

(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  
09. Januar 2020 (09.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2020/007812 A1**

(51) Internationale Patentklassifikation:

H02M 3/335 (2006.01) H02J 50/10 (2016.01)  
H02J 5/00 (2016.01) H02J 50/12 (2016.01)  
H02J 7/02 (2016.01)

(72) Erfinder: MEYER, Jörg; Sieboldstraße 41, 12524 Berlin (DE).

(74) Anwalt: PATENTANWÄLTE BRESSEL UND PARTNER MBB; Ramrath, Lukas, Potsdamer Platz 10, 10785 Berlin (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/067642

(22) Internationales Anmeldedatum:  
01. Juli 2019 (01.07.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2018 211 033.6  
04. Juli 2018 (04.07.2018) 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, 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.

(71) Anmelder: LAIRD DABENDORF GMBH [DE/DE]; Märkische Str. 72, 15806 Zossen (DE).

(54) Title: METHOD FOR OPERATING A CIRCUIT FOR PRODUCING AN ELECTROMAGNETIC FIELD, AND CIRCUIT

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER SCHALTUNG ZUR ERZEUGUNG EINES ELEKTROMAGNETISCHEN FIELDS UND SCHALTUNG

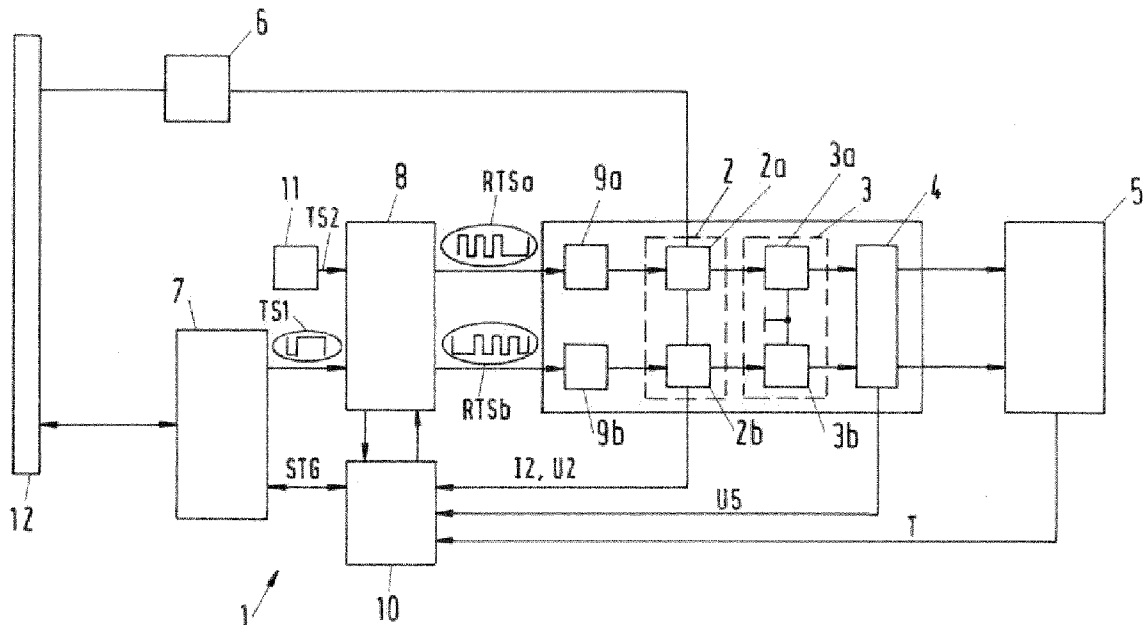


Fig.1

(57) Abstract: The invention relates to a method for operating a circuit for producing an electromagnetic field for the purpose of inductive energy transmission, an inverter (2) for providing an alternate voltage being operated at a first clock frequency, and an operation at another clock frequency being superimposed on the operation at the first clock frequency. The invention also relates to a circuit.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung, wobei ein Wechselrichter (2) zur Bereitstellung einer Wechselspannung mit einer ersten Taktfrequenz betrieben wird, wobei dem Betrieb mit der ersten Taktfrequenz ein Betrieb mit einer weiteren Taktfrequenz überlagert wird, sowie eine Schaltung.



WO 2020/007812 A1

**(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)

Verfahren zum Betrieb einer Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds und Schaltung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung sowie eine entsprechende Schaltung.

Es ist bekannt, Energie induktiv zu übertragen, insbesondere auch an portable Endgeräte wie z.B. Mobiltelefone oder sogenannte Tablet-PCs. Durch eine solche induktive Energieübertragung muss das entsprechende Endgerät nicht mehr über Kabel mit einer Energiequelle verbunden werden.

Die Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung erfolgt in der Regel mittels mindestens einer Windungsstruktur (Primärwindungsstruktur), die mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird und dann das elektromagnetische Feld erzeugt. Das derart erzeugte elektromagnetische Feld wird mittels einer weiteren Windungsstruktur (Sekundärwindungsstruktur), die z.B. Teil des Endgeräts sein kann, empfangen und induziert eine Spannung, die dann z.B. zum Betrieb des Endgeräts oder zum Laden einer Batterie/eines Akkumulators verwendet werden kann.

Es ist wünschenswert, die mittels der induktiven Energieübertragung übertragene Leistung einzustellen, beispielsweise um die Übertragung an Betriebsbedingungen des Endgeräts anzupassen, beispielsweise eine maximale Ladespannung eines Endgeräts.

Zum Einstellen der Leistung sind im Wesentlichen zwei Verfahren bekannt. Einerseits kann ein Einstellen erfolgen, indem die elektrische Spannung zum Beaufschlagen der Primärwindungsstruktur mit einer einstellbaren und somit variablen Frequenz bereitgestellt wird. Eine zweite Möglichkeit besteht darin, eine Eingangs-Gleichspannung eines Wechselrichters zur Erzeugung dieser Wechselspannung einzustellen. Dies erfolgt in der Regel mit geeigneten Gleichspannungswandlern, beispielsweise Tiefsetzstellern oder Tief-Hochsetzstellern.

Es stellt sich das technische Problem, eine Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung zu vereinfachen, insbesondere Bauraumanforderungen und entsprechende Kosten zu reduzieren, wobei

gleichzeitig eine zuverlässige und genaue Einstellung der übertragenen Leistung ermöglicht wird.

Die Lösung des technischen Problems ergibt sich durch die Gegenstände mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche. Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen.

Vorgeschlagen wird ein Verfahren zum Betrieb einer Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung. Die induktive Energieübertragung ist insbesondere eine Energieübertragung an ein mobiles Endgerät, z.B. ein Mobiltelefon oder ein Tablet-PC, welches auch als Receiver bezeichnet werden kann.

Die Schaltung kann in einem Fahrzeug verbaut sein. Insbesondere kann die Schaltung hierbei signal- und/oder datentechnisch mit einem Fahrzeugkommunikationssystem und/oder mit einem Bordnetz des Fahrzeugs verbunden sein. Dies ist aber nicht zwingend. Selbstverständlich kann die Schaltung auch in anderen Anwendungsbereichen, die die Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung erfordern, eingesetzt werden.

Die Schaltung zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds umfasst mindestens einen Wechselrichter. Weiter kann die Schaltung, wie nachfolgend noch näher erläutert, mindestens eine Steuereinrichtung zur Steuerung des Betriebs des Wechselrichters, mindestens eine Filtereinrichtung zur Filterung einer Ausgangsspannung des Wechselrichters sowie mindestens eine Windungsstruktur zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds bei Beaufschlagung mit der Ausgangsspannung umfassen oder aufweisen. Die Ausgangsspannung des Wechselrichters ist hierbei eine Wechselspannung. Eine Eingangsspannung des Wechselrichters ist eine Gleichspannung.

Der Wechselrichter bezeichnet ein Bauelement oder eine Gesamtheit von Bauelementen, mit der aus einer Eingangs-Gleichspannung eine Wechselspannung mit gewünschten Eigenschaften, insbesondere einer gewünschten (Grund)-Frequenz und/oder einer gewünschten Amplitude erzeugt werden kann. Der Wechselrichter kann hierbei als Brückenschaltung, insbesondere als sogenannte Halbbrücke oder sogenannte Vollbrücke,

ausgebildet sein. Insbesondere kann der Wechselrichter Schaltelemente umfassen, die beispielsweise als sogenannte MOSFET oder IGBT ausgebildete Schaltelemente. Diese Schaltelemente können durch ein Taktsignal (Gate-Signal) in einen Leitend-Zustand oder in einen Sperren-Zustand versetzt werden. Das Taktsignal kann hierbei von mindestens einer Steuereinrichtung bereitgestellt oder erzeugt werden. Das derart bereitgestellte Taktsignal kann dann über einen sogenannten Gate-Treiber an einen Gate-Anschluss des Schaltelements übertragen werden. Der Gate-Treiber kann hierbei das Taktsignal verstärken. Der Gate-Treiber kann ebenfalls Teil der Schaltung sein.

Weiter kann ein Schaltelement während einer Periodendauer des entsprechenden Taktsignals zuerst in einen Leitend-Zustand und danach in einen Sperren-Zustand oder umgekehrt versetzt werden. Insbesondere kann ein Schaltelement in den Leitend-Zustand versetzt werden, wenn ein Pegel des Grundtaktsignals einen vorbestimmten ersten Pegelwert aufweist. Dieser erste Pegelwert kann auch als High-Pegel bezeichnet werden. Entsprechend kann das Schaltelement in einen Sperren-Zustand versetzt werden, wenn ein Pegel des Grundtaktsignals einen zweiten vorbestimmten Wert aufweist. Dieser zweite Pegelwert kann auch als Low-Pegel bezeichnet werden. Hierbei kann der High-Pegel höher als der Low-Pegel sein. Ein Tastgrad des Taktsignals kann hierbei insbesondere ein Verhältnis der Zeitdauer in einer Periode, in der das Taktsignal den High-Pegel aufweist, zur Periodengesamtdauer bezeichnen.

Das Taktsignal kann hierbei eine sogenannte Taktfrequenz aufweisen. In Abhängigkeit der Taktfrequenz kann eine gewünschte Frequenz der Ausgangsspannung des Wechselrichters eingestellt werden. Insbesondere kann die Taktfrequenz gleich der gewünschten Frequenz sein.

In dem Verfahren wird der Wechselrichter zur Bereitstellung der Wechselspannung mit einer ersten Taktfrequenz betrieben. Dies kann insbesondere bedeuten, dass mindestens ein, vorzugsweise jedoch alle, Schaltelement(e) des Wechselrichters mit dieser ersten Taktfrequenz geschaltet werden. Die erste Taktfrequenz kann hierbei auch als Grundfrequenz bezeichnet werden. Die erste Taktfrequenz kann beispielsweise 111 kHz betragen.

Der Betrieb mit der ersten Taktfrequenz kann insbesondere erfolgen, indem ein Grundtaktsignal mit der ersten Taktfrequenz erzeugt wird, wobei das Grundtaktsignal oder

ein in Abhängigkeit des Grundtaktsignals erzeugtes Taktsignal dann zur Steuerung der Schaltvorgänge der Schaltelemente des Wechselrichters verwendet wird.

Das Grundtaktsignal kann z.B. ein Rechtecksignal sein. Ein Tastgrad des Grundtaktsignals kann einem vorbestimmten Wert entsprechen, vorzugsweise 0,5.

Erfindungsgemäß wird dem Betrieb des Wechselrichters, insbesondere der Schaltelemente des Wechselrichters, mit der ersten Taktfrequenz ein Betrieb mit einer weiteren Taktfrequenz überlagert. Dies kann insbesondere bedeuten, dass mindestens ein, vorzugsweise alle, Schaltelement(e) des Wechselrichters während des Betriebs mit der ersten Taktfrequenz zumindest zeitweise mit einer weiteren Taktfrequenz betrieben werden. Somit kann also dauerhaft oder zumindest zeitweise ein Betrieb des Wechselrichters mit zwei voneinander verschiedenen Frequenzen erfolgen.

Der Betrieb mit der weiteren Taktfrequenz kann insbesondere erfolgen, indem ein Modulationssignal mit der weiteren Taktfrequenz erzeugt wird und das Taktsignal zur Steuerung der Schaltvorgänge der Schaltelemente des Wechselrichters dann in Abhängigkeit des Grundtaktsignals als auch in Abhängigkeit des Modulationssignals erzeugt wird. Das Modulationssignal kann z.B. ein Rechtecksignal sein. Alternativ ist es aber auch möglich, dass das Modulationssignal eine von der Rechteckform verschiedene Form aufweist.

Sowohl das Grundtaktsignal als auch das Modulationssignal können somit Signale zur Erzeugung des (resultierenden) Taktsignals zur Steuerung der Schaltelemente des Wechselrichters bilden.

Es ist z.B. möglich, dass das Grundtaktsignal durch das Modulationssignal verändert, also moduliert, wird. So kann beispielsweise das Grundtaktsignal ein Trägersignal und das Modulationssignal ein Signal zu dessen Modulation bilden. Die Modulation kann z.B. durch eine einfache Überlagerung, z.B. in Form einer Signaladdition erfolgen. Vorzugsweise erfolgt die Modulation durch eine UND-Verknüpfung beider Signale.

Es sind jedoch auch andere Alternativen zur Erzeugung des Taktsignals möglich. So kann beispielsweise in einem ersten Zeitintervall das Grundtaktsignal das Taktsignal bilden und in einem weiteren Zeitintervall das Modulationssignal.

Durch die Einstellung mindestens einer Eigenschaft des weiteren Modulationssignals, insbesondere eines Tastgrads des Modulationssignals, kann dann die übertragene Leistung eingestellt werden. Insbesondere kann also die Veränderung der mindestens einen Eigenschaft zur Veränderung der übertragenen Leistung führen, insbesondere bei ansonsten konstanten Randbedingungen.

Insbesondere kann das Grundtaktsignal zur Einstellung der Grundfrequenz der Ausgangsspannung des Wechselrichters und somit zur Einstellung der Frequenz des elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung dienen, wobei das Modulationssignal zur Einstellung der zu übertragenden Leistung dient.

Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine schaltungstechnisch einfach realisierbare zuverlässige Einstellung der durch induktive Energieübertragung übertragenen Leistung.

Insbesondere ist es nicht notwendig, eine Amplitude der Eingangsspannung des Wechselrichters zu verändern, insbesondere mit einem entsprechenden Gleichspannungswandler. Hierdurch können Bauraum der Schaltung sowie Herstellungskosten reduziert werden. Weiter ist es nicht notwendig, die erste Taktfrequenz des Wechselrichters, die zur Einstellung der Frequenz der Ausgangsspannung des Wechselrichters dient, zu verändern, wodurch eine einfache Steuerung des Wechselrichters ermöglicht wird.

In einer weiter detaillierten Ausführungsform ist die weitere Taktfrequenz höher als die erste Taktfrequenz. Mit anderen Worten ist die Frequenz des Modulationssignals höher als die Frequenz des Grundtaktsignals. Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfach realisierbare Veränderung des Grundtaktsignals zur Einstellung einer gewünschten zu übertragenden Leistung.

Vorzugsweise ist die Taktfrequenz des Modulationssignals 5mal bis 15mal höher als die Taktfrequenz des Grundtaktsignals, vorzugsweise 10mal höher.

In einer weiteren detaillierten Ausführungsform wird ein Taktsignal in Abhängigkeit eines Grundtaktsignals mit der ersten Taktfrequenz und eines Modulationssignals mit der

weiteren Taktfrequenz erzeugt. Dies und entsprechende Vorteile wurden vorhergehend bereits erläutert.

Insbesondere kann in Abhängigkeit des Grundtaktsignals und des Modulationssignals ein schaltelementspezifisches Taktsignal für jedes Schaltelement des Wechselrichters erzeugt werden. Somit können also verschiedene Taktsignale erzeugt werden.

In einer weiter detaillierten Ausführungsform wird ein Schaltelement des Wechselrichters während einer Zeitdauer, in der das Grundtaktsignal während einer Periode des Grundtaktsignals einen ersten Pegel aufweist, mit der weiteren Taktfrequenz geschaltet. Der erste Pegel kann vorzugsweise der High-Pegel sein. Alternativ kann der erste Pegel aber auch der Low-Pegel sein.

Es ist möglich, dass das Schaltelement auch während einer Zeitdauer, in der das Grundtaktsignal während einer Periode des Grundtaktsignals einen zweiten Pegel, also z.B. den Low- oder den High-Pegel, aufweist, mit der weiteren Taktfrequenz geschaltet wird. Dies ist aber nicht zwingend. Insbesondere ist es auch möglich, dass das Schaltelement des Wechselrichters während der Zeitdauer, in der das Grundtaktsignal den zweiten Pegel aufweist, nicht mit der weiteren Taktfrequenz geschaltet wird.

Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfach realisierbare Veränderung des resultierenden Taktsignals zum Betrieb des Wechselrichters, welches zur Einstellung der zu übertragenden Leistung dient.

In einer weiteren Ausführungsform wird das erste Schaltelement durch den ersten Pegel in einen Leitend-Zustand versetzt. Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfache Modulierbarkeit des Grundtaktsignals zur Einstellung der zu übertragenden Leistung.

Es ist möglich, dass das erste und das Modulationssignal eine gleiche Amplitude aufweisen. Allerdings ist es auch möglich, dass die Amplituden des Grundtaktsignals und des Modulationssignals voneinander verschieden sind. Auch hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfach realisierbare Einstellung der zu übertragenden Leistung.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird ein Tastgrad des Modulationssignals verändert. Der Tastgrad kann insbesondere zur Einstellung der zu übertragenden Leistung verändert werden. Mit anderen Worten kann der Tastgrad in Abhängigkeit einer zu übertragenden Leistung eingestellt werden kann. Der Tastgrad kann hierbei zwischen 0 (einschließlich, ausschließlich) und 1 (einschließlich, ausschließlich) eingestellt werden. Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine einfach realisierbare Einstellung der zu übertragenden Leistung.

Es ist möglich, dass der Tastgrad während mindestens einer Periode des Grundtaktsignals konstant ist. Alternativ kann sich der Tastgrad aber auch während einer Periode des Grundtaktsignals ändern.

In einer weiteren Ausführungsform wird ein Tastgrad des Modulationssignals in Abhängigkeit der gewünschten Leistung eingestellt. Dies und entsprechende Vorteile wurden vorhergehend bereits erläutert.

In einer weiteren Ausführungsform wird eine Ausgangsspannung des Wechselrichters gefiltert, wobei mindestens eine Windungsstruktur zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds mit der gefilterten Ausgangsspannung beaufschlagt wird. Hierdurch können in vorteilhafter Weise unerwünschte Störanteile der durch den Wechselrichter erzeugten Ausgangsspannung reduziert oder vollständig eliminiert werden.

Wie nachfolgend noch näher erläutert, kann zur Filterung eine Filterschaltung dienen. Diese Filterschaltung kann mindestens einen Erdungsabschnitt aufweisen, der mit einem Referenzpotential verbunden ist. Bevorzugt ist die Filterschaltung symmetrisch relativ zum Erdungsabschnitt ausgebildet.

Weiter vorgeschlagen wird eine Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung. Die Schaltung dient hierbei zur Durchführung eines Verfahrens zum Betrieb einer Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung gemäß einer in dieser Offenbarung beschriebenen Ausführungsform. Somit ist die Schaltung insbesondere derart ausgebildet, dass ein solches Verfahren mit der Schaltung ausgeführt werden kann.

Die Schaltung umfasst, wie vorhergehend erläutert, einen Wechselrichter und mindestens eine Steuereinrichtung. Die Steuereinrichtung kann als Mikrocontroller ausgebildet sein oder einen solchen umfassen.

Erfindungsgemäß ist mittels der mindestens einen Steuereinrichtung der Wechselrichter zur Bereitstellung einer Wechselspannung mit einer ersten Taktfrequenz betreibbar, wobei dem Betrieb mit der ersten Taktfrequenz ein Betrieb mit einer weiteren Taktfrequenz überlagerbar ist.

Insbesondere kann mittels der mindestens einen Steuereinrichtung oder einer weiteren Steuereinrichtung mindestens ein Taktsignal zum Betrieb von mindestens einem Schaltelement des Wechselrichters in Abhängigkeit eines Grundtaktsignal mit der ersten Taktfrequenz und eines Modulationssignals mit der weiteren Taktfrequenz erzeugbar sein.

Hierbei kann das Grundtaktsignal von einer Grundtaktsignal-Erzeugungseinrichtung erzeugt werden. Die Grundtaktsignal-Erzeugungseinrichtung kann die Steuereinrichtung sein. Weiter kann das Modulationssignal von einer Modulationssignal-Erzeugungseinrichtung erzeugt werden. Die Modulationssignal-Erzeugungseinrichtung kann von der Grundtaktsignal-Erzeugungseinrichtung verschieden sein.

Weiter kann mindestens ein Taktsignal zum Betrieb von mindestens einem Schaltelement des Wechselrichters in Abhängigkeit des Grundtaktsignals und des Modulationssignals erzeugbar sein. Die Schaltung kann hierfür eine Einrichtung zur Bereitstellung des Taktsignals aufweisen, z.B. eine Modulationseinrichtung. Die Einrichtung zur Bereitstellung des Taktsignals kann die Steuereinrichtung sein. Alternativ kann die Einrichtung zur Bereitstellung des Taktsignals aber auch eine logische Schaltung, insbesondere eine analoge logische Schaltung, sein, insbesondere ein CPLD. Weiter alternativ kann die Einrichtung zur Bereitstellung des Taktsignals aber auch eine integrierte Schaltung sein, insbesondere ein FPGA.

Dies und entsprechende Vorteile wurden vorhergehend bereits erläutert.

Es ist weiter möglich, dass das Taktsignal an einen Gate-Treiber übertragen wird, wobei der Gate-Treiber das Taktsignal verstärkt und an mindestens ein Schaltelement des Wechselrichters überträgt.

Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung, die eine zuverlässige und genaue Einstellung einer zu übertragenden Leistung ermöglicht, wobei jedoch die Anzahl an benötigten Bauelementen und somit auch Bauraumanforderungen und Kosten reduziert sind.

Die Schaltung kann weiter eine Filterschaltung zur Filterung des Wechselspannungs-Ausgangssignals umfassen. Weiter kann die Schaltung eine Primärwindungsstruktur zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung umfassen. Diese Primärwindungsstruktur kann elektrisch mit Wechselspannungs-Ausgangsanschlüssen des Wechselrichters verbunden sein, insbesondere über die erläuterte Filterschaltung.

Weiter kann die Schaltung mindestens einen Gate-Treiber, wobei der Gate-Treiber in Abhängigkeit des Taktsignals ein Schaltsignal für ein Schaltelement erzeugt. Insbesondere kann der Gate-Treiber das Taktsignal verstärken.

In einer weiteren Ausführungsform umfasst die Schaltung eine Filterschaltung, wobei die Filterschaltung mindestens einen Erdungsabschnitt aufweist, der mit einem Referenzpotential verbunden ist.

Das Referenzpotential ist vorzugsweise ein Massepotential (Groundpotential). Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise eine möglichst störungsfreie Überlagerung einer weiteren Taktfrequenz. Weiter ergibt sich in vorteilhafter Weise, dass die Summe der Störströme, verursacht durch die Rechteck-Schaltspannung der Brücken mit ihren Oberwellen, zum Referenzpotential abgeleitet werden kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform ist die Filterschaltung symmetrisch relativ zum Erdungsabschnitt ausgebildet. Dies kann bedeuten, dass eine erste Teilanordnung von elektrischen Bauelementen der Filterschaltung zwischen einem ersten Wechselspannungs-Ausgangsanschluss des Wechselrichters und dem Erdungsabschnitt einer zweiten Teilanordnung von weiteren elektrischen Bauelementen der Filterschaltung zwischen einem zweiten Wechselspannungs-Ausgangsanschluss des Wechselrichters und dem Erdungsabschnitt entspricht.

Mit anderen Worten sind die beiden erläuterten Teilanordnungen gleichartig ausgebildet, insbesondere hinsichtlich einer Dimensionierung der elektrischen Bauelemente und deren elektrischer Anordnung/Verschaltung. Ist also der erste Wechselspannungs-Ausgangsanschluss des Wechselrichters über die erste Teilanordnung von elektrischen Bauelementen der Filterschaltung mit dem Erdungsabschnitt verbunden, so kann der zweite Wechselspannungs-Ausgangsanschluss des Wechselrichters mit dem Erdungsabschnitt über die zweite Teilanordnung elektrisch verbunden sein, wobei die zweite Anordnung gleich der ersten Anordnung ausgebildet ist.

Hierdurch ergibt sich in vorteilhafter Weise, dass elektrische Bauelemente der Filterschaltung bezüglich maximal zulässiger im Betrieb auftretender Spannungen/Ströme geringer dimensioniert werden können, wodurch wiederum Bauraum und Kosten bei der Herstellung der vorgeschlagenen Schaltung reduziert werden können.

In einer weiteren Ausführungsform ist eine elektrische Verbindung zwischen einer Gleichspannungsbereitstellungseinheit zur Bereitstellung der Eingangsspannung des Wechselrichters und einem Gleichspannungsanschluss des Wechselrichters frei von einem Gleichspannungswandler. Mit anderen Worten kann die Eingangsspannung des Wechselrichters nicht über einen Gleichspannungswandler eingestellt/verändert werden.

Es ist jedoch selbstverständlich möglich, dass die Eingangsspannung des Wechselrichters schwankt. Derartige Schwankungen sind zulässig und können insbesondere ausgegletzt werden. Es ist auch möglich, dass Spannungsschwankungen gezielt zur Leistungsbeeinflussung genutzt werden, z.B. durch eine gezielte Einstellung der Eingangsspannung.

Die Schaltung kann auch eine Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung umfassen, z.B. eine entsprechende Energiespeichereinrichtung oder eine Anschlussschnittstelle zur Verbindung mit einem externen Gleichspannungsnetz.

Mit weiter anderen Worten umfasst die Schaltung keinen Gleichspannungswandler zur Einstellung/Veränderung der Eingangsspannung des Wechselrichters.

Die Erfindung wird anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Die einzelnen Figuren zeigen:

- Fig. 1 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltung,
- Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltung in einer weiteren Ausführungsform,
- Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer Filterschaltung und
- Fig. 4 ein schematisches Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens.

Nachfolgend bezeichnen gleiche Bezugszeichen Elemente mit gleichen oder ähnlichen technischen Merkmalen.

In Fig. 1 ist schematisch ein Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Schaltung 1 zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung an ein nicht dargestelltes Endgerät, insbesondere portables Endgerät, dargestellt. Die Schaltung 1 umfasst einen Wechselrichter 2, wobei der Wechselrichter 2 eine als Halbbrücke ausgebildete erste Teilschaltung 2a und eine ebenfalls als Halbbrücke ausgebildete weitere Teilschaltung 2b umfasst. Weiter umfasst die Schaltung 1 eine Filterschaltung 3, die ebenfalls eine Filterteilschaltung 3a und eine weitere Filterteilschaltung 3b umfasst.

Die erfindungsgemäße Schaltung 1 kann weiter eine Kompensationsschaltung 4 umfassen. Durch die Kompensationsschaltung kann eine Resonanzfrequenz einer Schaltungsanordnung, die die Filterschaltung, die Kompensationsschaltung sowie eine Primärwindungsstruktur 5 umfasst, auf eine gewünschte Resonanzfrequenz eingestellt werden. Weiter kann die Schaltung 1 auch die mindestens eine Primärwindungsstruktur 5 umfassen. Es ist jedoch selbstverständlich möglich, dass die Schaltung 1 mehr als eine, also mehrere, Primärwindungsstrukturen 5 umfasst.

Weiter dargestellt ist eine Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung 6. Auch diese kann Teil der Schaltung 1 sein. Mittels der Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung 6, die

beispielsweise ebenfalls als Schaltkreis ausgebildet sein kann, wird eine Eingangs(gleich)spannung für den Wechselrichter 2 bereitgestellt. Die Eingangsspannung kann beispielsweise eine Amplitude von 14 V aufweisen.

Weiter dargestellt ist, dass sowohl die Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung 6 als auch die erste Steuereinrichtung 7 über eine Schnittstelle 12 an ein Fahrzeugkommunikationssystem und/oder an ein Bordnetz des Fahrzeugs angeschlossen sein kann.

Der Wechselrichter 2 wandelt diese Gleichspannung dann in eine Ausgangs(wechsel)spannung um. Diese Ausgangsspannung wird dann über die Filterschaltung 3 und die Kompensationsschaltung 4 an die Primärwindungsstruktur 5 übertragen. Somit wird die Primärwindungsstruktur 5 mit einer gefilterten Wechselfspannung beaufschlagt und erzeugt bei Beaufschlagung ein elektromagnetisches Feld zur induktiven Energieübertragung.

Weiter umfasst die Schaltung 1 eine z.B. als Mikrocontroller ausgebildete Steuereinrichtung 7.

Die Steuereinrichtung 7 erzeugt ein Grundtaktsignal TS1. Dieses Grundtaktsignal wird mit einer ersten Frequenz, die auch als Grundfrequenz bezeichnet werden kann, erzeugt. Die Grundfrequenz kann beispielsweise 111 kHz betragen.

Das Grundtaktsignal TS1 wird an eine Modulationseinrichtung 8 übertragen. Die Modulationseinrichtung 8 kann insbesondere als logische Schaltung, insbesondere als Anlogschaltung, ausgebildet sein. Vorzugsweise ist die Modulationseinrichtung 8 als CPLD (Complex Programmable Logic Devices) ausgebildet.

Eine Signalerzeugungseinrichtung 11, die ebenfalls Teil der Schaltung 1 sein kann, erzeugt ein Modulationssignal TS2. Dieses Modulationssignal TS2 wird phasensynchron zum Grundtaktsignal TS1 erzeugt. Weiter wird das Modulationssignal TS2 mit einer weiteren Frequenz, die auch als Modulationsfrequenz bezeichnet werden kann, erzeugt. Weiter kann das Modulationssignal TS2 mit einem vorbestimmten Tastgrad, beispielsweise 0,5, erzeugt werden. Die Modulationsfrequenz kann hierbei ein Vielfaches, insbesondere ein ganzzahliges Vielfaches, der Grundfrequenz sein.

Somit kann die Taktfrequenz des Grundtaktsignals TS1 kleiner als die Taktfrequenz des Modulationssignals TS2 sein. Insbesondere kann die Taktfrequenz des Modulationssignals in einem Bereich von 0 (ausschließlich) bis 100 (einschließlich), vorzugsweise 10mal, größer als die Taktfrequenz des Grundtaktsignals TS1 sein.

Die Modulationseinrichtung 8 kann das Modulationssignal TS2 an eine Signalverarbeitungseinrichtung 10 übertragen. Mittels der Signalverarbeitungseinrichtung 10 kann der Tastgrad des Modulationssignals TS2 verändert werden. Insbesondere kann die Steuereinrichtung 7 einen Soll-Tastgrad vorgeben, beispielsweise in Form einer Steuer(gleich)spannung, wobei mittels der Signalverarbeitungseinrichtung 10 der Tastgrad des Modulationssignals TS2 auf diesen Soll-Tastgrad eingestellt wird. Der Tastgrad des Modulationssignals kann hierbei zwischen 0 (einschließlich) bis 1 (einschließlich) variiert werden. Insbesondere kann der Tastgrad in Abhängigkeit einer gewünschten zu übertragenden Leistung eingestellt werden. Der Tastgrad kann beispielsweise durch einen Pegel der Steuerspannung kodiert sein.

Die Signalverarbeitungseinrichtung 10 kann hierbei ebenfalls eine logische Schaltung, insbesondere eine analoge, logische Schaltung, sein. Diese dient insbesondere zur Signalkonditionierung oder -formung.

Das Modulationssignal TS2 mit dem von der Signalverarbeitungseinrichtung 10 eingestelltem Tastgrad kann dann wieder an die Modulationseinrichtung 8 übertragen werden.

Diese kann resultierende Taktsignale RTSa, RTSb zur Steuerung der Schaltelemente (nicht dargestellt) der Halbbrücken 2a, 2b erzeugen, indem das Grundtaktsignal TS1 in Abhängigkeit oder durch das Modulationssignal TS2 mit eingestelltem Tastgrad verändert, also moduliert wird. Die Modulation kann insbesondere eine Pulsweitenmodulation sein. Insbesondere kann eine logische UND-Verknüpfung zwischen dem Grundtaktsignal TS1 und dem Modulationssignal TS2 mit eingestelltem Tastgrad erfolgen.

Das Grundtaktsignal TS1 kann hierbei ein Rechtecksignal sein. Das Modulationssignal TS2 kann ebenfalls ein Rechtecksignal sein.

Die Veränderung kann insbesondere aber nur dann erfolgen, wenn das Grundtaktsignal TS1 während einer Periode einen ersten Pegel, insbesondere einen High-Pegel, aufweist. Weist das Grundtaktsignal TS1 während einer Periode einen zweiten Pegel, insbesondere einen Low-Pegel, auf, so kann keine Veränderung durch das Modulationssignal TS2 erfolgen. In diesem Fall kann das Taktsignal dem Grundtaktsignal TS1 entsprechen. Somit kann das erste Taktsignal TS1 insbesondere derart verändert werden, dass ein Schaltelement des Wechselrichters 2 während einer Zeitdauer, in der das erste Taktsignal TS1 einen ersten Pegel aufweist, mit der weiteren Taktfrequenz zwischen einem Leitend-Zustand und einem Sperren-Zustand hin- und hergeschaltet wird.

Die derart erzeugten resultierenden Taktsignale RTSa, RTSb werden dann an Gate-Treiber 9a, 9b übertragen, die die entsprechenden resultierenden Taktsignale RTSa, RTSb verstärken und als Schaltsignale an Schaltelemente der Halbbrücken 2a übertragen. Die resultierenden Taktsignale RTSa, RTSb können hierbei voneinander verschieden sein.

In Fig. 1 ist dargestellt, dass die Veränderung des Tastgrads des Modulationssignals durch die Signalverarbeitungseinrichtung 10 erfolgt. Es ist selbstverständlich auch möglich, dass diese Veränderung durch entsprechend funktionelle Elemente der Modulationseinrichtung 8 erfolgt. Hierbei ist es möglich, dass der Tastgrad des Modulationssignals innerhalb einer Periodendauer des Grundtaktsignals TS1, konstant ist.

Weiter dargestellt ist, dass Kenngrößen der Schaltung 1, z.B. eine Spannung  $U_5$  der Primärwindungsstruktur 5, eine Temperatur  $T$  der Primärwindungsstruktur 5, eine Brückenspannung  $U_2$  und ein Brückenstrom  $I_2$ , die beispielsweise mittels geeigneter Erfassungseinrichtungen oder Sensoren erfasst werden können, über die Signalverarbeitungseinrichtung 10 an die Steuereinrichtung 7 übertragen werden können. Hierbei dient die Signalverarbeitungseinrichtung 10 zur Signalaufbereitung der entsprechenden Kenngrößen, insbesondere um eine einfache Analog-Digital-Wandlung durch die Steuereinrichtung 7 zu ermöglichen.

Eine weitere Kenngröße kann beispielsweise eine Eingangsgleichspannung des Wechselrichters 2 sein, der von der Spannungsbereitstellungseinrichtung 6 bereitgestellt wird. Diese kann aufgrund der Veränderung von äußeren Rahmenbedingungen variieren,

beispielsweise beim Starten eines Motors abfallen, wenn die Schaltung in einem Fahrzeug verbaut ist und an ein Fahrzeug-Bordnetz angeschlossen ist.

In Abhängigkeit mindestens einer Kenngröße kann insbesondere ein aktueller Arbeitspunkt der Schaltung, insbesondere eine aktuell übertragene Leistung, durch die Steuereinrichtung 7 bestimmt werden. In Abhängigkeit des derart bestimmten Arbeitspunkts kann dann durch die Steuereinrichtung 7 die zu übertragende Leistung verändert werden, insbesondere durch Veränderung des Soll-Tastgrads STG, z.B. indem die vorhergehend erläuterte Steuerspannung entsprechend verändert wird. Entsteht z.B. eine Abweichung von einer gewünschten zu übertragenden Leistung kann dann ein Tastgrad des weiteren Steuersignals bzw. des weiteren Taktsignals eingestellt werden, sodass wieder die gewünschte zu übertragene Leistung von der Schaltung 1 übertragen wird.

Es ist weiter möglich, dass eine Empfangseinrichtung mit einer Sekundärwindungsstruktur, die das von der Primärwindungsstruktur 5 erzeugte elektromagnetische Feld empfängt, durch eine entsprechende Änderung von Eigenschaften, z.B. eine Veränderung des Kopplungskoeffizienten, eine Veränderung von Eigenschaften der Spannung  $U_5$  der Primärwindungsstruktur 5 erzeugt.

So können beispielsweise elektrische Eigenschaften der Sekundärwindungsstruktur entsprechend einer bestimmten Abfolge, insbesondere einer gewünschten Bitfolge, geändert werden, z.B. entsprechend einer Bitfolge eines gewünschten Datenstroms (Abfolge von High Level- und Low-Level-Bits).

Dies kann einerseits durch eine Veränderung oder Umschaltung einer ohmschen Last erfolgen, die an Ausgangsanschlüssen der Sekundärwindungsstruktur angeschlossen ist. Alternativ oder kumulativ kann dies durch Veränderung oder Umschaltung der Kapazität eines kapazitiven Elements des Sekundärresonanzschwingkreises erfolgen, der die Sekundärwindungsstruktur und das kapazitive Element umfasst.

Im letzteren Fall erfolgt durch Veränderung oder Umschaltung der Kapazität eine Verstimmung des Systemresonanzkreises, der aus Primärresonanzkreis (umfassend die Primärwindungsstruktur 5) und Sekundärresonanzkreis gebildet wird.

Sind der Primär- und der Sekundärresonanzschwingkreis nicht gekoppelt, z.B. wenn der Receiver, der die Sekundärwindungsstruktur umfasst, sich nicht in der Nähe der Primärwindungsstruktur 5 befindet oder auf einer primärseitigen Auflagefläche aufliegt, so haben Primär- und Sekundärschwingkreis ihre eigenen vorbestimmten Resonanzfrequenzen. Nähert sich der Receiver der Primärwindungsstruktur an, z.B. beim Auflegen des Receivers, so koppeln beide Resonanzschwingkreise induktiv, wodurch sich die jeweiligen Resonanzfrequenzen angleichen und die Resonanzschwingkreise ein gemeinsames Schwingungssystem bilden.

Werden dann elektrische Eigenschaften des Sekundärschwingkreises verändert, so hat dies immer auch Rückwirkungen auf Eigenschaften des Primärschwingkreises, wobei sich insbesondere eine Amplitude der Spannung an der Primärwindungsstruktur 5 in Abhängigkeit der Veränderung der elektrischen Eigenschaften des Sekundärschwingkreises verändert.

Diese Veränderung in der Spannung an der Primärwindungsstruktur 5 kann erfasst werden, wobei in Abhängigkeit der derart erfassten Veränderungen dann der Datenstrom dekodiert werden kann.

Über derartige Änderungen können somit Informationen von der Empfangseinrichtung an die Steuereinrichtung 7 übertragen werden. So kann die Steuereinrichtung 7 diese Informationen, die in dem von der Signalverarbeitungseinrichtung 10 verarbeiteten Spannung U<sub>5</sub> der Primärwindungsstruktur 5 kodiert sind, dekodieren. Auf diese Weise ist es möglich, dass eine Empfangseinrichtung (nicht dargestellt) eine gewünschte Soll-Leistung an die Steuereinrichtung 7 übermittelt.

Fig. 2 zeigt eine erfindungsgemäße Schaltung 1 in einer weiteren Ausführungsform. Die in Fig. 2 dargestellte Schaltung 1 ist im Wesentlichen wie die in Fig. 1 dargestellte Schaltung 1 ausgebildet, wodurch auf die entsprechenden Ausführungen zu Fig. 1 verwiesen werden kann. Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten Schaltung 1 erzeugt die erste Steuereinrichtung 7 kein Grundtaktsignal TS<sub>1</sub>, sondern ein Soll-Signal SS, welches Soll-Eigenschaften eines Grundtaktsignals TS<sub>1</sub> und eines Modulationssignals TS<sub>2</sub> kodiert. Soll-Eigenschaften können beispielsweise eine Frequenz des Grundtaktsignals TS<sub>1</sub>, eine

Frequenz des Modulationssignals TS2 sowie ein gewünschter Tastgrad des Modulationssignals sein.

Die Modulationseinrichtung 8 erzeugt in Abhängigkeit des Sollsignals SS dann die in Fig. 1 bereits beschriebenen resultierenden Taktsignale RTSa, RTSb zur Ansteuerung der Schaltelemente des Wechselrichters 2.

Hierbei ist die Modulationseinrichtung 8 insbesondere als integrierte Schaltung, vorzugsweise als FPGA, ausgebildet. Die Modulationseinrichtung 8 kann hierbei mit einer Oszillationseinrichtung 16 verbunden sein und in Abhängigkeit eines Ausgangssignals dieser Oszillationseinrichtung 16 das Grundtaktsignal TS1 und das Modulationssignal TS2 erzeugen und zur Erzeugung der resultierenden Taktsignale RTSa, RTSb das Grundtaktsignal TS1, wie vorhergehend erläutert, durch das Modulationssignal TS2 verändern.

Im Unterschied zu der in Fig. 1 dargestellten Ausführungsform ist es weiter möglich, dass ein Tastgrad des Modulationssignals TS2 innerhalb einer Periode des Grundtaktsignals TS1, insbesondere kontinuierlich, verändert wird. Beispielsweise kann die Veränderung des Tastgrads des Modulationssignals TS2 sinusförmig sein. Selbstverständlich können jedoch auch andere Zeitverläufe des Tastgrads in einer Periode des Grundtaktsignals TS1, beispielsweise ein dreieckförmiger Verlauf, realisiert werden.

In diesem Fall die Veränderung des Grundtaktsignals TS1 durch das Modulationssignal TS2 sowohl in einem Zeitraum einer Periode des Grundtaktsignals TS1, in dem das Grundtaktsignal TS1 einen ersten Pegel aufweist, als auch in dem Zustand, als auch in einem Zeitraum einer Periode des Grundtaktsignals TS1, in dem das Grundtaktsignal TS1 einen zweiten Pegel aufweist, erfolgen.

Eine derartige Veränderung des Tastgrads des Modulationssignals TS2 hat den technischen Vorteil, dass eine elektromagnetische Verträglichkeit der Schaltung 1 verbessert wird. Weiter vorteilhafterweise wird eine bessere Effizienz der induktiven Energieübertragung erreicht. Dies ist insbesondere der Fall, da aufgrund der erläuterten Veränderungen des Tastgrads die vom Wechselrichter 2 erzeugte Wechselspannung geringere Störanteile aufweist und somit Anforderungen an eine Filterung des Ausgangssignals des Wechselrichters 2 reduziert werden können.

Fig. 3 zeigt ein schematisches Blockschaltbild einer erfindungsgemäßen Filterschaltung 3 und einer Kompensationsschaltung 4. Die Filterschaltung 3 umfasst zwei Teilanordnungen, nämlich eine erste Filterteilanordnung 3a und eine zweite Filterteilanordnung 3b.

Dargestellt ist ein erster wechselrichterseitiger Anschluss 15a und ein weiterer wechselrichterseitiger Anschluss 15b der Filterschaltung 3. Weiter dargestellt ist ein erster windungsstrukturseitiger Anschluss 14a und ein weiterer windungsstrukturseitiger Anschluss 15b der Filterschaltung 3. An diese Anschlüsse 14a, 14b ist die Kompensationsschaltung 4 angeschlossen. Weiter dargestellt ist ein erster windungsstrukturseitiger Anschluss 13a und ein zweiter windungsstrukturseitiger Anschluss 13b der Kompensationsschaltung 4, an die die Primärwindungsstruktur 5 (siehe Fig. 1) angeschlossen wird.

Die Filterschaltung 3 weist einen Erdungsabschnitt EA auf, der mit einem Referenzpotential RP elektrisch verbunden ist. Das Referenzpotential RP kann insbesondere ein Massepotential sein. Weiter ist dargestellt, dass die Filterschaltung 3 symmetrisch relativ zum Erdungsabschnitt EA ausgebildet ist. Insbesondere ist eine elektrische Verbindung zwischen dem ersten wechselrichterseitigen Anschluss 15a und dem Erdungsabschnitt EA, also die erste Filterteilanordnung 3a, in gleicher Weise wie die elektrische Verbindung des zweiten wechselrichterseitigen Anschlusses 15b mit dem Erdungsabschnitt EA, also wie die zweite Filterteilanordnung 3b, ausgebildet. Die Filterteilanordnungen 3a, 3b umfassen jeweils eine z.B. als Spule ausgebildetes induktives Element La, Lb. Weiter umfassen die Filterteilanordnungen 3a, 3b jeweils eine Parallelschaltung eines z.B. als Kondensator ausgebildeten ersten kapazitiven Elements C1a, C1b und eines zweiten, z.B. ebenfalls als Kondensator ausgebildeten, kapazitiven Elements C2a, C2b.

Die genannte Parallelschaltung der kapazitiven Elemente C1a, C2a, C1b, C2b ist in Reihe zu dem entsprechenden induktiven Element La, Lb der entsprechenden Filterteilanordnung 3a, 3b geschaltet. Zwischen dem ersten wechselrichterseitigen Anschluss 15a ist somit die Reihenschaltung aus dem ersten induktiven Element La und der Parallelschaltung der kapazitiven Elemente C1a, C2a der ersten Filterteilanordnung 3a angeordnet. Zwischen dem zweiten wechselrichterseitigen Anschluss 15b und dem

Erdungsabschnitt EA ist die Reihenschaltung des zweiten induktiven Elements Lb und der Parallelschaltung der kapazitiven Elemente C1b, C2b der zweiten Filterteilanordnung 3b angeordnet. Eine Induktivität der induktiven Elemente La, Lb der Filterteilanordnungen 3a, 3b können gleich sein. Ebenfalls können Kapazitäten der ersten kapazitiven Elemente C1a, C1b der beiden Filterteilanordnungen 3a, 3b gleich sein. Entsprechend können die Kapazitäten der zweiten kapazitiven Elemente C2a, C2b der beiden Filterteilanordnungen 3a, 3b gleich sein.

Die Kompensationsschaltung 4 umfasst zwei parallel geschaltete Kompensationskondensatoren Ck1, Ck2.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Flussdiagramm eines erfindungsgemäßen Verfahrens. In einem ersten Schritt S1 wird ein Grundtaktsignal TS1 mit einer ersten Frequenz erzeugt. In einem zweiten Schritt S2 wird ein Modulationssignal TS2 mit einer weiteren Taktfrequenz erzeugt, wobei die weitere Taktfrequenz höher als die erste Taktfrequenz ist. Das Modulationssignal TS2 wird hierbei in Abhängigkeit des Grundtaktsignals TS1 erzeugt, insbesondere derart, dass es auf das Grundtaktsignal TS1 aufsynchronisiert ist. Insbesondere kann eine Phasenlage des Grundtaktsignals TS1 bestimmt werden, wobei dann eine Phasenlage des Modulationssignals TS2 derart eingestellt wird, dass die beiden Signale TS1, TS2 eine vorbestimmte Phasendifferenz aufweisen. Insbesondere kann die Phasenlage des Modulationssignals TS2 derart eingestellt werden, dass der Beginn einer Periode des Grundtaktsignals TS1 dem Beginn einer Periode des Modulationssignals TS2 entspricht.

Hierbei kann die erste Taktfrequenz durch die erste Steuereinrichtung 7 eingestellt werden. Mittels einer Signalverarbeitungseinrichtung 10 (siehe Fig. 1) oder einer Modulationseinrichtung 8 (siehe z.B. Fig. 2) kann ein Tastgrad des Modulationssignals TS2 eingestellt werden. In einem dritten Schritt S3 kann dann das Grundtaktsignal TS1 durch das Modulationssignal TS2 verändert werden, insbesondere moduliert werden. Insbesondere kann eine Pulsweitenmodulation erfolgen. Weiter kann im dritten Schritt S3 ein resultierendes Taktsignal RTS zum Betreiben des Wechselrichters 2 erzeugt werden.

Der erste und der zweite Schritt S1, S2 können hierbei zumindest zeitweise, insbesondere nach der Aufsynchronisierung, simultan ausgeführt werden.

## Bezugszeichenliste

1	Schaltung
2	Wechselrichter
2a	Halbbrücke
2b	Halbbrücke
3	Filterschalter
3a	erste Filterteilanordnung
3b	zweite Filterteilanordnung
4	Kompensationsschaltung
5	Primärwindungsstruktur
6	Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung
7	erste Steuereinrichtung
8	Modulationseinrichtung
9a	erster Gate-Treiber
9b	zweiter Gate-Treiber
10	Signalverarbeitungseinrichtung
11	Signalerzeugungseinrichtung
12	Schnittstelle
13a	erster primärwindungsseitiger Anschluss der Kompensationsschaltung
13b	zweiter primärwindungsseitiger Anschluss der Kompensationsschaltung
14a	erster primärwindungsseitiger Anschluss der Filterschaltung
14b	zweiter primärwindungsseitiger Anschluss der Filterschaltung
15a	erster wechselrichterseitiger Anschluss der Filterschaltung
15b	zweiter wechselrichterseitiger Anschluss der Filterschaltung
SS	Steuersignal
RTS	
I2	Brückenstrom
U2	Brückenspannung
U5	Primärwindungsspannung
T	Temperatur
RP	Referenzpotential
EA	Erdungsabschnitt
La	erstes induktives Element
Lb	zweites induktives Element

- C1a erstes kapazitives Element der ersten Filterteilanordnung
- C2a zweites kapazitives Element der ersten Filterteilanordnung
- C1b erstes kapazitives Element der zweiten Filterteilanordnung
- C2b zweites kapazitives Element der zweiten Filterteilanordnung
- S1 erster Schritt
- S2 zweiter Schritt
- S3 dritter Schritt
- STG Soll-Tastgrad

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Schaltung (1) zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung, wobei ein Wechselrichter (2) zur Bereitstellung einer Wechselspannung mit einer ersten Taktfrequenz betrieben wird, dadurch gekennzeichnet, dass dem Betrieb mit der ersten Taktfrequenz ein Betrieb mit einer weiteren Taktfrequenz überlagert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die weitere Taktfrequenz höher als die erste Taktfrequenz ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens ein Taktsignal zum Betrieb von mindestens einem Schaltelement des Wechselrichters in Abhängigkeit eines Grundtaktsignals (TS1) mit der ersten Taktfrequenz und eines Modulationssignals (TS2) mit der weiteren Taktfrequenz erzeugt wird.
4. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Schaltelement des Wechselrichters während einer Zeitdauer, in der das Grundtaktsignal (TS1) während einer Periode des Grundtaktsignals (TS1) einen ersten Pegel aufweist, mit der weiteren Taktfrequenz geschaltet wird.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass das mindestens eine Schaltelement durch den ersten Pegel in einen Leitend-Zustand versetzt wird.
6. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tastgrad des Modulationssignals (TS2) verändert wird.
7. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass ein Tastgrad des Modulationssignals (TS2) in Abhängigkeit einer gewünschten Leistung eingestellt wird.
8. Verfahren nach einem der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Ausgangsspannung des Wechselrichters (2) gefiltert wird, wobei

- mindestens eine Windungsstruktur (5) zur Erzeugung des elektromagnetischen Felds mit der gefilterten Ausgangsspannung beaufschlagt wird.
9. Schaltung zur Erzeugung eines elektromagnetischen Felds zur induktiven Energieübertragung, wobei die Schaltung (1) einen Wechselrichter (2) und mindestens eine Steuereinrichtung (7) umfasst, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der mindestens einen Steuereinrichtung (7) der Wechselrichter (2) zur Bereitstellung einer Wechselspannung mit einer ersten Taktfrequenz betreibbar, wobei dem Betrieb mit der ersten Taktfrequenz ein Betrieb mit einer weiteren Taktfrequenz überlagerbar ist.
  10. Schaltung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Schaltung (1) eine Filterschaltung (3) umfasst, wobei die Filterschaltung (4) mindestens einen Erdungsabschnitt (EA) aufweist, der mit einem Referenzpotential (RP) verbunden ist.
  11. Schaltung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Filterschaltung (3) symmetrisch relativ zum Erdungsabschnitt ausgebildet ist.
  12. Schaltung nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass eine elektrische Verbindung zwischen einer Gleichspannungsbereitstellungseinrichtung (6) und einem Gleichspannungsanschluss des Wechselrichters (2) frei von einem Gleichspannungswandler ist.

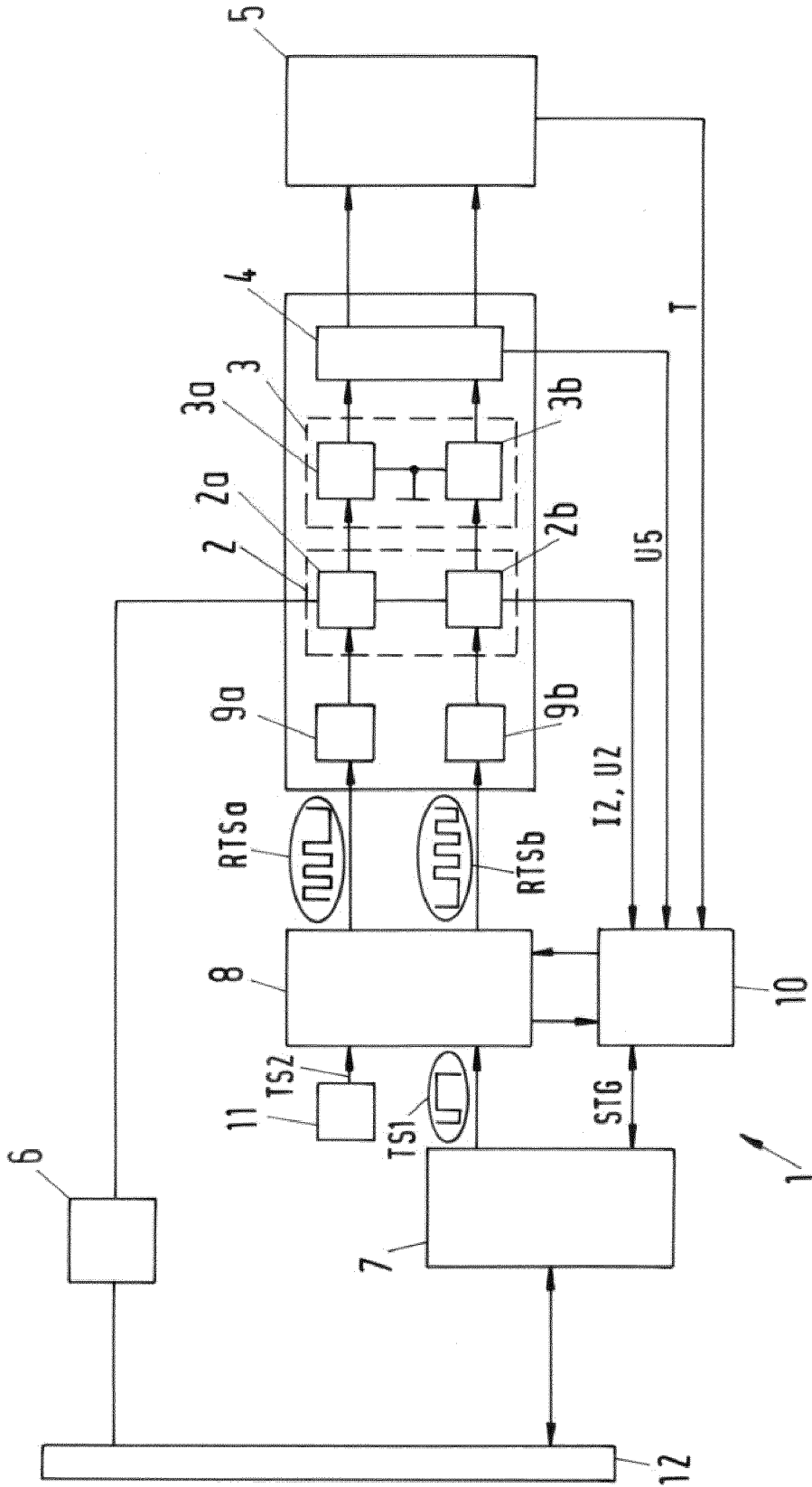


Fig.1

2/4

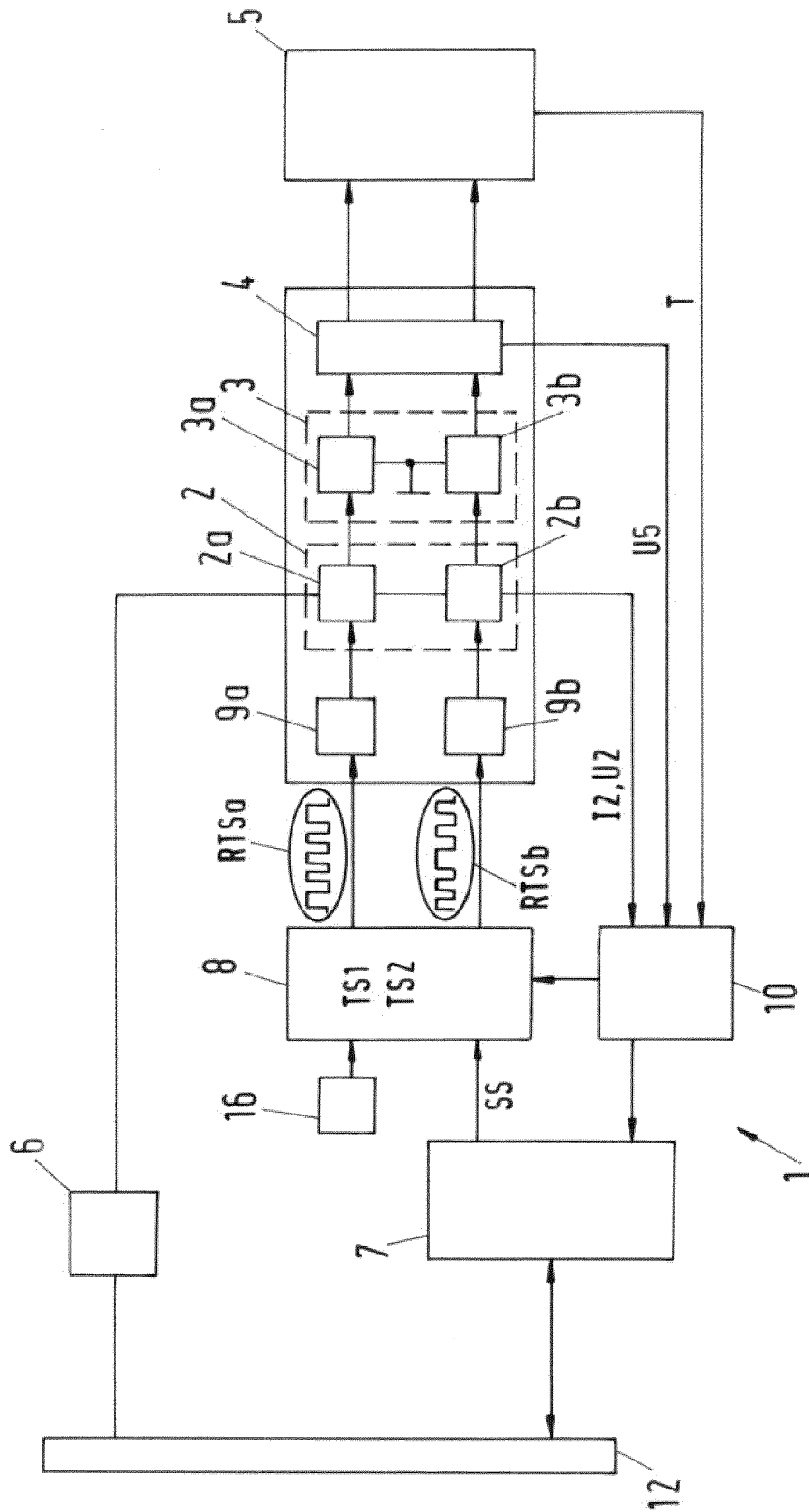


Fig.2

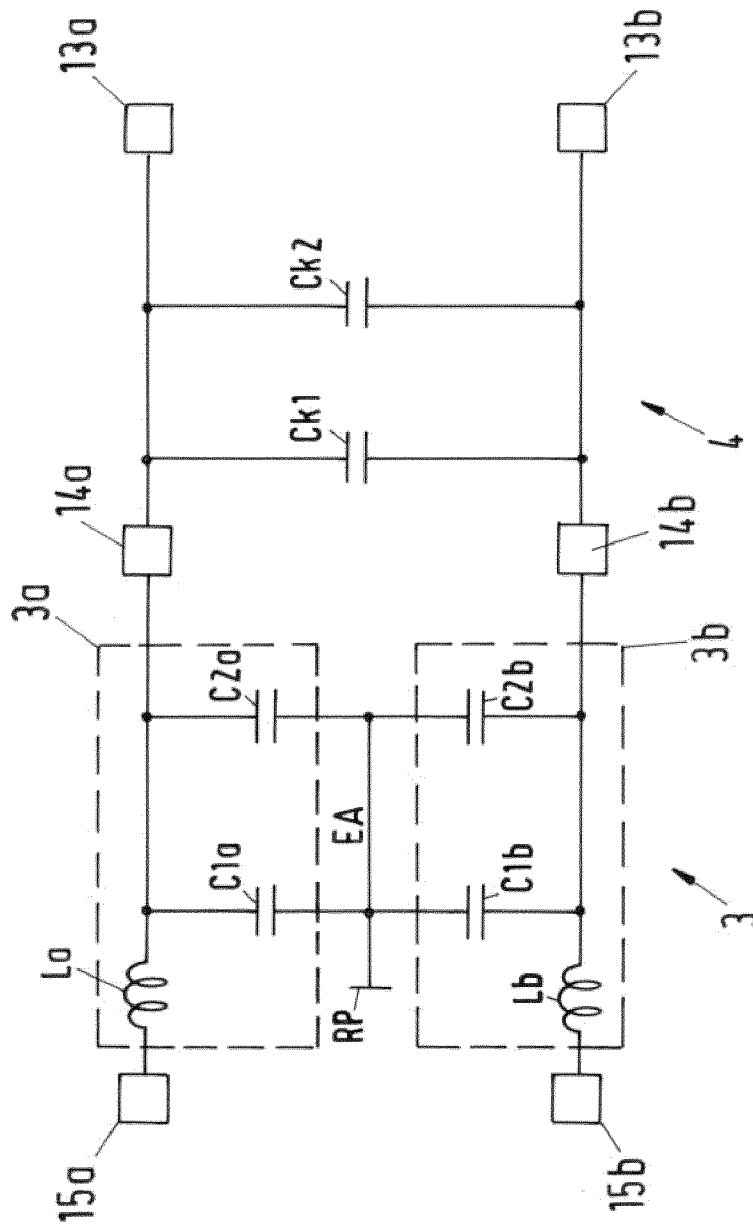


Fig.3

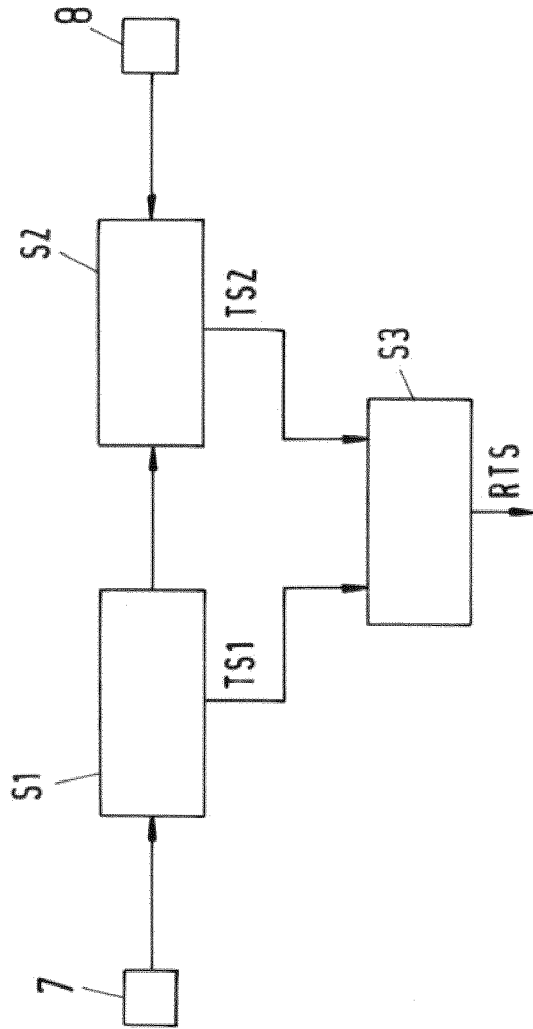


Fig.4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/EP2019/067642**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<i>H02M 3/335</i> (2006.01)i; <i>H02J 5/00</i> (2016.01)i; <i>H02J 7/02</i> (2016.01)i; <i>H02J 50/10</i> (2016.01)i; <i>H02J 50/12</i> (2016.01)i		
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; H02J		
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		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 4047120 A (LORD HAROLD WILBUR ET AL) 06 September 1977 (1977-09-06) column 3, lines 50,40-50; figures 1,2 column 4, lines 12-21 column 5, lines 31-50	1-12
X A	US 2018154786 A1 (WANG JIYAO [US] ET AL) 07 June 2018 (2018-06-07) paragraph [0030]; figure 2	1,9 2-8,10-12
X A	US 2018109246 A1 (ZAPLANA RICARDO [IE]) 19 April 2018 (2018-04-19) paragraphs [0079], [0081]; figures 6,7,11	1,9 2-8,10-12
X A	US 2016294445 A1 (NORCONK MATTHEW J [US] ET AL) 06 October 2016 (2016-10-06) paragraphs [0035], [0081]; figures 2,10A-H	1,9 2-8,10-12
<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>12 September 2019</b>		Date of mailing of the international search report <b>20 September 2019</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>Kanelis, Konstantin</b>  Telephone No.

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

International application No.

**PCT/EP2019/067642**

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
US	4047120	A	06 September 1977	NONE	
US	2018154786	A1	07 June 2018	CN 108134553 A	08 June 2018
				DE 102017128260 A1	07 June 2018
				US 2018154786 A1	07 June 2018
US	2018109246	A1	19 April 2018	CN 110063006 A	26 July 2019
				EP 3526892 A1	21 August 2019
				US 2018109246 A1	19 April 2018
				WO 2018069771 A1	19 April 2018
US	2016294445	A1	06 October 2016	CA 2825912 A1	16 August 2012
				CN 103460615 A	18 December 2013
				CN 105743545 A	06 July 2016
				EP 2673889 A2	18 December 2013
				JP 6001563 B2	05 October 2016
				JP 6457448 B2	23 January 2019
				JP 2014509486 A	17 April 2014
				JP 2016226040 A	28 December 2016
				KR 20140052954 A	07 May 2014
				TW 201251389 A	16 December 2012
				TW 201626770 A	16 July 2016
				US 2013039395 A1	14 February 2013
				US 2014254696 A1	11 September 2014
				US 2016294445 A1	06 October 2016
				WO 2012109137 A2	16 August 2012

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02M3/335 H02J5/00 H02J7/02 H02J50/10 H02J50/12 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole ) H02M H02J		
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		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 4 047 120 A (LORD HAROLD WILBUR ET AL) 6. September 1977 (1977-09-06) Spalte 3, Zeilen 50,40-50; Abbildungen 1,2 Spalte 4, Zeilen 12-21 Spalte 5, Zeilen 31-50 -----	1-12
X	US 2018/154786 A1 (WANG JIYAO [US] ET AL) 7. Juni 2018 (2018-06-07)	1,9
A	Absatz [0030]; Abbildung 2 -----	2-8, 10-12
X	US 2018/109246 A1 (ZAPLANA RICARDO [IE]) 19. April 2018 (2018-04-19)	1,9
A	Absätze [0079], [0081]; Abbildungen 6,7,11 -----	2-8, 10-12
	-/-	
<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
12. September 2019		20/09/2019
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  Kanelis, Konstantin

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	US 2016/294445 A1 (NORCONK MATTHEW J [US] ET AL) 6. Oktober 2016 (2016-10-06) Absätze [0035], [0081]; Abbildungen 2,10A-H  -----	1,9  2-8, 10-12

**INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/067642

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 4047120	A	06-09-1977	KEINE
-----			
US 2018154786	A1	07-06-2018	CN 108134553 A 08-06-2018
			DE 102017128260 A1 07-06-2018
			US 2018154786 A1 07-06-2018
-----			
US 2018109246	A1	19-04-2018	CN 110063006 A 26-07-2019
			EP 3526892 A1 21-08-2019
			US 2018109246 A1 19-04-2018
			WO 2018069771 A1 19-04-2018
-----			
US 2016294445	A1	06-10-2016	CA 2825912 A1 16-08-2012
			CN 103460615 A 18-12-2013
			CN 105743545 A 06-07-2016
			EP 2673889 A2 18-12-2013
			JP 6001563 B2 05-10-2016
			JP 6457448 B2 23-01-2019
			JP 2014509486 A 17-04-2014
			JP 2016226040 A 28-12-2016
			KR 20140052954 A 07-05-2014
			TW 201251389 A 16-12-2012
			TW 201626770 A 16-07-2016
			US 2013039395 A1 14-02-2013
			US 2014254696 A1 11-09-2014
			US 2016294445 A1 06-10-2016
			WO 2012109137 A2 16-08-2012
-----			