

(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
19. September 2019 (19.09.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/174916 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

H01F 27/28 (2006.01) H02M 3/335 (2006.01)
H01F 27/38 (2006.01) B60L 53/22 (2019.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/054874

(22) Internationales Anmeldedatum:
27. Februar 2019 (27.02.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 203 888.0
14. März 2018 (14.03.2018) DE

(71) Anmelder: **ROBERT BOSCH GMBH** [DE/DE]; Postfach 30 02 20, 70442 Stuttgart (DE).

(72) Erfinder: **KOLAR, Johann W.**; Forsterstr. 75, 8044 Zürich (CH). **BORTIS, Dominik**; Katzenbachstr. 91, 8052 Zürich (CH). **SCHAEFER, Jannik Robin**; Stegstr. 15, 8820 Wädenswil (CH).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,

DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, 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).

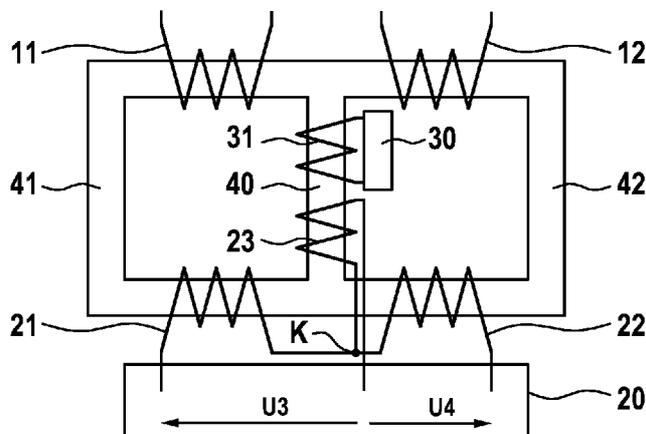
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

(54) Title: TRANSFORMER, VOLTAGE CONVERTER AND METHOD FOR TRANSMITTING ELECTRIC POWER

(54) Bezeichnung: TRANSFORMATOR, SPANNUNGSWANDLER UND VERFAHREN ZUM ÜBERTRAGEN VON ELEKTRISCHER ENERGIE

Fig. 3



(57) Abstract: The present invention relates to the transmission of electric power by means of a transformer for a three-port voltage converter. For this purpose, there is in particular provision for an additional winding that can be included in the power transmission or not, depending on the mode of operation of the voltage converter.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft die Übertragung elektrischer Energie mittels eines Transformators für einen Dreiport-Spannungswandler. Hierzu ist insbesondere eine zusätzliche Wicklung vorgesehen, welche je nach Betriebsmodus des Spannungswandlers mit in die Energieübertragung einbezogen werden kann oder nicht.



WO 2019/174916 A1

- 1 -

5 Beschreibung

Titel

Transformator, Spannungswandler und Verfahren zum Übertragen von
elektrischer Energie

10

Die vorliegende Erfindung betrifft einen Transformator, einen Spannungswandler mit einem Transformator sowie ein Verfahren zum Übertragen elektrische Energie mittels eines solchen Transformators. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung die Übertragung elektrischer Energie mittels eines Dreipol-Spannungswandlers.

15

Stand der Technik

20

Elektro- und Hybridfahrzeuge weisen in der Regel zwei verschiedene Bordnetze auf. In einem Niederspannungsnetz, welches durch einen Akkumulator gepuffert wird, werden in der Regel alle Niederspannungsverbraucher, wie zum Beispiel Bordcomputer, Lichteinheiten und Unterhaltungselektronik versorgt. Darüber hinaus liefert ein Hochspannungsnetz, welches durch einen Hochvolt-Akkumulator gespeist wird, elektrische Energie für den Antrieb. Insbesondere kann die elektrische Energie für das Niederspannungsnetz von der Hochspannungsseite bereitgestellt werden. Hierzu können Gleichspannungswandler eingesetzt werden, welche aus sicherheitstechnischen Gründen eine galvanische Trennung zwischen dem Hochspannungsnetz und dem Niederspannungsnetz aufweisen müssen.

25

30

Darüber hinaus können die Akkumulatoren eines Elektro- oder Hybridfahrzeugs über eine externe Spannungsversorgung geladen werden. Auch hierzu ist aus sicherheitstechnischen Gründen eine galvanische Trennung vorzusehen, so dass in der Summe drei voneinander jeweils galvanisch getrennte Spannungssysteme existieren.

35

- 2 -

Die Druckschrift DE 10 2017 222 087 A1 offenbart eine Transformatorstruktur für einen Dreiport-Resonanzkonverter zur Übertragung elektrischer Energie zwischen drei Spannungssystemen. Insbesondere ist dabei ein Transformator mit insgesamt fünf Wicklungen vorgesehen. Durch gezieltes Ansteuern der einzelnen Wicklungen kann die Übertragung zwischen den einzelnen Spannungssystemen gesteuert werden.

Offenbarung der Erfindung

Die vorliegende Erfindung schafft einen Transformator mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1, einen Dreiport-Spannungswandler mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 sowie ein Verfahren zur Übertragung von elektrischer Energie mit den Merkmalen des Patentanspruchs 9.

Demgemäß ist vorgesehen:

Ein Transformator für einen Dreiport-Spannungswandler mit einem ersten ringförmigen Transformator kern und einem zweiten ringförmigen Transformator kern. Der Transformator umfasst darüber hinaus eine erste Primärwicklung, die an dem ersten Transformator kern angeordnet ist und eine zweite Primärwicklung, die an dem zweiten Transformator kern angeordnet ist. Weiterhin umfasst der Transformator kern eine erste Sekundärwicklung, die an dem ersten Transformator kern angeordnet ist, eine zweite Sekundärwicklung, die an dem zweiten Transformator kern angeordnet ist sowie eine dritte Sekundärwicklung, die sowohl an dem ersten Transformator kern wie auch an dem zweiten Transformator kern angeordnet ist. Schließlich umfasst der Transformator eine Tertiärwicklung, die an dem ersten Transformator kern und an dem zweiten Transformator kern angeordnet ist. Die erste Sekundärwicklung, die zweite Sekundärwicklung und die dritte Sekundärwicklung weisen jeweils einen ersten Anschluss und einen zweiten Anschluss auf. Insbesondere ist jeweils der erste Anschluss der ersten Sekundärwicklung, der erste Anschluss der zweiten Sekundärwicklung und der erste Anschluss der dritten Sekundärwicklung an einem gemeinsamen Knotenpunkt elektrisch miteinander verbunden.

35

- 3 -

Weiterhin ist vorgesehen:

5 Ein Dreiport-Spannungswandler mit einem erfindungsgemäßen Transformator, einer ersten Ansteuerschaltung, einer zweiten Ansteuerschaltung und einer Gleichrichterschaltung. Die erste Ansteuerschaltung ist dazu ausgelegt, an der ersten Primärwicklung eine erste Wechselspannung bereitzustellen und an der zweiten Primärwicklung eine zweite Wechselspannung bereitzustellen. Die zweite Ansteuerschaltung ist dazu ausgelegt, eine zwischen dem zweiten Anschluss der ersten Sekundärwicklung und dem zweiten Anschluss der zweiten Sekundärwicklung anliegende elektrische Wechselspannung gleichzurichten. Die zweite Ansteuerschaltung ist ferner dazu ausgelegt, zwischen dem zweiten Anschluss der ersten Sekundärwicklung und dem zweiten Anschluss der dritten Sekundärwicklung eine Wechselspannung bereitzustellen und zwischen dem zweiten Anschluss der zweiten Sekundärwicklung und dem zweiten Anschluss der dritten Sekundärwicklung ebenfalls eine Wechselspannung bereitzustellen. Die Gleichrichterschaltung ist dazu ausgelegt, eine an der Tertiärwicklung anliegende Wechselspannung gleichzurichten.

Schließlich ist vorgesehen:

20 Ein Verfahren zum Übertragen von elektrischer Energie mittels eines erfindungsgemäßen Transformators. Das Verfahren umfasst einen Schritt zum Bereitstellen einer ersten Wechselspannung zwischen dem zweiten Anschluss der ersten Sekundärwicklung und dem zweiten Anschluss der dritten Sekundärwicklung. Weiterhin umfasst das Verfahren einen Schritt zum Bereitstellen einer zweiten Wechselspannung zwischen dem zweiten Anschluss der zweiten Sekundärwicklung und dem zweiten Anschluss der dritten Sekundärwicklung. Schließlich umfasst das Verfahren einen Schritt zum Gleichrichten einer an der Tertiärwicklung induzierten elektrischen Wechselspannung.

Vorteile der Erfindung

35 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrund, dass die Transformatoren, wie sie in konventionellen Spannungswandlern eingesetzt

werden, in der Regel feste Spannungsübertragungsverhältnisse aufweisen. Diese Spannungsübertragungsverhältnisse können beispielsweise für einen ausgewählten Betriebsmodus hin optimiert werden. In einem solchen Fall sinkt dabei jedoch die Effizienz bzw. der Wirkungsgrad in den übrigen Betriebsmodi.

5

Es ist daher eine Idee der vorliegenden Erfindung, dieser Erkenntnis Rechnung zu tragen und eine Konfiguration eines Dreiport-Spannungswandlers mit einem Transformator vorzusehen, welche für mehrere Betriebsmodi jeweils optimierte Betriebsbedingungen schaffen kann.

10

Hierzu ist erfindungsgemäß eine zusätzliche Wicklung vorgesehen, welche je nach gewähltem Betriebsmodus mit in die Energieübertragung einbezogen werden kann oder nicht. Auf diese Weise können für mehrere Betriebsmodi jeweils unterschiedliche Spannungsübertragungsverhältnisse eingestellt werden.

15

Hierdurch kann die Effizienz eines solchen Dreiport-Spannungswandlers gesteigert werden.

Die erfindungsgemäße Konfiguration der einzelnen Wicklungen eines Transformators für einen solchen Dreiport-Spannungswandler ermöglicht dabei ein sehr effizientes, Leiterplatten-integriertes Design. Dies ist beispielsweise für industrielle Anwendungen von Vorteil, da aus fertigungstechnischer Sicht eine Integration der induktiven Bauelemente in eine Leiterplatte zu einer erheblichen Kostenreduktion führen kann.

20

Bei den beiden Transformator-kernen des Transformators handelt es sich beispielsweise um ringförmige Transformator-kerne. Als ringförmiger Transformator-kern kann dabei beispielsweise eine torroidförmige Transformator-kernstruktur angesehen werden. Ringförmig ist jedoch nicht explizit auf kreisförmig oder gegebenenfalls oval beschränkt. Vielmehr kann als ringförmige Transformator-kernstruktur auch eine geschlossene Struktur aus mehreren gerade verlaufenden Transformator-kernelementen angesehen werden, die beispielsweise eine rechteckförmige oder quadratische Struktur ausbilden. Beispielsweise kann eine solche ringförmige Transformator-kernstruktur aus einem U-förmigen Transformator-kern und einem darüber angeordneten Joch gebildet werden. Darüber hinaus sind als ringförmige Transformator-kerne

25

30

35

selbstverständlich auch beliebige andere Transformator kernstrukturen möglich, welche einen in sich geschlossenen Transformator kern bilden.

5 Gemäß einer Ausführungsform können der erste Transformator kern und der zweite Transformator kern einen gemeinsamen Schenkel umfassen. In diesem Fall kann die dritte Sekundärwicklung und die Tertiärwicklung an diesem gemeinsamen Schenkel angeordnet sein. Insbesondere kann auf diese Weise eine Transformator kernanordnung realisiert werden, bei der beide Transformator kerne als gemeinsame Transformator kernstruktur realisiert
10 werden. Dies ermöglicht eine besonders effiziente und kompakte Transformator anordnung.

Gemäß einer Ausführungsform können die Windungen der ersten Sekundärwicklung, der zweiten Sekundärwicklung und der dritten
15 Sekundärwicklung komplanar angeordnet sein. Darüber hinaus kann auch die Tertiärwicklung ebenfalls als komplanare Wicklung angeordnet sein. Unter einer komplanaren Anordnung der Wicklungen ist zu verstehen, dass sich alle Windungen einer Wicklung, beispielsweise alle Windungen der Sekundärwicklungen in einer gemeinsamen Ebene befinden. Sind sowohl die
20 Windungen der Sekundärwicklung als auch die Windungen der Tertiärwicklung komplanar angeordnet, so können dabei die Windungen der Sekundärwicklung in einer Ebene parallel zu der Ebene angeordnet sein, in der sich die Windungen der Tertiärwicklung befinden. Insbesondere können hierbei die Windungen der Sekundärwicklung und die Windungen der Tertiärwicklung zumindest annähernd
25 deckungsgleich angeordnet sein. Eine solche komplanare Anordnung ermöglicht eine gesteigerte Effizienz des Transformators. Insbesondere kann durch eine komplanare Anordnung eine homogene Stromverteilung innerhalb der Wicklungen erreicht werden, was somit auch zu geringeren Leitungsverlusten führt.

30 Gemäß einer Ausführungsform sind die komplanar angeordneten Windungen auf einem Leiterplattensubstrat angeordnet. Insbesondere kann der Transformator ein Leiterplattensubstrat umfassen, welches zwei gegenüberliegende Seiten aufweist. Auf einer dieser Seiten können beispielsweise die Windungen der
35 ersten Sekundärwicklung, der zweiten Sekundärwicklung und der dritten

5 Sekundärwicklung angeordnet sein. Ferner können die Wicklungen der Tertiärwicklung auf der anderen, das heißt der gegenüberliegenden Seite des Leiterplattensubstrats angeordnet sein. Die Windungen der jeweiligen Wicklungen können beispielsweise als eine gedruckte Leiterbahnstruktur ausgeführt sein.

10 Gemäß einer Ausführungsform sind die Windungen der ersten Primärwicklung und der zweiten Primärwicklung komplanar angeordnet. Insbesondere können auch die Windungen der ersten und zweiten Primärwicklung auf einem Leiterplattensubstrat angeordnet sein. In diesem Fall können auch die Windungen der ersten und zweiten Primärwicklung als gedruckte Leiterbahnen auf einem Leiterplattensubstrat ausgeführt sein. Beispielsweise können die komplanaren Windungen der Primärwicklung, der Sekundärwicklung und der Tertiärwicklung zumindest annähernd deckungsgleich in verschiedenen Ebenen angeordnet sein.

20 Gemäß einer Ausführungsform umfasst die Tertiärwicklung genau eine Windung. Auf diese Weise ist eine minimale Anzahl von Windungen sowohl für die Tertiärwicklung als auch damit korrespondierend für die Primär- und Sekundärwicklungen möglich.

25 Gemäß einer Ausführungsform umfassen der erste Transformator Kern und/oder der zweite Transformator Kern mindestens einen diskreten Luftspalt. Insbesondere kann auch ein Transformator Kern, der die Kombination des ersten und zweiten Transformator Kerns darstellt, einen diskreten Luftspalt aufweisen. Alternativ ist es auch möglich, den ersten und/oder zweiten Transformator Kern bzw. eine Kombination aus erstem und zweitem Transformator Kern aus einem Material mit ferromagnetischen Pulverteilchen zu realisieren. Derartige Transformator Kerne mit ferromagnetischen Pulverteilchen werden auch als „Pulverkerne“ oder als Kerne mit einem verteilten Luftspalt bezeichnet. Hierdurch ist es beispielsweise möglich, den magnetischen Fluss in den jeweiligen Transformator Kernen zu beeinflussen.

35 Die obigen Ausgestaltungen und Weiterbildungen lassen sich, soweit sinnvoll, beliebig miteinander kombinieren. Weitere Ausgestaltungen, Weiterbildungen

und Implementierungen der Erfindung umfassen auch nicht explizit genannte Kombinationen von zuvor oder im Folgenden bezüglich den Ausführungsbeispielen beschriebenen Merkmalen der Erfindung. Insbesondere wird der Fachmann dabei auch Einzelaspekte als Verbesserungen oder Ergänzungen zu den jeweiligen Grundformen der Erfindung hinzufügen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

Die vorliegende Erfindung wird nachfolgend anhand der in den schematischen Figuren der Zeichnungen angeführten Ausführungsformen näher erläutert. Dabei zeigen:

- Figur 1: eine schematische Darstellung eines Transformators für einen Dreiport-Spannungswandler gemäß einer Ausführungsform;
- Figur 2: eine schematische Darstellung eines Dreiport-Spannungswandlers mit einem Transformators gemäß einer Ausführungsform;
- Figur 3: eine schematische Darstellung eines Dreiport-Spannungswandlers mit einem Transformators gemäß einer weiteren Ausführungsform;
- Figur 4: eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Dreiport-Spannungswandler gemäß einer Ausführungsform;
- Figur 5: eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf eine komplanare Anordnung der Sekundärwicklungen eines Transformators gemäß einer Ausführungsform; und
- Figur 6: eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms, wie es einem Verfahren zur Übertragung von elektrischer Energie gemäß einer Ausführungsform zugrunde liegt.

Beschreibung von Ausführungsformen

In der folgenden Beschreibung bezeichnen gleiche Bezugszeichen gleiche oder gleichartige Elemente.

5 Figur 1 zeigt eine schematische Darstellung eines Transformators 1, wie er
beispielsweise einem Dreiport-Spannungswandler gemäß einer Ausführungsform
zugrunde liegt. Der Transformator 1 umfasst einen ersten Transformator Kern 41
und einen zweiten Transformator Kern 42. Bei den beiden Transformator Kernen
10 41 und 42 handelt es sich beispielsweise um ringförmige Transformator Kernen.
Als ringförmiger Transformator Kern kann dabei beispielsweise eine torroidförmige
Transformator Kernstruktur angesehen werden. Ringförmig ist jedoch nicht explizit
auf kreisförmig oder gegebenenfalls oval beschränkt. Vielmehr kann als
ringförmige Transformator Kernstruktur auch eine geschlossene Struktur aus
mehreren gerade verlaufenden Transformator Kernelementen angesehen werden,
die beispielsweise eine rechteckförmige oder quadratische Struktur ausbilden.
15 Beispielsweise kann eine solche ringförmige Transformator Kernstruktur aus
einem U-förmigen Transformator Kern und einem darüber angeordneten Joch
gebildet werden. Darüber hinaus sind als ringförmige Transformator Kerne
selbstverständlich auch beliebige andere Transformator Kernstrukturen möglich,
welche einen in sich geschlossenen Transformator Kern bilden.

20 Die ringförmigen Transformator Kerne 41 und 42 können gegebenenfalls einen
oder mehrere diskrete Luftspalte aufweisen. Beispielsweise können zwischen
einem Schenkel und einem Joch eines Transformator Kerns 41, 42 ein oder auch
mehrere Luftspalte vorgesehen sein. Darüber hinaus können die
25 Transformator Kerne 41 und 42 auch ferromagnetische Pulverteilchen umfassen.
Transformator Kerne mit ferromagnetischen Pulverteilchen werden auch als
sogenannte Pulverkerne oder als Kerne mit einem verteilten Luftspalt bezeichnet.
Hierdurch ist es beispielsweise möglich, den magnetischen Fluss in den
jeweiligen Transformator Kernen 41, 42 zu beeinflussen.

30 Der Transformator 1 umfasst sechs Wicklungen 11, 12, 21, 22, 23, 31. Die erste
Primärwicklung 11 und die zweite Primärwicklung 12 sind einem ersten
Spannungssystem zugeordnet. Die erste Sekundärwicklung 21 und die zweite
Sekundärwicklung 22 sowie die dritte Sekundärwicklung 23 sind einem zweiten
35 Spannungssystem zugeordnet. Die Tertiärwicklung 31 ist einem dritten

Spannungssystem zugeordnet. Die erste Primärwicklung 11 ist an einem ersten Transformator kern 41 angeordnet, das heißt die erste Primärwicklung 11 ist an einem vorbestimmten Bereich um den ersten Transformator kern 41 herum gewickelt. Die zweite Primärwicklung 12 ist an dem zweiten Transformator kern 42 angeordnet. Die erste Primärwicklung 11 und die zweite Primärwicklung 12 können dabei gleich oder zumindest annähernd gleich ausgebildet sein.

Die erste Sekundärwicklung 21 ist an dem ersten Transformator kern 41 angeordnet, und die zweite Sekundärwicklung 22 ist an dem zweiten Transformator kern 42 angeordnet. Die erste Sekundärwicklung 21 und die zweite Sekundärwicklung 22 können zumindest annähernd gleich ausgebildet sein und insbesondere eine gleiche Anzahl von Windungen aufweisen. Weiterhin ist eine dritte Sekundärwicklung 23 vorgesehen, welche sowohl an dem ersten Transformator kern 41 als auch an dem zweiten Transformator kern 42 angeordnet ist. Mit anderen Worten, die dritte Sekundärwicklung 23 umschließt jeweils an einem vorbestimmten Bereich sowohl den ersten Transformator kern 41 als auch den zweiten Transformator kern 42. Die erste Sekundärwicklung 21, die zweite Sekundärwicklung 22 und die dritte Sekundärwicklung 23 weisen jeweils einen ersten Anschluss 211, 221, 231 auf, die an einem Knotenpunkt K elektrisch miteinander verbunden sind. Darüber hinaus weisen die erste Sekundärwicklung 21, die zweite Sekundärwicklung 22 und die dritte Sekundärwicklung 23 jeweils einen zweiten Anschluss 212, 222 und 232 auf.

Weiterhin umfasst der Transformator 1 eine Tertiärwicklung 31, welche – analog zu der dritten Sekundärwicklung 23 – sowohl an dem ersten Transformator kern 41 als auch an dem zweiten Transformator kern 42 angeordnet ist. Auf diese Weise kann in der Tertiärwicklung 31 eine elektrische Spannung induziert werden, welche zu der Summe der magnetischen Flüsse in den beiden Transformator kernen 41 und 42 korrespondiert.

Figur 2 zeigt eine schematische Darstellung eines Dreiport-Spannungswandlers mit einem Transformator 1 gemäß einer Ausführungsform. Der Transformator 1 in dieser Ausführungsform entspricht weitestgehend dem Transformator 1 aus Figur 1. Daher gelten die im Zusammenhang mit Figur 1 gemachten Ausführungsformen auch für den Transformator 1 in Figur 2. Der Transformator 1

- 10 -

in Figur 2 unterscheidet sich von dem zuvor beschriebenen Transformator in Figur 1 lediglich darin, dass der erste Transformator Kern 41 und der zweite Transformator Kern 42 durch einen gemeinsamen Transformator Kern gebildet werden. Insbesondere sind die beiden Schenkel des ersten Transformator Kerns 41 und des zweiten Transformator Kerns 42, welche von der dritten Sekundärwicklung 23 und der Tertiärwicklung 31 umschlossen werden, zu einem einzelnen Schenkel 40 zusammengefasst. Ein solcher Transformator Kern kann beispielsweise durch eine E-förmige Struktur mit einem darüber angeordneten gerade verlaufenden Joch gebildet werden. Jedoch sind auch andere Möglichkeiten zur Bildung eines kombinierten Transformator Kerns gemäß Figur 2 möglich.

Zur elektrischen Energieübertragung von den Primärwicklungen 11, 12 zu den Sekundärwicklungen 21, 22 und gegebenenfalls zur Tertiärwicklung 31 kann eine erste Ansteuerschaltung 10 an der ersten Primärwicklung 11 eine erste Wechselspannung U_1 bereitstellen, und an der zweiten Primärwicklung 12 eine zweite Wechselspannung U_2 bereitstellen. Hierdurch werden in dem ersten Transformator Kern 41 und dem zweiten Transformator Kern 42 magnetische Flüsse hervorgerufen, welche in der ersten Sekundärwicklung 21 und der zweiten Sekundärwicklung 22 eine elektrische Spannung induzieren. Somit kann eine zweite Ansteuerschaltung 20 die Summe dieser beiden induzierten Spannungen, das heißt die elektrische Spannung zwischen dem zweiten Anschluss 212 der ersten Sekundärwicklung 21 und dem zweiten Anschluss 222 der zweiten Sekundärwicklung 22 gleichrichten. Die gleichgerichtete Spannung kann beispielsweise zum Aufladen eines elektrischen Energiespeichers wie zum Beispiel der Traktionsbatterie eines Elektrofahrzeugs verwendet werden. Unterscheidet sich der durch die erste Primärwicklung 11 hervorgerufene magnetische Fluss von dem magnetischen Fluss, der durch die zweite Primärwicklung 12 hervorgerufen wird, so wird auch in der Tertiärwicklung 31 eine elektrische Spannung induziert, die von einer angeschlossenen Gleichrichterschaltung 30 gleichgerichtet werden kann. Diese Spannung kann beispielsweise zum Aufladen eines elektrischen Energiespeichers, wie zum Beispiel dem Energiespeicher eines Niedervolt-Bordnetzes eines Fahrzeuges verwendet werden.

35

- 11 -

Figur 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Transformators 1 für einen Dreiport-Spannungswandler in einem weiteren Betriebsmodus. Der Transformator 1 gemäß Figur 3 ist weitestgehend identisch mit dem zuvor beschriebenen Transformator aus Figur 2. Daher gelten auch für den Transformator gemäß Figur 3 sämtliche zuvor gemachte Ausführungen. In dem Betriebsmodus gemäß Figur 3 kann die zweite Ansteuerschaltung 20 zwischen dem zweiten Anschluss 212 der ersten Sekundärwicklung 21 und dem zweiten Anschluss 232 der dritten Sekundärwicklung 23 eine elektrische Wechselfspannung U_3 anlegen. Ferner kann die zweite Ansteuerschaltung 20 zwischen dem zweiten Anschluss 222 der zweiten Sekundärwicklung 22 und dem zweiten Anschluss 232 der dritten Sekundärwicklung 23 eine elektrische Wechselfspannung U_4 anlegen. Insbesondere können die beiden angelegten Wechselfspannungen U_3 und U_4 gleich oder zumindest annähernd gleich sein. Hierdurch werden magnetische Flüsse in den Transformatorkernen 41, 42 hervorgerufen, die in der Tertiärwicklung 31 eine elektrische Wechselfspannung induzieren. Diese induzierte Wechselfspannung kann von der Gleichrichterschaltung 30 gleichgerichtet werden.

Die Wicklungen der ersten und zweiten Primärwicklung 11, 12, der ersten, zweiten und dritten Sekundärwicklung 21, 22, 23 sowie die Wicklung der Tertiärwicklung 31 können beispielsweise jeweils komplanar ausgeführt sein.

Figur 4 zeigt eine schematische Darstellung eines Querschnitts durch einen Transformator 1 gemäß einer Ausführungsform. Wie hieraus zu erkennen ist, können die Windungen der ersten Primärwicklung 11 und die Windungen der zweiten Primärwicklung 12 in einer ersten Ebene angeordnet werden. Beispielsweise können die Windungen der ersten und zweiten Primärwicklung 11, 12 als gedruckte Leiterbahnen auf einem Leiterplattensubstrat 51 angeordnet sein. Analog können auch die Windungen der ersten, zweiten und dritten Sekundärwicklung 21, 22, 23 in einer Ebene angeordnet sein. Auch diese Windungen können als gedruckte Leiterbahnen auf einem Leiterplattensubstrat realisiert werden. Beispielsweise können die Windungen der ersten, zweiten und dritten Sekundärwicklung 21, 22, 23 auf einem weiteren Leiterplattensubstrat 52 angeordnet sein. Alternativ ist es auch möglich, dass die Windungen der ersten und zweiten Primärwicklung 11, 12 und die Windungen der ersten, zweiten und

dritten Sekundärwicklung 21, 22, 23 auf gegenüberliegenden Seiten eines gemeinsamen Leiterplattensubstrats angeordnet sind.

5 Ferner können auch die Windungen der Tertiärwicklung 31 komplanar ausgeführt sein. Auch diese Windungen der Tertiärwicklung 31 können als gedruckte Leiterbahnen auf einem Leiterplattensubstrat angeordnet sein. Beispielsweise kann die Tertiärwicklung 31 zwischen zwei Leiterplattensubstraten 51, 52 angeordnet sein, auf denen die Primär- bzw. Sekundärwicklungen angeordnet sind. Selbstverständlich ist auch eine beliebige andere Reihenfolge für die 10 Primär-, Sekundär- und Tertiärwicklungen möglich.

Figur 5 zeigt eine schematische Darstellung einer Draufsicht auf eine komplanare Leiterbahnstruktur für die erste, zweite und dritte Sekundärwicklung 21, 22, 23. Die erste Sekundärwicklung 21 umschließt dabei einen äußeren Schenkel des 15 ersten Transformator-kerns 41. Analog umschließt die zweite Sekundärwicklung 22 einen äußeren Schenkel des zweiten Transformator-kerns 42. Die dritte Sekundärwicklung 23 umschließt einen mittleren Schenkel 40, der sowohl dem ersten als auch dem zweiten Transformator-kern 41, 42 zugeordnet ist.

20 Unterhalb der komplanaren Anordnung der Sekundärwicklungen kann beispielsweise die Tertiärwicklung 31 angeordnet sein. Dies ist in Figur 5 jedoch nicht dargestellt. In einer Ausführungsform kann die Tertiärwicklung 31 dabei zumindest annähernd deckungsgleich mit den Ausdehnungen der Sekundärwicklungen, insbesondere der dritten Sekundärwicklung 23 ausgeführt 25 sein.

Figur 6 zeigt eine schematische Darstellung eines Ablaufdiagramms, wie es einem Verfahren zum Übertragen elektrischer Energie mittels eines zuvor beschriebenen Transformators 1 ausgeführt werden kann. In einem Schritt S10 30 kann eine erste Wechselspannung U3 zwischen einem zweiten Anschluss 212 der ersten Sekundärwicklung 21 und einem zweiten Anschluss 232 der dritten Sekundärwicklung bereitgestellt werden. Gleichzeitig kann in Schritt S11 zwischen einem zweiten Anschluss 222 der zweiten Sekundärwicklung 22 und einem zweiten Anschluss 232 der dritten Sekundärwicklung 23 eine zweite 35 Wechselspannung U4 bereitgestellt werden. Eine sich hierauf einstellende

- 13 -

induzierte elektrische Spannung an der Tertiärwicklung 31 kann in Schritt S12 gleichgerichtet werden.

5 Zusammenfassend betrifft die vorliegende Erfindung die Übertragung elektrischer Energie mittels eines Transformators für einen Dreiport-Spannungswandler. Hierzu ist insbesondere eine zusätzliche Wicklung vorgesehen, welche je nach Betriebsmodus des Spannungswandlers mit in die Energieübertragung einbezogen werden kann oder nicht.

10

5 Ansprüche

1. Transformator (1) für einen Dreipol-Spannungswandler, mit:
 - 10 einem ersten ringförmigen Transformator kern (41);
 - einem zweiten ringförmigen Transformator kern (42);
 - einer ersten Primärwicklung (11), die an dem ersten Transformator kern (41) angeordnet ist;
 - 15 einer zweiten Primärwicklung (12), die an dem zweiten Transformator kern (42) angeordnet ist;
 - einer ersten Sekundärwicklung (21), die an dem ersten Transformator kern (41) angeordnet ist, und die einen ersten Anschluss (211) und einen zweiten Anschluss (212) umfasst;
 - 20 einer zweiten Sekundärwicklung (22), die an dem zweiten Transformator kern (42) angeordnet ist, und die einen ersten Anschluss (221) und einen zweiten Anschluss (222) umfasst;
 - einer dritten Sekundärwicklung (23), die an dem ersten Transformator kern (41) und dem zweiten Transformator kern (42) angeordnet ist, und die einen ersten Anschluss (231) und einen zweiten Anschluss (232) umfasst; und
 - 30 einer Tertiärwicklung (31), die an dem ersten Transformator kern (41) und dem zweiten Transformator kern (42) angeordnet ist,
 - wobei jeweils der erste Anschluss (211) der ersten Sekundärwicklung (21),
 - 35 der erste Anschluss (221) der zweiten Sekundärwicklung (22) und der erste

- 15 -

Anschluss (231) der dritten Sekundärwicklung (23) an einem gemeinsamen Knotenpunkt (K) elektrisch miteinander verbunden sind.

- 5 2. Transformator (1) nach Anspruch 1, wobei der erste Transformator Kern (41) und der zwei Transformator Kern (42) einen gemeinsamen Schenkel (40) umfassen, an dem die dritte Sekundärwicklung (23) und die Tertiärwicklung (31) angeordnet sind.
- 10 3. Transformator (1) nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Windungen der ersten Sekundärwicklung (21), der zweiten Sekundärwicklung (22) und der dritten Sekundärwicklung (23) komplanar angeordnet sind, und wobei die Tertiärwicklung (31) als eine komplanare Wicklung angeordnet ist.
- 15 4. Transformator (1) nach Anspruch 3, mit einem Leiterplattensubstrat (52), wobei die Windungen der ersten Sekundärwicklung (21), der zweiten Sekundärwicklung (22) und der dritten Sekundärwicklung (23) auf einer ersten Seite des Leiterplattensubstrats (52) angeordnet sind, und die Tertiärwicklung (31) auf einer zweiten Seite des Leiterplattensubstrat (52) angeordnet ist, die der ersten Seite des Leiterplattensubstrats (52)
20 gegenüber liegt.
- 25 5. Transformator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Windungen der ersten Primärwicklung (11) und der zweiten Primärwicklung (12) komplanar angeordnet sind.
6. Transformator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Tertiärwicklung (31) eine Windung umfasst.
- 30 7. Transformator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der erste Transformator Kern (41) und/oder der zweite Transformator Kern (42) mindestens einen diskreten Luftspalt umfassen, oder als Transformator Kerne mit einem verteilten Luftspalt ausgeführt sind.
- 35 8. Dreipol-Spannungswandler, mit:

einem Transformator (1) nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 7;

5 einer ersten Ansteuerschaltung (10), die dazu ausgelegt ist, an der ersten Primärwicklung (11) eine erste Wechselspannung (U1) bereitzustellen und an der zweiten Primärwicklung (12) eine zweite Wechselspannung (U2) bereitzustellen;

10 einer zweiten Ansteuerschaltung (20), die dazu ausgelegt ist, eine zwischen dem zweiten Anschluss (212) der ersten Sekundärwicklung (21) und dem zweiten Anschluss (222) der an der zweiten Sekundärwicklung (22) anliegende Wechselspannung gleichzurichten, oder zwischen dem zweiten Anschluss (212) der ersten Sekundärwicklung (21) und dem zweiten Anschluss (232) der dritten Sekundärwicklung (23) eine Wechselspannung (U3) bereitzustellen und zwischen dem zweiten
15 Anschluss (222) der zweiten Sekundärwicklung (22) und dem zweiten Anschluss (232) der dritten Sekundärwicklung (23) eine weitere Wechselspannung (U4) bereitzustellen; und

20 einer Gleichrichterschaltung (30), die dazu ausgelegt ist, eine an der Tertiärwicklung (31) anliegende Wechselspannung gleichzurichten.

9. Verfahren zum Übertragen von elektrischer Energie mit einem Transformator (1) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, mit den Schritten:

25 Bereitstellen (S10) einer ersten Wechselspannung (U3) zwischen dem zweiten Anschluss (212) der ersten Sekundärwicklung (21) und dem zweiten Anschluss (232) der dritten Sekundärwicklung (23);

30 Bereitstellen (S11) einer zweiten Wechselspannung (U4) zwischen dem zweiten Anschluss (222) der zweiten Sekundärwicklung (22) und dem zweiten Anschluss (232) der dritten Sekundärwicklung (23); und

Gleichrichten (S12) einer in der Tertiärwicklung (31) induzierten elektrischen Wechselspannung.

35

Fig. 1

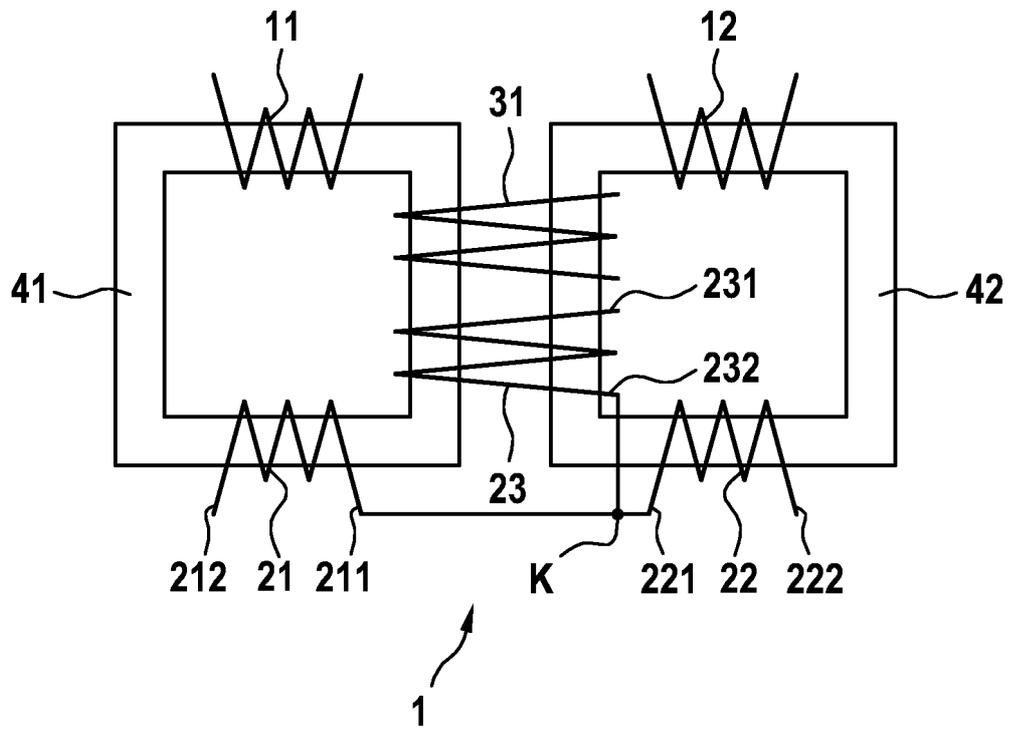


Fig. 2

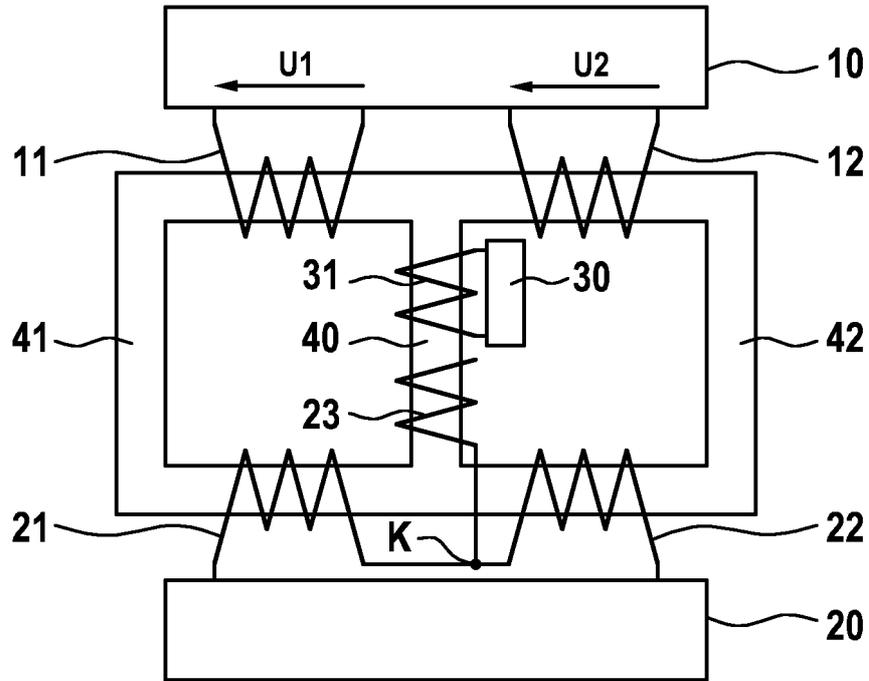


Fig. 3

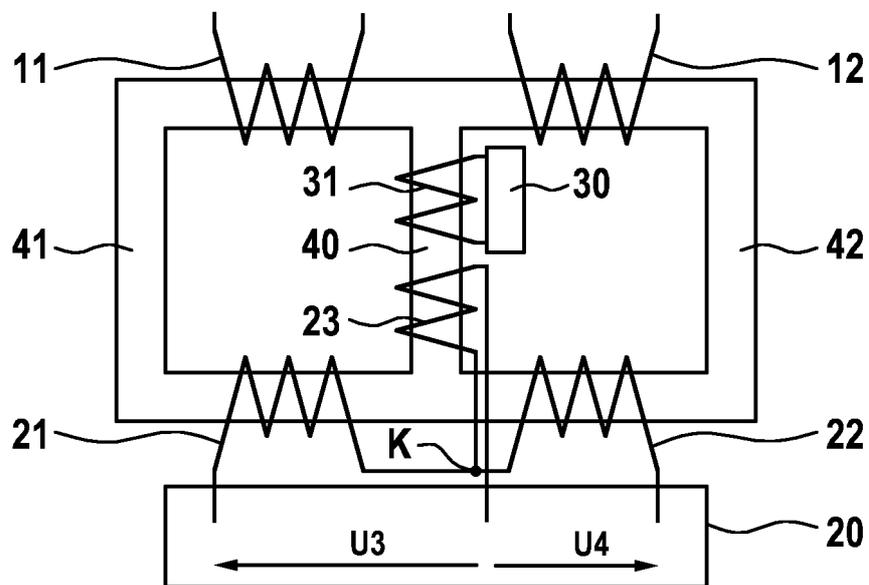


Fig. 4

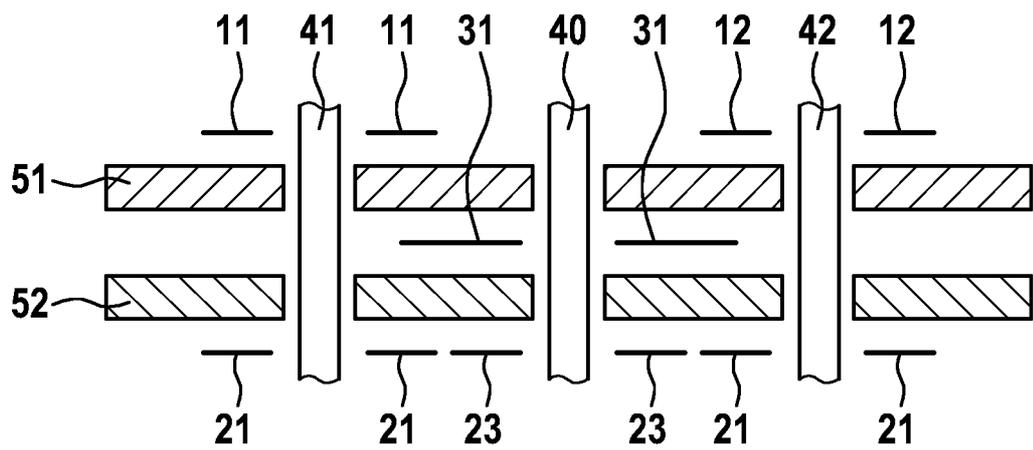


Fig. 5

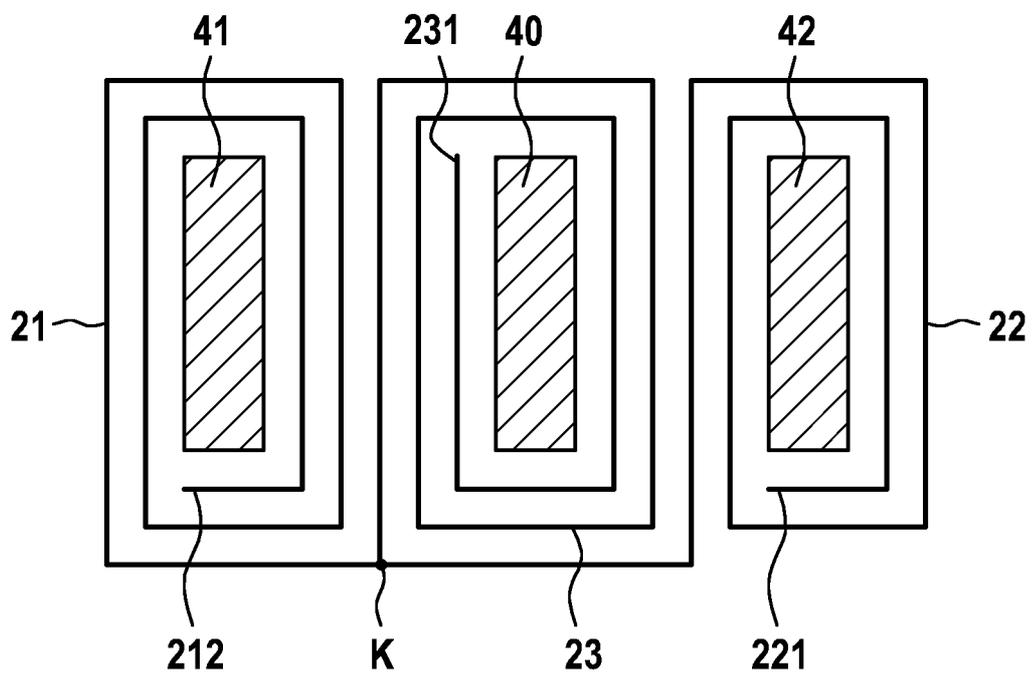
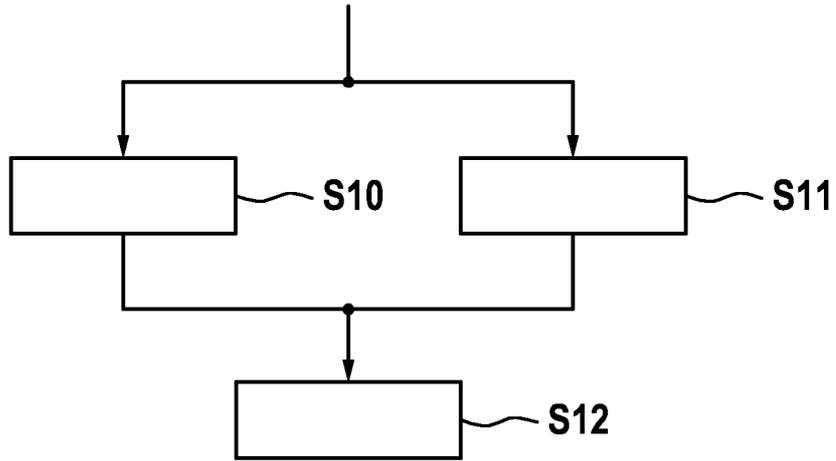


Fig. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/054874

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
H01F 27/28 (2006.01)i; H01F 27/38 (2006.01)i; H02M 3/335 (2006.01)i; B60L 53/22 (2019.01)j		
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) H01F; H02M; B60L		
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.
A	US 2014016369 A1 (CHANDRASEKARAN SRIRAM [US]) 16 January 2014 (2014-01-16) abstract; figures 48, 49 paragraph [0002]	1-9
A	US 2006220777 A1 (NAKAHORI WATARU [JP]) 05 October 2006 (2006-10-05) abstract; figures 12,13	1-9
A	US 5633577 A (MATSUMAE HIROSHI [JP] ET AL) 27 May 1997 (1997-05-27) abstract; figures 7-9 column 1, line 38 - line 40 column 7, line 60 - column 8, line 35	1-9
A	SCHAFFER JANNIK ET AL. "Multi-port multi-cell DC/DC converter topology for electric vehicle's power distribution networks" 2017 IEEE 18TH WORKSHOP ON CONTROL AND MODELING FOR POWER ELECTRONICS (COMPEL), IEEE, 09 July 2017 (2017-07-09), pages 1-9 DOI: 10.1109/COMPEL.2017.8013326 XP033144074 section I.; figure 2	1-9
<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 05 June 2019		Date of mailing of the international search report 17 June 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 Tano, Valeria Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/054874

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2014016369	A1	16 January 2014	CN	103545083	A	29 January 2014
				DE	102013106182	A1	16 January 2014
				US	2014016369	A1	16 January 2014

US	2006220777	A1	05 October 2006	CN	1841582	A	04 October 2006
				DE	102006014603	A1	19 October 2006
				JP	4266951	B2	27 May 2009
				JP	2006286992	A	19 October 2006
				US	2006220777	A1	05 October 2006

US	5633577	A	27 May 1997	JP	H0865904	A	08 March 1996
				US	5633577	A	27 May 1997

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H01F27/28 H01F27/38 H02M3/335 B60L53/22 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) H01F H02M B60L		
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.
A	US 2014/016369 A1 (CHANDRASEKARAN SRIRAM [US]) 16. Januar 2014 (2014-01-16) Zusammenfassung; Abbildungen 48, 49 Absatz [0002] -----	1-9
A	US 2006/220777 A1 (NAKAHORI WATARU [JP]) 5. Oktober 2006 (2006-10-05) Zusammenfassung; Abbildungen 12,13 -----	1-9
A	US 5 633 577 A (MATSUMAE HIROSHI [JP] ET AL) 27. Mai 1997 (1997-05-27) Zusammenfassung; Abbildungen 7-9 Spalte 1, Zeile 38 - Zeile 40 Spalte 7, Zeile 60 - Spalte 8, Zeile 35 ----- -/--	1-9
<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	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts	
5. Juni 2019	17/06/2019	
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 Tano, Valeria	

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	<p>SCHAFFER JANNIK ET AL: "Multi-port multi-cell DC/DC converter topology for electric vehicle's power distribution networks", 2017 IEEE 18TH WORKSHOP ON CONTROL AND MODELING FOR POWER ELECTRONICS (COMPEL), IEEE, 9. Juli 2017 (2017-07-09), Seiten 1-9, XP033144074, DOI: 10.1109/COMPEL.2017.8013326 [gefunden am 2017-08-18] Section I.; Abbildung 2</p> <p style="text-align: center;">-----</p>	1-9

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/054874

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2014016369	A1	16-01-2014	CN 103545083 A
			DE 102013106182 A1
			US 2014016369 A1

US 2006220777	A1	05-10-2006	CN 1841582 A
			DE 102006014603 A1
			JP 4266951 B2
			JP 2006286992 A
			US 2006220777 A1

US 5633577	A	27-05-1997	JP H0865904 A
			US 5633577 A
