandler eine gemeinsam von dem ersten Teil-Wandler und dem zweiten Teil-Wandler genutzte Dioden-Halbbrücke. Die Dioden-Halbbrücke kann eine erste Diode und eine zweite Diode umfassen, die in Reihe zwischen dem Pluspol und dem Minuspol der Ausgangsspannung angeordnet sind.
- 15 Der Spannungswandler umfasst ferner eine erste Rückspule und eine zweite Rückspule, die einen Mittelpunkt der Dioden-Halbbrücke mit einem zweiten Pol der Eingangsspannung koppeln. Mit anderen Worten, ein Teil der Induktivität des ersten Teil-Wandlers und ein Teil der Induktivität des zweiten Teil-Wandlers kann
- 20 als Rückspulen in den Rückpfad der Teil-Wandler verlegt werden. So können Gleichtakt-Störungen des Spannungswandlers reduziert werden. Die Induktivität einer Hauptspule kann gleich wie oder größer als die Induktivität einer entsprechenden Rückspule sein. Beispielsweise kann das Verhältnis zwischen den Induktivitäten der Hauptspule und der Rückspule in einem Bereich zwischen 1:1
- 25 und 5:1 liegen.
- Der erste und der zweite Teil-Wandler können jeweils als Gleichrichter ausgebildet sein. Dabei kann im Rahmen der Gleichricht-Funktion eine Spannungsaufwärtswandlung erfolgen. Während einer positiven Halbwelle der
- 30 Eingangsspannung kann der erste Schalter eines Teil-Wandlers getaktet werden, während der zweite Schalter als Diode betrieben wird. Des Weiteren können während einer negativen Halbwelle der Eingangsspannung der zweite Schalter

eines Teil-Wandlers getaktet und der erste Schalter als Diode betrieben wird. Ein Teil-Wandler kann somit sowohl während einer positiven Halbwelle als auch während einer negativen Halbwelle als Auswärts- bzw. Boost-Wandler betrieben werden. Dabei kann durch Umkehr des Betriebs der Schalter der Schalter-
5 Halbbrücke eines Teil-Wandlers die Gleichricht-Funktion bewirkt werden.

Typischerweise liegt die Frequenz der Wechsel-Eingangsspannung bei 50Hz oder 60Hz. Der getaktete Betrieb eines Schalters kann in einem Frequenzbereich von 100kHz, 1MHz oder mehr liegen.

10

Der erste Teil-Wandler und der zweite Teil-Wandler können phasenverschoben zueinander in Bezug auf den Takt der Schalter der ersten und zweiten Schalter-Halbbrücken betrieben werden. Dabei kann die Phasenverschiebung z.B. bei 180° liegen. Durch die Verwendung von mehreren (ggf. phasenverschobenen) Teil-
15 Wandlern kann die Leistung des Spannungswandlers erhöht werden. Des Weiteren können Rippel der Ausgangsspannung und/oder des Ausgangsstroms des Spannungswandlers reduziert werden.

Die erste Hauptspule und die zweite Hauptspule können in Kombination mit der ersten Rückspule und der zweiten Rückspule eine gemeinsame, gekoppelte
20 Drossel bilden. Dabei weist die gekoppelte Drossel einen gemeinsamen Drosselkern auf. Der Drosselkern umfasst zumindest einen Außenschenkel und zumindest einen Mittelschenkel. Der zumindest eine Außenschenkel ist von Windungen der ersten und/oder zweiten Hauptspule und/oder der ersten und/oder
25 zweiten Rückspule umschlossen. Andererseits ist der zumindest eine Mittelschenkel nicht von Windungen der Hauptspulen und der Rückspulen umschlossen. Insbesondere kann der Mittelschenkel von keinen Windungen umschlossen sein.

30 Dabei weisen der zumindest eine Außenschenkel und der zumindest eine Mittelschenkel Materialien mit jeweils unterschiedlichen Permeabilitäten bzw. Permeabilitätszahlen auf. Insbesondere kann das Material des Außenschenkels

eine Permeabilität aufweisen, die größer als eine Permeabilität des Materials des Mittelschenkels ist. Beispielsweise kann die Permeabilität (insbesondere die Permeabilitätszahl) des Materials des Außenschenkels um einen Faktor 10, 100 oder mehr größer als die Permeabilität (insbesondere die Permeabilitätszahl) des Mittelschenkels sein. Des Weiteren kann das Material des zumindest einen Außenschenkels und das Material des zumindest einen Mittelschenkels jeweils eine Permeabilitätszahl von 10, 20 oder mehr aufweisen (z.B. jeweils zumindest ferromagnetisch sein). Beispielsweise kann das Material des Außenschenkels Nanokristallin und/oder Ferrit umfassen. Das Material des Mittelschenkels kann ferromagnetische Metallkörner und/oder ein ferromagnetisches Pulver umfassen.

Es wird somit ein (mehrphasiger) Spannungswandler beschrieben, der eine gemeinsame, magnetisch gekoppelte Drossel, mit einem Drosselkern mit unterschiedlich permeablen Bereichen aufweist. So können Gleichtakt-Störungen des Spannungswandlers reduziert werden. Insbesondere können die Permeabilitätszahlen der unterschiedlichen Bereiche des Drosselkerns derart ausgewählt werden (z.B. im Rahmen von Versuchen), um die Gleichtakt-Störungen zu reduzieren, insbesondere zu minimieren und/oder um den Bauraum des Drosselkerns zu reduzieren. So kann die Komplexität eines Netzfilters zur Einhaltung von EMV-Anforderungen reduziert werden, so dass die Größe, der Bauraum und das Gewicht eines Ladegeräts, das den Spannungswandler umfasst, reduziert werden können.

Die Permeabilität des zumindest einen Außenschenkels und/oder des zumindest einen Mittelschenkels ist bevorzugt im Wesentlichen homogen über die gesamte räumliche Ausdehnung des Außenschenkels und/oder des Mittelschenkels. Insbesondere kann der Drosselkern nur zwei unterschiedliche Bereiche (den Bereich der ein oder mehreren Außenschenkel und den Bereich der ein oder mehreren Mittelschenkel) aufweisen, die jeweils eine im Wesentlichen homogene Permeabilität aufweisen. So kann die Effizienz des Drosselkerns weiter erhöht werden.

Der Drosselkern kann einen ersten Außenschenkel und einen zweiten Außenschenkel umfassen, wobei sich der erste Außenschenkel durch die Windungen der ersten Hauptspule und durch die Windungen der ersten Rückspule erstreckt, und wobei sich der zweite Außenschenkel durch die Windungen der zweiten Hauptspule und durch die Windungen der zweiten Rückspule erstreckt. Mit anderen Worten, der erste Außenschenkel kann durch die erste Hauptspule und durch die erste Rückspule verlaufen. Andererseits kann der zweite Außenschenkel durch die zweite Hauptspule und durch die zweite Hauptspule verlaufen.

10

Der erste Außenschenkel und der zweite Außenschenkel können einen zusammenhängenden, im Wesentlichen homogenen, magnetischen Pfad für einen magnetischen Hauptfluss bilden, der alle Windungen der ersten und zweiten Hauptspule und der ersten und zweiten Rückspule durchläuft. Insbesondere können der erste Außenschenkel und der zweite Außenschenkel jeweils C-förmig ausgebildet sein und zusammen einen magnetischen Kreislauf für den magnetischen Hauptfluss bilden.

Andererseits kann der Mittelschenkel einen magnetischen Pfad für einen magnetischen Fluss bilden, der nur einen Teil der Windungen der ersten und zweiten Hauptspule und der ersten und zweiten Rückspule durchläuft. Der Mittelschenkel kann zumindest teilweise parallel zu dem ersten und zweiten Außenschenkel verlaufen. Des Weiteren können beide Enden des Mittelschenkels in direktem Kontakt mit dem durch die Außenschenkel gebildeten Kreislauf stehen. Insbesondere kann durch den Mittelschenkel ein im Wesentlichen homogener magnetischer Pfad von einem ersten Punkt zu einem zweiten Punkt des magnetischen Kreislaufs gebildet werden (als eine Art Kurzschluss des magnetischen Kreislaufs für den magnetischen Hauptfluss), z.B. um den Grad der Gleichtakt-Störungen weiter zu reduzieren.

30

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Ladegerät beschrieben, das den in diesem Dokument beschriebenen Spannungswandler umfasst.

Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Straßenkraftfahrzeug (insbesondere ein
Personenkraftwagen oder ein Lastkraftwagen oder ein Bus oder ein Motorrad)
beschrieben, das den in diesem Dokument beschriebenen Spannungswandler
5 und/oder das in diesem Dokument beschriebene Ladegerät umfasst.

Es ist zu beachten, dass die in diesem Dokument beschriebenen Vorrichtungen
und Systeme sowohl alleine, als auch in Kombination mit anderen in diesem
Dokument beschriebenen Vorrichtungen und Systemen verwendet werden
10 können. Des Weiteren können jegliche Aspekte der in diesem Dokument
beschriebenen Vorrichtungen und Systemen in vielfältiger Weise miteinander
kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale der Ansprüche in
vielfältiger Weise miteinander kombiniert werden.

15 Im Weiteren wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen näher
beschrieben. Dabei zeigen
Figur 1 einen beispielhaften mehrphasigen Spannungswandler mit einer
gekoppelten PFC Drossel; und
Figur 2 einen beispielhaften mehrteiligen Spulenkern für eine gekoppelte PFC
20 Drossel.

Wie eingangs dargelegt, befasst sich das vorliegende Dokument mit der
Reduzierung von CM- bzw. Gleichtakt-Störungen bei einem mehrphasigen
Spannungswandler. Fig. 1 zeigt einen beispielhaften zweiphasigen Gleichrichter
25 100, mit einer ersten Transistorhalbbrücke 110 für einen ersten Teil-Gleichrichter
und einer zweiten Transistorhalbbrücke 120 für einen zweiten Teil-Gleichrichter.
Die beiden Teil-Gleichrichter werden z.B. mit einem Phasenversatz von 180°
betrieben (in Bezug auf die den Takt-Zyklus der Schalter S_{11} , S_{12} , S_{21} , S_{22} der
Transistorhalbbrücken 110, 120). Des Weiteren weist der Gleichrichter 100 eine
30 Diodenhalbbrücke 130 (mit den Dioden S_{N1} und S_{N2}) sowie einen gekoppelte
Drossel 140 mit Teilsulen 141, 142, 143, 144 auf.

Der Gleichrichter 100 ist eingerichtet eine AC- (Alternating Current) Eingangsspannung V_{IN} in eine DC- (Direct Current) Ausgangsspannung V_O zu wandeln. Dabei bildet der erste Teil-Gleichrichter bei einer positiven Halbwelle der Eingangsspannung über die erste Hauptspule L_1 141 mit dem getakteten ersten 5 Schalter S_{11} und dem als Diode betriebenen zweiten Schalter S_{12} einen Aufwärtswandler. Dies gilt in entsprechender Weise für den zweiten Teil-Gleichrichter mit der zweiten Hauptspule L_2 142. Bei einer negativen Halbwelle der Eingangsspannung bildet der erste Teil-Gleichrichter über die erste Hauptspule L_1 141 mit dem getakteten zweiten Schalter S_{12} und dem als Diode 10 betriebenen ersten Schalter S_{11} einen Aufwärtswandler. Dies gilt in entsprechender Weise für den zweiten Teil-Gleichrichter. So kann eine effiziente Gleichrichtung mit aktiver Leistungsfaktorkorrektur erfolgen.

Die Gleichtakt-Störungen können dadurch reduziert werden, dass ein Teil der 15 Induktivitäten der Teil-Gleichrichter in den Rückpfad der Teil-Gleichrichter verlegt werden, wobei der Rückpfad von dem Mittelpunkt der Diodenhalbbrücke 130 zu dem zweiten Pol der Eingangsspannung verläuft. Insbesondere kann der Gleichrichter 100 eine Rückspule L_3 143 und eine Rückspule L_4 143 aufweisen, wobei die Hauptspulen 141, 142 und die Rückspulen 143, 144 magnetisch 20 miteinander gekoppelt sind. Durch die Reduzierung der Gleichtakt-Störungen kann ein Netzfilter zur Filterung dieser Störungen kleiner dimensioniert werden, so dass die Größe, die Kosten und das Gewicht eines Ladegeräts, das den Gleichrichter 100 umfasst, reduziert werden können.

25 Fig. 2 zeigt eine beispielhafte gekoppelte Drossel 140 für einen Gleichrichter 100. Dabei weist die Drossel 140 einen mehrteiligen Spulen- bzw. Drosselkern 200 auf. Insbesondere weist der Drosselkern 200 Außenschenkel 201 auf, wobei ein erster Außenschenkel 201 von den Windungen der ersten Hauptspule 141 und der ersten Rückspule 143 umschlossen wird, und wobei ein zweiter Außenschenkel 30 201 von den Windungen der zweiten Hauptspule 142 und der zweiten Rückspule 144 umschlossen wird. Die Außenschenkel 202 sind miteinander magnetisch verbunden, um einen magnetischen Hauptfluss 211 zu leiten, der alle Windungen

der Spulen 141, 142, 143, 144 durchläuft. Zu diesem Zweck können die Außenschenkel 202 C-förmig ausgebildet sein, und derart miteinander verbunden sein, dass sich ein homogener magnetischer Kreislauf für den magnetischen Hauptfluss 211 ergibt.

5

Der Drosselkern 200 umfasst einen Mittelschenkel 202, der die beiden Außenschenkel 201 kurzschließt und dabei von keiner der Windungen der Spulen 141, 142, 143, 144 umschlossen wird. Der Mittelschenkel 202 leitet einen magnetischen (Streu-) Fluss 212, der nicht alle Windungen der Spulen 141, 142, 143, 144 der gekoppelten Drossel 140 durchläuft. Die Enden des Mittelschenkels 202 können direkt mit jeweils einem Außenschenkel 201 verbunden sein, so dass der magnetische Pfad für den (Streu-) Fluss 212 nur an den (zwei) Übergängen zwischen einem Außenschenkel 201 und dem Mittelschenkel 202 eine Inhomogenität in Bezug auf die Permeabilität aufweist.

15

Die Außenschenkel 201 und der Mittelschenkel 202 des Drosselkerns 200 können unterschiedliche Materialien mit unterschiedlichen Eigenschaften aufweisen. Insbesondere kann in dem äußeren magnetischen Pfad (d.h. in den Außenschenkeln 201) ein möglichst hochpermeables Kernmaterial (z.B. Nanokristallin und/oder Ferrit) einzusetzen werden, da dies vorteilhaft für die Kopplung der Wicklungen der Spulen 141, 142, 143, 144 und somit für die Reduzierung des Stromrippels in der Drossel 140 und damit für die Reduzierung der Verluste in der Drossel 140 ist. Für den inneren magnetischen Pfad (d.h. für den Mittelschenkel 202) kann ein niederpermeables Kernmaterial (z.B. ein Pulverkern) verwendet werden, um diesen Teil des Drosselkerns 200 für die Speicherung magnetischer Energie zu optimieren.

25

Durch die Verwendung von unterschiedlichen Materialien für unterschiedliche Bereiche des Drosselkerns 200 kann eine unabhängige Optimierung der Drosselparameter erfolgen, um Gleichtakt-Störungen weiter zu reduzieren. So kann ein Netzfilter zur Filterung von Gleichtakt-Störungen weiter verkleinert

30

werden, um die Kosten, den Bauraum und das Gewicht von Ladegeräten zu reduzieren.

Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die gezeigten Ausführungsbeispiele
5 beschränkt. Insbesondere ist zu beachten, dass die Beschreibung und die Figuren
nur das Prinzip der vorgeschlagenen Vorrichtungen und Systeme veranschaulichen
sollen.

Ansprüche

- 1) Spannungswandler (100), der eingerichtet ist, eine Wechsel-
Eingangsspannung in eine Gleich-Ausgangsspannung zu wandeln; wobei der
5 Spannungswandler (100) umfasst,
- einen ersten Teil-Wandler mit einer ersten Schalter-Halbbrücke (110),
die über eine erste Hauptspule (141) mit einem ersten Pol der
Eingangsspannung gekoppelt ist;
 - einen zweiten Teil-Wandler mit einer zweiten Schalter-Halbbrücke
10 (120), die über eine zweite Hauptspule (142) mit dem ersten Pol der
Eingangsspannung gekoppelt ist;
 - eine gemeinsam von dem ersten Teil-Wandler und dem zweiten Teil-
Wandler genutzte Dioden-Halbbrücke;
 - eine erste Rückspule (143) und eine zweite Rückspule (144), die einen
15 Mittelpunkt der Dioden-Halbbrücke mit einem zweiten Pol der
Eingangsspannung koppeln; wobei die erste und zweite Hauptspule
(141, 142) und die erste und zweite Rückspule (143, 143) eine
gekoppelte Drossel (140) bilden; wobei die gekoppelte Drossel (140)
einen Drosselkern (200) aufweist; wobei der Drosselkern (200)
20 zumindest einen Außenschenkel (201) aufweist, der von Windungen
der ersten und/oder zweiten Hauptspule (141, 142) und/oder der ersten
und/oder zweiten Rückspule (143, 143) umschlossen ist, und
zumindest einen Mittelschenkel (202) aufweist, der nicht von
Windungen der Hauptspulen (141, 142) und der Rückspulen (143, 143)
25 umschlossen ist; wobei der Außenschenkel (201) und der
Mittelschenkel (202) Materialien mit jeweils unterschiedlichen
Permeabilitäten aufweisen.
- 2) Spannungswandler (100) gemäß Anspruch 1, wobei
- 30 – das Material des Außenschenkels (201) eine Permeabilität aufweist,
die größer als eine Permeabilität des Materials des Mittelschenkels
(202) ist; und

- die Permeabilität des Materials des Außenschenkels (201) insbesondere um einen Faktor 10, 100 oder mehr größer als die Permeabilität des Mittelschenkels (202) ist,
- 5 3) Spannungswandler (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- das Material des Außenschenkels (201) und das Material des Mittelschenkels (202) jeweils eine Permeabilitätszahl von 10, 20 oder mehr aufweisen; und/oder
 - eine Permeabilität des Außenschenkels (201) und/oder des
- 10 Mittelschenkels (202) im Wesentlichen homogen über die gesamte räumliche Ausdehnung des Außenschenkels (201) und/oder des Mittelschenkels (202) ist.
- 4) Spannungswandler (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- 15 – das Material des Außenschenkels (201) Nanokristallin und/oder Ferrit umfasst; und/oder
- das Material des Mittelschenkels (202) ferromagnetische Metallkörner und/oder ein ferromagnetisches Pulver umfasst.
- 20 5) Spannungswandler (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei
- der Drosselkern (200) einen ersten Außenschenkel (201) und einen zweiten Außenschenkel (201) umfasst;
 - sich der erste Außenschenkel (201) durch Windungen der ersten Hauptspule (141) und der ersten Rückspule (143) erstreckt;
- 25 – sich der zweite Außenschenkel (202) durch Windungen der zweiten Hauptspule (142) und der zweiten Rückspule (144) erstreckt; und
- der erste Außenschenkel (201) und der zweite Außenschenkel (201) einen zusammenhängenden, im Wesentlichen homogenen, magnetischen Pfad für einen magnetischen Hauptfluss (211) bilden,
- 30 der alle Windungen der ersten und zweiten Hauptspule (141, 142) und

der ersten und zweiten Rückspule (143, 143) durchläuft.

- 6) Spannungswandler (100) gemäß Anspruch 5, wobei der Mittelschenkel (202) einen magnetischen Pfad für einen magnetischen Fluss (212) bildet, der nur
5 einen Teil der Windungen der ersten und zweiten Hauptspule (141, 142) und der ersten und zweiten Rückspule (143, 143) durchläuft.
- 7) Spannungswandler (100) gemäß einem der Ansprüche 5 bis 6, wobei
- 10 – der Mittelschenkel (202) zumindest teilweise parallel zu dem ersten und zweiten Außenschenkel (201) verläuft; und/oder
 - der erste Außenschenkel (201) und der zweite Außenschenkel (201) jeweils C-förmig ausgebildet sind und zusammen einen magnetischen Kreislauf bilden; und
 - 15 – beide Enden des Mittelschenkels (202) in direktem Kontakt mit dem durch die Außenschenkel (201) gebildeten Kreislauf stehen, und einen im Wesentlichen homogenen magnetischen Pfad von einem ersten Bereich zu einem zweiten Bereich des magnetischen Kreislaufs bilden.
- 8) Spannungswandler (100) gemäß einem der Ansprüche, wobei
- 20 – die Schalter-Halbbrücke (110, 120) eines Teil-Wandlers einen ersten Schalter (S_{11} , S_{21}) und einen zweiten Schalter (S_{12} , S_{22}) umfasst, die in Reihe zwischen einem Pluspol und einem Minuspol der Ausgangsspannung angeordnet sind; und
 - die Hauptspule (141, 142) eines Teil-Wandlers einen Mittelpunkt
25 zwischen dem ersten Schalter (S_{11} , S_{21}) und dem zweiten Schalter (S_{12} , S_{22}) mit dem ersten Pol der Eingangsspannung koppelt.
- 9) Spannungswandler (100) gemäß Anspruch 8, wobei
- 30 – während einer positiven Halbwelle der Eingangsspannung der erste Schalter (S_{11} , S_{21}) eines Teil-Wandlers getaktet und der zweite Schalter (S_{12} , S_{22}) als Diode betrieben wird; und

- während einer negativen Halbwelle der Eingangsspannung der zweite Schalter (S_{12} , S_{22}) eines Teil-Wandlers getaktet und der erste Schalter (S_{11} , S_{21}) als Diode betrieben wird.

- 5 10) Spannungswandler (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Teil-Wandler und der zweite Teil-Wandler phasenverschoben zueinander in Bezug auf einen Takt von Schaltern (S_{11} , S_{21} , S_{12} , S_{22}) der ersten und zweiten Schalter-Halbbrücken (110, 120) betrieben werden.

Zeichnungen

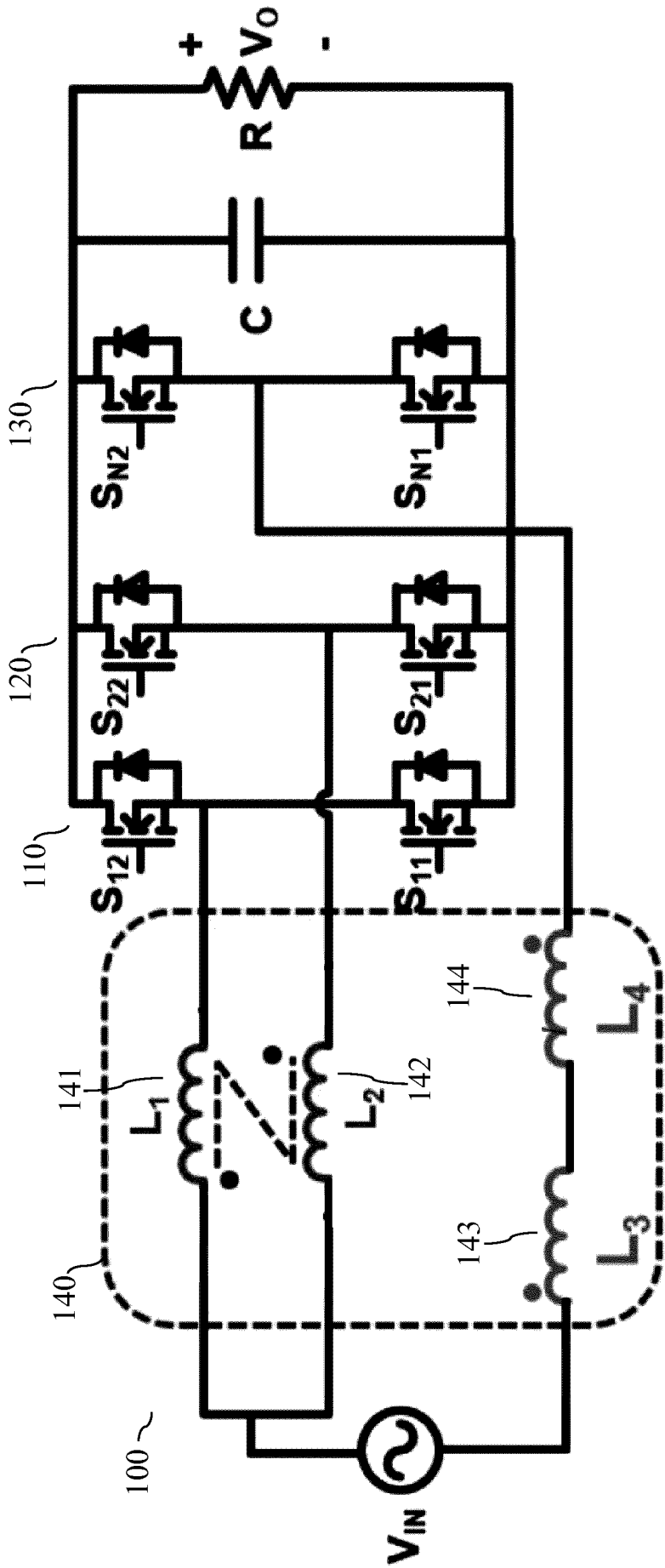


Fig. 1

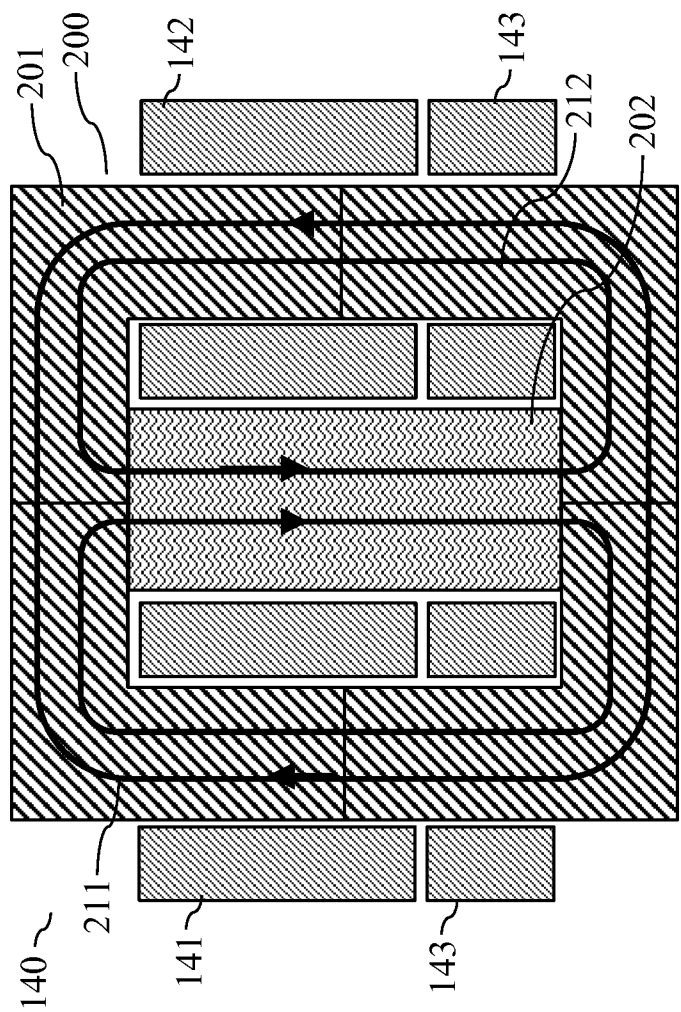


Fig. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/054472**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****H02M 1/42**(2007.01)i; **H02M 7/23**(2006.01)i; **H01F 27/24**(2006.01)i; **H02M 3/158**(2006.01)n

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; H01F

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 Y	US 2017294833 A1 (YANG YUCHEN [US] ET AL) 12 October 2017 (2017-10-12) figures 9A, 9B paragraph [0045] paragraph [0055] - paragraph [0058]	1-6,8-10 7
Y	US 5731666 A (FOLKER DON V [US] ET AL) 24 March 1998 (1998-03-24) figures 2,4 abstract column 2, line 15 - column 3, line 6 column 4, line 62 - column 5, line 42 column 6, line 29 - line 39 column 9, line 4 - line 29	7



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

26 April 2019

Date of mailing of the international search report

09 May 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Simon, Volker

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/054472

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	2017294833	A1	12 October 2017	NONE	
US	5731666	A	24 March 1998	NONE	

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02M1/42 H02M7/23 H01F27/24
ADD. H02M3/158

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02M H01F

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2017/294833 A1 (YANG YUCHEN [US] ET AL) 12. Oktober 2017 (2017-10-12)	1-6,8-10
Y	Abbildungen 9A, 9B Absatz [0045] Absatz [0055] - Absatz [0058] -----	7
Y	US 5 731 666 A (FOLKER DON V [US] ET AL) 24. März 1998 (1998-03-24) Abbildungen 2,4 Zusammenfassung Spalte 2, Zeile 15 - Spalte 3, Zeile 6 Spalte 4, Zeile 62 - Spalte 5, Zeile 42 Spalte 6, Zeile 29 - Zeile 39 Spalte 9, Zeile 4 - Zeile 29 -----	7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



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

26. April 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

09/05/2019

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

Simon, Volker

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/054472

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2017294833	A1	12-10-2017	KEINE
US 5731666	A	24-03-1998	KEINE