

(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
02. Januar 2020 (02.01.2020)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2020/002227 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:

B60L 53/12 (2019.01) *H02H 3/44* (2006.01)
H02J 50/10 (2016.01) *H02H 7/125* (2006.01)
H02H 7/10 (2006.01) *H02H 9/04* (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/066660

(22) Internationales Anmeldedatum:
24. Juni 2019 (24.06.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 115 860.2
29. Juni 2018 (29.06.2018) DE

(71) Anmelder: BRUSA ELEKTRONIK AG [CH/CH]; Neu-
dorf 14, 9466 Sennwald (CH).

(72) Erfinder: ERLER, Martin; Eschbühel 22, 6850 Dorn-
birn (AT). HANSELMANN, Marc; Holengass 18, 9467
Frümsen (CH). BÖHLER, Lukas; Rietbrüelweg 2, 7323
Wangs (CH). BOSCH, Marc; Widenstrasse 7, 9466 Senn-
wald (CH).

(74) Anwalt: FRANK RÖSLER; RÖSLER RASCH VAN
DER HEIDE & PARTNER, Bodenseestr. 18, 81241 Mün-
chen (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,

(54) Title: INDUCTIVE CHARGING OF VEHICLES WITH SECONDARY-SIDE VOLTAGE MEASUREMENT AND FEED-
BACK FROM THE SECONDARY SIDE TO THE PRIMARY SIDE

(54) Bezeichnung: INDUKTIVE LADUNG VON FAHRZEUGEN MIT SEKUNDÄRSEITIGER SPANNUNGSMESSUNG UND
RÜCKWIRKUNG DER SEKUNDÄRSEITE AUF DIE PRIMÄRSEITE

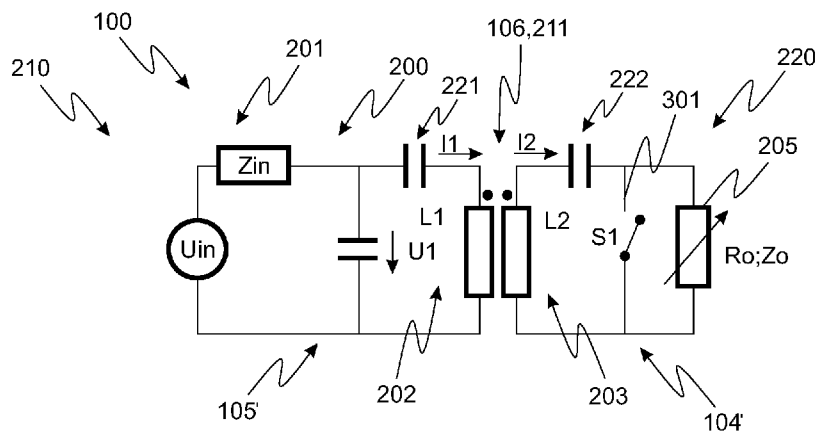


Fig. 3

(57) Abstract: The invention relates to a secondary-side circuit device comprising a secondary coil (L2) for transmitting and/or receiving magnetic energy of a magnetic field (106) and for converting the magnetic energy into electrical energy, an energy transmission unit (405) for transmitting the electrical energy, a secondary-side detection unit (409, 407) and a clamper circuit unit (301), wherein: the magnetic field (106) is generated by a primary coil (L1) of a primary circuit device (105'); the energy transmission unit (405) has an inlet for connecting the secondary coil (L2); the energy transmission unit (405) has an outlet for providing the electrical energy as voltage and/or current; the secondary-side detection unit (409, 407) is connected to the inlet and/or the outlet of the energy transmission unit, in order to detect an overvoltage at the inlet and/or the outlet of the energy transmission unit; and, when the overvoltage is detected at the inlet (403) and/or the outlet (404) of the energy transmission unit (405), the secondary-side detection unit (409, 407) is designed to influence the magnetic field (106) in the secondary coil (L2) by means of the clamper circuit unit (301) such that a current jump and/or a voltage jump is brought about in the primary coil (L1).



WO 2020/002227 A1

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)

(57) Zusammenfassung: Angegeben wird eine Sekundärkreisvorrichtung, aufweisend eine Sekundärspule (L2) zum Senden und/oder Empfang einer magnetischen Energie eines Magnetfeldes (106) und zum Wandeln der magnetischen Energie in eine elektrische Energie, eine Energieübertragungseinrichtung (405) zum Übertragen der elektrischen Energie, eine sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) und eine Klemmschalteneinrichtung (301), wobei das Magnetfeld (106) von einer Primärspule (L1) einer Primärkreisvorrichtung (105') generiert wird, die Energieübertragungseinrichtung (405) einen Eingang zum Anschluss der Sekundärspule (L2) aufweist, die Energieübertragungseinrichtung (405) einen Ausgang zum Bereitstellen der elektrischen Energie als Spannung und/oder Strom aufweist, die sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) mit dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung verbunden ist, um eine Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung zu erkennen und die sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) eingerichtet ist, beim Erkennen der Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung (405) mittels der Klemmschalteneinrichtung (301) das Magnetfeld (106) in der Sekundärspule (L2) so zu beeinflussen, dass in der Primärspule (L1) ein Stromsprung und/oder einen Spannungssprung hervorgerufen wird.

INDUKTIVE LADUNG VON FAHRZEUGEN MIT SEKUNDÄRSEITIGER SPANNUNGSMESSUNG UND RÜCKWIRKUNG DER SEKUNDÄRSEITE AUF DIE PRIMÄRSEITE

Gebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft das technische Gebiet des induktiven Ladens. Insbesondere betrifft die vorliegende Erfindung eine Sekundärkreisvorrichtung, eine Primärkreisvorrichtung, System zur Energieübertragung, ein Verfahren zum Testen der Sekundärkreisvorrichtung, ein Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung.

Hintergrund der Erfindung

Zum elektrischen Laden eines reinen Elektrofahrzeugs (EV, Electric Vehicle) oder eines Hybridfahrzeugs (PHEV, Plug-in Hybrid-Electric Vehicle), welches mit einer Kombination aus Treibstoff und elektrischer Energie betrieben wird, kann ein System für die induktive Energieübertragung genutzt werden, wenn das Laden kontaktlos erfolgen soll. In einem solchen System wird ein magnetisches Wechselfeld im Frequenzbereich von 25...150kHz erzeugt. Dabei muss beachtet werden, dass außerhalb dieses Frequenzbandes die Grenzwerte für die Emission elektromagnetischer Wellen durch international gültige Normen festgelegt sind. Denn obwohl prinzipiell ein Magnetfeld zur Energieübertragung genutzt wird, handelt es sich jedoch aufgrund der Tatsache, dass sich das Magnetfeld ändert inhärent um eine elektromagnetische Welle. Wegen der langsamen Veränderungen der Feldstärken weist die beim induktiven Laden genutzte elektromagnetische Welle allerdings eine Wellenlänge von mehreren Kilometern auf.

Um diese Grenzwerte für die Emission einzuhalten ist darauf zu achten, dass das zur Energieübertragung genutzte magnetische Wechselfeld mit einer Grundschiwingung im Bereich 25...150kHz arbeitet und nur sehr geringe Oberwellen enthält. Daher kommen Filter zum Einsatz, die störende Oberwellen möglichst entfernen. Außerdem muss, um die international gültigen Normen und Richtlinien einzuhalten, dafür gesorgt werden, dass eine Energieübertragung nur dann erfolgt, wenn eine bestimmte Qualität der Kopplung zueinander erreicht ist, indem eine bestimmte Ausrichtung der Koppellelemente

zueinander eingestellt wird, beispielsweise durch ein Positionierungssystem wie beispielsweise in der Druckschrift EP 3 103 674 A1 beschrieben ist.

Die Druckschrift EP 2 868 516 A1 beschreibt ein Verfahren zur Regelung der zwischen zwei Resonatoren eines Systems zur kontaktlosen Energieübertragung übertragenen Energie.

Als Koppелеlement für die Energieübertragung wird auf der stationären Seite ein GPM (Ground Pad Module) mit einer Primärspule und fahrzeugseitig ein CPM (Car Pad Module) mit einer Sekundärspule genutzt. GPM und CPM bilden für die Koppelung und Energieübertragung einen Transformator. Die physikalische Ausrichtung der Koppелеlemente zueinander wird über ein Positioniersignal z.B. RKS (Remote Keyless Entry System) gemessen und eingestellt. Für die Energieübertragung und die Übertragung des Positionierungssignals kommen unterschiedliche Übertragungstrecken und unterschiedliche Übertragungstechniken zum Einsatz.

Allerdings könnte die Energieübertragung durch den Verlust einer Last an der Sekundärseite gestört werden.

Es mag als eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung angesehen werden, eine effektive Übertragung von Energie zu ermöglichen.

Zusammenfassung der Erfindung

Dementsprechend wird eine Sekundärkreisvorrichtung, eine Primärkreisvorrichtung, System zur Energieübertragung, ein Verfahren zum Testen der Sekundärkreisvorrichtung, ein Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung angegeben.

Der Gegenstand der Erfindung wird von den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche angegeben. Ausführungsbeispiele und weitere Aspekte der Erfindung werden von den abhängigen Ansprüchen und der folgenden Beschreibung angegeben.

Gemäß einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Sekundärkreisvorrichtung angegeben, die eine Sekundärspule zum Senden und/oder Empfang einer magnetischen Energie eines Magnetfeldes und zum Wandeln der magnetischen Energie in eine elektrische Energie, insbesondere in einen Strom und eine Spannung aufweist. Außerdem weist die Sekundärkreisvorrichtung eine Energieübertragungseinrichtung zum Übertragen der elektrischen Energie, eine sekundärseitige Detektionseinrichtung und eine Klemmschalteneinrichtung oder Crowbar auf. Das Magnetfeld wird von einer Primärspule einer Primärkreisvorrichtung generiert und in die Sekundärkreisvorrichtung eingekoppelt. Beispielsweise erfolgt das Einkoppeln des Magnetfeldes in die Sekundärspule durch eine lose Kopplung mit einer Primärspule der Primärkreisvorrichtung. Die Energieübertragungseinrichtung weist einen Eingang zum Anschluss der Sekundärspule auf und außerdem weist die Energieübertragungseinrichtung einen Ausgang zum Bereitstellen der elektrischen Energie als Spannung und/oder Strom auf. Die sekundärseitige Detektionseinrichtung ist mit dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung verbunden, um eine Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung zu erkennen. Solch eine Überspannung, d.h. das Übersteigen eines vorgebbaren Spannungsgrenzwertes, kann beispielsweise durch einen Lastabwurf an dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung ausgelöst werden. Die sekundärseitige Detektionseinrichtung ist so eingerichtet, dass sie mittels der Klemmschalteneinrichtung das Magnetfeld in der Sekundärspule so beeinflusst, dass in der Primärspule ein Stromsprung und/oder ein Spannungssprung hervorgerufen wird, nachdem die sekundärseitige Detektionseinrichtung die Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung erkannt hat.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung wird eine Primärkreisvorrichtung angegeben, welche eine Energieerzeugungseinrichtung zum Bereitstellen von elektrischer Energie und eine Primärspule zum Wandeln der elektrischen Energie in eine magnetische Energie aufweist. Ferner weist die Primärkreisvorrichtung eine primärseitige Detektionseinrichtung auf. Die Energieerzeugungseinrichtung ist mit der Primärspule verbunden, wobei die Primärspule

zum Senden und/oder Empfangen der magnetischen Energie eingerichtet ist. Außerdem ist die primärseitige Detektionseinrichtung mit der Primärspule verbunden und die primärseitige Detektionseinrichtung ist weiter eingerichtet, einen Stromsprung in der Primärspule zu erkennen und beim Erkennen des Stromsprungs die Energieerzeugungseinrichtung abzuschalten. Ein Stromsprung mag durch das Überschreiten eines Vorgebbaren Stromgrenzwertes hervorgerufen werden.

Gemäß noch einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein System zur Energieübertragung geschaffen, aufweisend eine Car-Pad-Modul-Einrichtung und eine Ground-Pad-Modul-Einrichtung. Die Car-Pad-Modul-Einrichtung weist die Sekundärkreisvorrichtung und die Ground-Pad-Modul-Einrichtung weist die Primärkreisvorrichtung auf, wobei die Sekundärkreisvorrichtung und die Primärkreisvorrichtung über ein magnetisches Feld gekoppelt sind, insbesondere lose gekoppelt sind, also ohne Verwendung eines Ferritkerns.

Gemäß noch einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Testen einer Sekundärkreisvorrichtung beschrieben, welches zunächst ein Koppeln der Sekundärkreisvorrichtung mit einer Primärkreisvorrichtung über ein Magnetfeld aufweist. Danach wird von der Sekundärkreisvorrichtung eine zu übertragende Energie in Form einer Leistungsvorgabe vorgegeben, beispielsweise über einen Kommunikationskanal. Durch das Herabsetzen einer Detektionsschwelle für das Erkennen einer Überspannung in der sekundären Detektionseinrichtung wird die Klemmschalteneinrichtung ausgelöst oder betätigt und in der Primärkreisvorrichtung wird ein durch dieses Auslösen der Klemmschalteneinrichtung hervorgerufener Stromsprung und/oder Spannungssprung ausgewertet.

Mittels dieses Testverfahrens kann die Funktionstüchtigkeit der sekundären Detektionseinrichtung überprüft werden.

Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung beschrieben, welches das Erkennen der Kopplung mit einer Sekundärkreisvorrichtung aufweist. Danach erfolgt ein Simulieren eines Stromsprungs durch Herabsetzen einer Detektionsschwelle für das Erkennen eines Stromsprungs in der primären Detektionseinrichtung und die durch das Herabsetzen ausgelöste Reaktion der primären Detektionseinrichtung wird ausgewertet.

Mittels dieses Testverfahrens kann die Funktionstüchtigkeit der primärseitigen Detektionseinrichtung überprüft werden.

Es sei angemerkt, dass ohne Einschränkung der Allgemeinheit im Wesentlichen davon ausgegangen wird, dass sich die sekundärseitige Detektionseinrichtung auf der Sekundärseite in der Sekundärkreisvorrichtung befindet und dass sich die primärseitige Detektionseinrichtung auf der Primärseite in der Primärkreisvorrichtung befindet. Jedoch soll der Prefix und/oder Begriff „primär“ und „sekundär“ im Wesentlichen als ein Name verstanden werden. Folglich ist es möglich auch die sekundärseitige Detektionseinrichtung auf der Primärseite in der Primärkreisvorrichtung und die primärseitige Detektionseinrichtung auf der Sekundärseite in der Sekundärkreisvorrichtung zu betreiben, so dass die Beschreibung auch für den umgekehrten Fall und/oder umgekehrte Ausbreitungsrichtungen für einen Informationsfluss und/oder eine Auslösereihenfolge gilt. Gleiches gilt für die Testverfahren.

In der Regel wird die Sicherheitsfunktion jedoch für einen sekundärseitigen Schutz genutzt d.h. die Gefährdung kommt von der Sekundärseite und die Primärseite muss schnell genug reagieren, im Wesentlichen ohne Kommunikation, um eine schnelle Wirkung zu entfalten.

Gemäß noch einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein computerlesbares Speichermedium bereitgestellt, auf dem ein Programmcode gespeichert ist, der, wenn er von einem Prozessor ausgeführt wird, zumindest eines der beschriebenen Verfahren ausführt. Eine Steuereinrichtung oder ein Controller kann solch einen Prozessor nutzen.

Als ein computerlesbares Speichermedium mag eine Floppy Disc, eine Festplatte, ein USB (Universal Serial Bus) Speichergerät, ein RAM (Random Access Memory), ein ROM (Read Only Memory) oder ein EPROM (Erasable Programmable Read Only Memory) genutzt werden. Als Speichermedium kann auch ein ASIC (application-specific integrated circuit) oder ein FPGA (field-programmable gate array) genutzt werden sowie eine SSD (Solid-State-Drive) Technologie oder ein Flash-basiertes Speichermedium. Ebenso kann als Speichermedium ein Web-Server oder eine Cloud genutzt werden. Als ein computerlesbares Speichermedium mag auch ein Kommunikationsnetz angesehen werden, wie zum Beispiel das Internet, welches das Herunterladen eines Programmcodes

zulassen mag. Es kann eine funkbasierte Netzwerktechnologie und/oder eine kabelgebundene Netzwerktechnologie genutzt werden.

Gemäß noch einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Programmelement geschaffen, welches, wenn es von einem Prozessor ausgeführt wird, zumindest eines der Verfahren ausführt.

Mittels der Klemmschalteneinrichtung kann eine Veränderung der Strom- und/oder Spannungsverhältnisse und/oder der Leistung auf der Sekundärseite herbeigeführt, die sich aufgrund der magnetischen Kopplung zwischen der Primärkreisvorrichtung und der Sekundärkreisvorrichtung durch die magnetische Rückkoppelung auch in einer Veränderung der Strom- und/oder Spannungsverhältnisse und/oder der Leistung auf der Primärseite bemerkbar macht. Diese Veränderung der Strom- und/oder Spannungsverhältnisse und/oder der Leistung breitet sich entgegengesetzt zur Ausbreitungsrichtung der Energie aus und kann in der Primärkreisvorrichtung erkannt werden. Die Veränderung der Strom- und/oder Spannungsverhältnisse und/oder der Leistung kann als eine Information interpretiert werden, die sich entgegen der Ausbreitungsrichtung der Energie ausbreitet. Beispielsweise macht sich ein Schalten und Verändern einer Spannung auf der Sekundärseite mittels der Klemmschalteneinrichtung als ein Stromsprung auf der Primärseite bemerkbar. Dieser Stromsprung beinhaltet eine Information. Diese Information kann auf der Primärseite von der Primärkreisvorrichtung ausgewertet werden und zur Abschaltung der Energiezufuhr genutzt werden. Die Reaktionszeit dieser Informationsübertragung auf physikalischer Ebene kann höher oder schneller sein, als ein Übertragungssystem, welches mit mehreren Kommunikationsschichten, beispielsweise mit OSI Layern (Open Systems Interconnection) arbeitet oder ein WLAN (Wireless LAN) System. Durch die Auswertung der physikalischen Information kann somit die Primärkreisvorrichtung schneller auf eine Störung auf der Sekundärseite reagieren als sie reagieren könnte, wenn ein aufwendiges Kommunikationssystem eingesetzt würde. Folglich kann die Nutzung der physikalischen Information für eine schnelle Abschaltung der Energiezufuhr auf der Primärseite genutzt werden.

Um den schnellen Kommunikationskanal von einem auf einem protokollbasierten Kommunikationskanal zu unterscheiden soll in diesem Text der Begriff „physikalischer

Kanal“ oder „physikalischer Rückkanal“ genutzt werden ohne einschränkender Wirkung auch wenn ein protokollbasierter Kommunikationskanal auch eine physikalische Übertragung nutzt.

Durch gezieltes Betätigen der Klemmschalteneinrichtung und durch die Auswertung der sich durch diese Betätigung ergebenden Zustände kann die Funktion dieses physikalischen Rückkanals getestet werden. Dadurch können auch die an der Bildung des physikalischen Rückkanals enthaltenen Komponenten getestet werden, wie beispielsweise Komparatoren oder Steuereinrichtungen. Wegen der Reziprozität der Signalausbreitung kann schließlich auf die Funktionstüchtigkeit des Kanals in beide Richtungen geschlossen werden.

Der physikalische Rückkanal kann parallel zu einem anderen Kommunikationskanal genutzt werden, beispielsweise parallel zu einem protokollbasierten Kommunikationskanal. Um sie schnelle Reaktion des Rückkanals nicht durch Softwareschichten auszubremsen sollte bei dem Aufbau des physikalischen Rückkanal darauf geachtet werden, dass im Wesentlichen nur Hardware Komponenten eingesetzt werden, mit entsprechend kurzen Reaktionszeiten, beispielsweise ein Komparator. Softwarekomponenten, die beispielsweise auf einer Steuereinrichtung oder einem Controller ablaufen können für nicht zeitkritische Operationen, wie das Einstellen von Schaltschwellen für die Komparatoren genutzt werden.

Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die sekundärseitige Detektionseinrichtung zum Erkennen der Überspannung einen sekundärseitigen Komparator auf, der zum Aufbau eines schnellen Rückkanals genutzt werden kann. Ebenso kann die primärseitige Detektionseinrichtung zum Erkennen des Stromsprungs einen primärseitigen Komparator aufweisen.

Es ist auch alternativ oder in Ergänzung zum Erkennen des Stromsprungs möglich einen Spannungssprung im Primärresonanzkreis mittels der primärseitigen Detektionseinrichtung zu erkennen. Die Messung des Spannungssprunges kann genutzt werden, wenn eine Auswertung der Spannungsmessung nicht für andere Zwecke erfolgt.

Gemäß einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Sekundärkreisvorrichtung eine sekundärseitige Steuereinrichtung auf, wobei die sekundärseitige Steuereinrichtung zum Vorgeben eines Grenzwertes des sekundärseitigen Komparators eingerichtet ist.

Gemäß noch einem anderen Aspekt ist die Klemmschalteneinrichtung der Sekundärkreisvorrichtung eingerichtet, beim Erkennen der Überspannung am Eingang und/oder am Ausgang der Energieübertragungseinrichtung mit zumindest einer Schutzmaßnahme zu reagieren, welche aus der Gruppe von Schutzmaßnahmen ausgewählt ist, bestehend aus dem Kurzschließen des Eingangs der Energieübertragungseinrichtung, dem Kurzschließen des Ausgangs der Energieübertragungseinrichtung dem Verstimmen der Energieübertragungseinrichtung und dem Auftrennen eines mit der Sekundärspule gebildeten Schwingkreises.

Diese Schutzmaßnahmen führen zu einem unbelasteten Schwingkreis, was zu einem Überstrom auf der Primärseite führt, der wiederum erkannt werden kann.

Die sekundärseitige Detektionseinrichtung mag in einem Beispiel eingerichtet sein, beim Erkennen der Überspannung am Ausgang eine Impedanz und/oder Güte und/oder einer Resonanzfrequenz der Energieübertragungseinrichtung zu verändern.

Die Veränderung der Resonanzfrequenz der Energieübertragungseinrichtung kann durch das Zuschalten und/oder Abschalten von einem Kondensator in der Energieleiteinrichtung durchgeführt werden.

Das Ändern der Resonanzfrequenz mag zu einem Verstimmen der Energieleiteinrichtung und somit zum Verstimmen der Übertragungsstrecke führen, so dass der Ausgang von einer übermäßigen Energie und/oder Leistungszufuhr geschützt wird, selbst wenn seitens einer Primärkreisvorrichtung noch Energie geliefert wird. So kann beispielsweise bei einem Lastabwurf einer sich am Ausgang befindlichen Last eine Überspannung reduziert oder sogar im Wesentlichen vollständig vermieden werden.

Außerdem kann die Energieübertragungseinrichtung eine Gleichrichtereinrichtung aufweisen. In diesem Beispiel kann die Veränderung der Güte der Energieübertragungseinrichtung durch das Kurzschließen der Gleichrichtereinrichtung erreicht werden.

Das Kurzschließen der Gleichrichtereinrichtung mag an dem Eingang der Gleichrichtereinrichtung erfolgen und zu einem von der Sekundärspule mit einem Kondensator und/oder einer weiteren Spule gebildeten Übertragungsschwingkreis führen, sodass nur ein Bruchteil der an der Sekundärspule ankommenden Energie über die Energieübertragungseinrichtung übertragen wird. Durch die Veränderung der Güte wird die über die Sekundärspule ankommende Energie reflektiert, beispielweise zurück an eine Primärkreisvorrichtung. Diese Reflektion kann dann in der Primärkreisvorrichtung erkannt werden und die Primärkreisvorrichtung kann die Energieübertragung an die Sekundärkreisvorrichtung abbrechen, um zu verhindern, dass sich am Ausgang der Sekundärkreisvorrichtung eine Überspannung ergibt.

In noch einem anderen Beispiel ist die sekundärseitige Detektionseinrichtung eingerichtet, beim Erkennen der Überspannung am Eingang und/oder am Ausgang der Gleichrichtereinrichtung ein Kommando und/oder Signal derart bereitzustellen, dass es über das Magnetfeld übertragen werden kann, um eine Energieübertragungsvorrichtung zu steuern, die magnetische Energie des Magnetfeldes zu verändern.

Solch ein Kommando und/oder Signal kann beispielsweise in der Form der reflektierten Energie bei Veränderung der Güte auf physikalischer Ebene erzeugt werden, wodurch ein schnelles Abschalten der Energieerzeugung erreicht werden kann. Solch ein Kommando und/oder Signal kann aber alternativ oder ergänzend auch über einen anderen Kommunikationskanal verteilt werden, beispielsweise über ein Positionersignalkanal und/oder einen protokollbasierten Kommunikationskanal, insbesondere einen WLAN-Kommunikationskanal. Da das Magnetfeld im Wesentlichen nur während der Energieübertragung vorhanden ist, kann die Überspannung über das Magnetfeld im Wesentlichen nur während der Energieübertragung an die Primärkreisvorrichtung kommuniziert werden. Mittels eines anderen separaten Kanals kann die Kommunikation auch schon früher oder später vor/nach der Energieübertragung durchgeführt werden.

Beispielsweise ist die sekundärseitige Detektionseinrichtung eingerichtet, beim Erkennen der Überspannung am Eingang und/oder am Ausgang der Gleichrichtereinrichtung, die

Energieübertragungseinrichtung so anzupassen, dass die elektrische Blindleistung zumindest teilweise reflektiert wird und über das Magnetfeld übertragen wird.

Die reflektierte Blindleistung kann von einer Primärkreisvorrichtung ausgewertet werden, um die Generierung der Energie zu stoppen.

In einem anderen Beispiel ist die sekundärseitige Detektionseinrichtung eingerichtet, beim Erkennen der Überspannung am Eingang und/oder am Ausgang der Gleichrichtereinrichtung, die Energieübertragungseinrichtung und/oder die Sekundärspule zu unterbrechen.

Insbesondere mag die sekundärseitige Detektionseinrichtung so eingerichtet sein, eine Klemmschaltung so anzusteuern, dass sie die Energieübertragungseinrichtung und/oder die Sekundärspule unterbricht. Unter Unterbrechen der Sekundärspule mag neben dem Öffnen einer physikalischen Verbindung der Sekundärspule mit der Energieleiteinrichtung auch das Auftrennen eines mit der Sekundärspule und einem Kondensator gebildeten Schwingkreises zu verstehen sein.

Kurze Beschreibung der Figuren

Im Folgenden werden weitere exemplarische Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung mit Verweis auf die Figuren beschrieben.

Fig. 1 zeigt ein induktives Ladesystem gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt ein Blockschaltbild eines induktiven Ladesystems gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt.

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Darstellung des induktiven Ladesystems aus Fig. 2 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3a ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Sekundärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Energieübertragungssystems mit einem schnellen Kommunikationskanal gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 5 zeigt den Verlauf einer Detektionsschwelle gegenüber einer Ausgangsspannung während eines Auslösetests in einem Zeit-Spannungs-Diagramm gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild eines primärseitigen Komparators gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 7 zeigt ein Zeit-Spannungs-Diagramm einer mittels des primärseitigen Komparators vorgebbaren Detektionsschwelle für einen Funktionstest des primärseitigen Komparators gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 8 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 9 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Testen einer Sekundärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung von Ausführungsbeispielen

Die Darstellungen in den Figuren sind schematisch und nicht maßstäblich. In der folgenden Beschreibung der Fig. 1 bis Fig. 9 werden die gleichen Bezugsziffern für gleiche oder sich entsprechende Elemente verwendet.

In diesem Text mögen die Begriffe „Kondensator“ und „Kapazität“ sowie „Spule“ oder „Drossel“ und „Induktivität“ gleichbedeutend verwendet werden und sollen, sofern nichts weiter angegeben ist, nicht einschränkend interpretiert werden. Außerdem mögen die Begriffe „Energie“ und „Leistung“ gleichwertig verwendet werden und sollen, sofern nichts weiter angegeben ist, nicht einschränkend interpretiert werden.

Fig. 1 zeigt ein induktives Ladesystem 100 oder System 100 zur Energieübertragung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Hierbei ist eine Seitenansicht für ein System zum kontaktlosen Laden eines Elektrofahrzeugs dargestellt. Unterhalb eines Fahrzeugchassis 102 befindet sich ein Car Pad Modul (CPM) 104, welches dazu dient, das Fahrzeug 102 mit Strom zu versorgen. Für die Übertragung der Energie wird ein Magnetfeld 106 genutzt, welches induktiv die Energie von einem an einem Boden 103 fix montierten Ground Pad Modul (GPM) 105 bereitgestellt wird. Die für das Laden notwendige Energie wird dem Hauptanschluss 107 entnommen, der sowohl Wechselstrom (AC) als auch Gleichstrom (DC) sein kann. Zur Kommunikation zwischen CPM 104 und GPM 105 wird eine separate Verbindung 101 genutzt, welche beispielsweise ein Funkprotokoll wie WLAN (Wireless LAN) oder NFC nutzen kann. Diese Verbindung kann als Feedback-Kanal 101 genutzt werden oder als Kommunikationskanal 101, über den CPM 104 und GPM 105 Informationen austauschen können. Sowohl das Magnetfeld zur Energieübertragung 106 als auch das Funksignal 101 sind elektromagnetische Wellen, die jedoch unterschiedliche Frequenzen aufweisen.

In Fig. 2 ist ein Blockschaltbild eines induktiven Ladesystems 100 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung dargestellt. Betrachtet wird ein System für die induktive Energieübertragung, welches zum kontaktlosen Laden eines Elektrofahrzeugs genutzt werden kann. In einem solchen System wird ein magnetisches Wechselfeld 106 im Frequenzbereich von beispielsweise 25...150kHz erzeugt. Dabei muss beachtet werden, dass außerhalb dieses Frequenzbandes die Grenzwerte für die Emission elektromagnetischer Wellen durch international gültige Normen festgelegt sind. Um diese Grenzwerte einzuhalten ist es entscheidend, dass das magnetische Wechselfeld 106 mit der Grundschiwingung im Bereich 25...150kHz arbeitet und nur sehr geringe Oberwellen enthält.

Andererseits soll aber der Wirkungsgrad der Leistungsübertragung möglichst hoch sein und deshalb wird mit elektronischen Schaltern innerhalb eines Wechselrichters 201, beispielsweise mittels MOSFETs, IGBTs, ein Rechtecksignal mit der Grundfrequenz des magnetischen Wechselfeldes erzeugt, denn so ergeben sich sehr geringe Verluste. Das Rechtecksignal enthält aber beträchtliche Oberwellen. Diese Oberwellen lassen sich sehr gut mit einem Filter 200, beispielweise einem LC-Filter 200 ausfiltern. Das Filter 200 kann dabei unterschiedlich ausgeführt sein. Beispielhaft ist in Fig. 2 ein Filter 4. Ordnung 200 dargestellt, aber es sind auch andere Anordnungen von Kondensatoren und Spulen möglich. An dem Eingang 206 des Filters 200 liegen der Eingangsstrom I_{in} und die Eingangsspannung U_{in} an. Das Filter 200 weist zwei parallel geschaltete Eingangsspulen La_1 und La_2 und den Filter-Eingangskondensator Ca sowie die parallel geschalteten Ausgangsspulen Lb_1 und Lb_2 und den Filter-Ausgangskondensator Cb auf. Statt der zwei in Serie geschalteten Eingangsspulen La_1 und La_2 kann auch eine einzige Eingangsspule La genutzt werden. Statt der zwei in Serie geschalteten Eingangsspulen Lb_1 und Lb_2 kann auch eine einzige Eingangsspule Lb genutzt werden.

Die Art des Aufbaus des Filters im Primärkreis hat im Wesentlichen keinen Einfluss auf die Ausführung der Sekundärkreisvorrichtung. Wie Fig.3 zeigt, kann ein Energieübertragungssystem 100 auch ohne Filter mit variabler Eingangsimpedanz betrieben werden. Die Eingangsimpedanz kann auch Null betragen $Z_1=0$.

Die Eingangsspulen La_1 und La_2 sind direkt mit dem Ausgang des Wechselrichters 201 verbunden. Hierbei mag direkt bedeuten, dass kein weiteres Bauelement dazwischengeschaltet ist. Ein in Serie geschalteter Kondensator soll dabei eine direkte Verbindung nicht zu einer indirekten Verbindung machen. Der Begriff „direkt“ mag insbesondere genutzt werden, auszudrücken, dass Anschlusspunkte entsprechender Komponenten zusammenfallen und/oder dasselbe Potenzial aufweisen. Die Ausgangsspulen Lb_1 und Lb_2 am Ausgang 207 des Filters 200 sind direkt mit den Spulen La_1 und La_2 , sowie dem Primärresonanzkreis 202 verbunden. Der Primärresonanzkreis 202 wird mit der Spannung U_1 und dem Strom I_1 oder I_L versorgt, der aus der von dem Wechselrichter 201 erzeugten Wechselstrom hervorgegangen ist. Aufgrund der Filterwirkung des Filters 200 weisen der Primärstrom I_1 und die Primärspannung U_1 einen sinusförmigen Verlauf auf.

Der Primärresonanzkreis 202 weist die Primär-Resonanzspule L1 oder Primärspule L1 und den Primär-Resonanzkondensator C1 221 auf. Der Primärresonanzkreis 202 wandelt den Strom I1 und die Spannung U1 in das magnetische Wechselfeld 106. Das magnetische Wechselfeld 106 koppelt mit einem Koppelfaktor k in den Sekundärresonanzkreis 203 und überträgt die Energie aus dem Primärkreis durch eine resonante und induktive Energieübertragung an den Sekundärkreis 203.

Der Sekundärresonanzkreis 203 weist die Sekundär-Resonanzspule L2 oder Sekundärspule L2 und den Sekundär-Resonanzkondensator C2 222 auf. Da der Sekundärresonanzkreis 203 auf die Resonanzfrequenz des Primärresonanzkreises 202 eingestellt ist, wird der Sekundärresonanzkreis 203 durch das Magnetfeld 106 so weit zu einer Schwingung angeregt, dass sich der Sekundärstrom I2 und die Sekundärspannung U2 ergeben. Diese werden der Gleichrichtereinrichtung 204 oder dem Gleichrichter 204 zugeführt, die/der an ihrem/seinem Ausgang 220 eine Gleichspannung einer Last 205 zur Verfügung stellen kann, beispielsweise einer Batterie 205, einem Zwischenkreis 205, einem Traktionskreis 205 oder einer ausgangsseitigen HV-DC 205 auf der der Seite des CPM 104.

Versorgt wird das induktive Ladesystem 100 über eine Gleichspannungsquelle 107 oder eingangsseitigen HV-DC (High Voltage-Direct Current) bzw. über eine Wechselspannung 107.

Das Energieübertragungssystem 100, beispielsweise ein ICS-System 100, weist eine Basisstation 105 oder GPM 105, eine Remoteeinrichtung 104 oder ein CPM 104 auf, wobei die Basisstation 105 und die Remoteeinrichtung 104 über eine induktive Kopplung und den Feedbackkanal 101 miteinander lose koppelbar sind. Bei einer entsprechenden Positionierung des CPM 104 gegenüber dem GPM 105 kann von einer losen Kopplung ausgegangen werden.

Die Basisstation 105 oder GPM 105 weist den Primärkreis 202 und die Remoteeinrichtung 104 oder CPM 104 weist den Sekundärkreis 203 auf. Der Primärkreis 202 weist die Spule

L1 und der Sekundärkreis weist die Spule L2 auf. Werden die Spule L1 und L2 aneinander angenähert, können sich Magnetfelder 106, die von den Spulen erzeugt werden, die jeweils andere Spule L1, L2 durchsetzen. Der Teil des Magnetfeldes, der die jeweils andere Spule L1, L2 durchsetzt bildet die induktive Kopplung mit dem Koppelfaktor k oder dem Kopplungsfaktor k . Diese Kopplung bildet einen lose gekoppelten Transformator 211. Der Teil des Magnetfeldes 106, der außerhalb der jeweils anderen Spule L1, L2 liegt bildet eine Streukapazität. Je geringer der Teil der gebildeten Streukapazität ist, desto größer ist der Koppelfaktor k . Da jedoch wegen der Beweglichkeit des GPM 105 und CPM 104 zueinander kein Transformator mit einem Kern gebildet werden kann, bei dem der Koppelfaktor k im Wesentlichen konstant ist, ist bei dem lose gekoppelten Transformator der Koppelfaktor variabel und beispielsweise von der relativen Lage des GPM 105 und CPM 104 zueinander abhängig.

Fig. 3 zeigt eine vereinfachte Darstellung des induktiven Ladesystems 100 oder des Systems 100 zur Energieübertragung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Regelung eines ICS Systems 100 kann dazu beitragen, die funktionale Sicherheit in einem ICS-System sicherzustellen. Aufgrund der starken Magnetfelder 106, die zur Leistungsübertragung genutzt werden, mag es Vorschriften geben, um die Umgebung von einer zu starken magnetischen Strahlung zu schützen. Diese Vorschriften können beispielsweise vorsehen, dass ein Feld 106, das von einem GPM 105 erzeugt wird, ohne dass ein CPM 104 vorhanden ist oder, dass, wenn ein CPM 104 ungünstig mit dem GPM gekoppelt ist, spätestens nach 2s das Feld 106 abgeschaltet wird. Es ist also sicherzustellen, dass innerhalb eines Zeitfensters von 2s festgestellt werden kann, dass das GPM 105 und das CPM 104 vorschriftsmäßig über das Feld 106 gekoppelt sind. Ansonsten ist das Feld 106 abzuschalten.

Ein WLAN 101, das für die Kommunikation zwischen GPM 105 und CPM 104 genutzt wird, kann eine Zykluszeit bis zu 300ms haben. Durch die Rückmeldungen über den Kanal 101 kann sichergestellt werden, dass CPM und GPM noch gekoppelt sind. Sollte das Fahrzeug weggrollen und das CPM keine Leistung des GPM aufnehmen wird dies erkannt und die Leistungszufuhr zur GPM unterbunden. Auch wenn ein Signal über den Rückkanal 101 für 2s ausbleibt mag sicherheitshalber die Energieübertragung abgebrochen werden, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Signal wegen

dem Verlust der Kopplung oder eines Defekts einer Komponente des Rückkanals 101 ausbleibt.

Der Aufstart vom induktiven Laden wird mit einem konstanten Duty-Zyklus und einer variablen Frequenz von dem Wechselrichter 201 oder PWM (Puls-Weiten-Modulation) Generator 201 durchgeführt, wobei es sich bei der variablen Frequenz um eine Frequenzverschiebung handelt. Die Startfrequenz, bei der der PWM-Generator 201 beginnt, wird bei der maximal-möglichen Frequenz gesetzt, um eine möglichst große Dämpfung zwischen der Eingangsgröße, d.h. dem Duty-Zyklus (Dutycycle) und der Ausgangsgröße von der Primärkomponente 202 der GPM 105 zu stellen.

Wird ein geeigneter Arbeitspunkt gefunden, bildet sich zwischen Primärkomponente 202 und Sekundärkomponente 203 Resonanz aus und es kann über das Feld 106 zwischen Primärkomponente 202 und Sekundärkomponente 203 eine Energie übertragen werden. Je nach Arbeitspunkt stellt sich diese Arbeitsfrequenz oder Resonanzfrequenz zwischen 81.35kHz und 89.5kHz ein.

Wird nach dem Durchlaufen eines dieser Frequenzbänder bei einem konstanten Duty-Zyklus oder Tastverhältnis eine vorgebbare Mindestleistung nicht erfasst, dann ist das Laden nicht möglich. Wenn also das GPM 105 zwar Leistung überträgt, die von dem CPM 104 empfangene Leistung nicht über einem Mindest-Schwellwert liegt, wird der Aufstartvorgang des induktiven Ladens abgebrochen. Folglich wird bei einer geringen Kopplung zwischen GPM 105 und CPM 104 das Laden gesperrt oder blockiert. Solch eine geringe Kopplung kann sich bei einer großen Verschiebung zwischen GPM 105 und CPM 104 ergeben. Mit einer Vorsteuerungskennlinie wird dafür gesorgt, dass das Zeitintervall des Aufstartvorgangs einen vorgebbaren Wert von beispielsweise 2,0s nicht überschreitet. Dieses sofortige Abbrechen des Ladevorgangs während der Startphase beim Nichterreichen der vorgebbaren Mindestleistung kann für die Sicherheit beim Aufstart vom ICS 100 sorgen, ohne dass eine Kommunikation zwischen GPM 105 und CPM 104 nötig ist.

Je grösser der Abstand zwischen GPM 105 und CPM 104 ist, desto geringer wird die Frequenz, bei der die Leistung oder Energie übertragen werden kann. D.h. je grösser der Abstand zwischen GPM 105 und CPM 104 ist, desto geringer wird ist die Resonanzfrequenz, oder in anderen Worten ausgedrückt ist die Resonanzfrequenz vom Abstand der GPM 105 und der CPM 104 abhängig.

Wird der Ladevorgang jedoch durchgeführt und die Koppelung zwischen GPM 105 und CPM 104 über den Regelkreis 210 mit dem Feedbackkanal 101 kontinuierlich bestätigt, kann es zu einer Überspannungssituation am Ausgang 220 kommen. Denn ein magnetisch gekoppeltes System, insbesondere ein magnetisch lose gekoppeltes System 100, hat ein ähnliches Systemverhalten wie eine Stromquelle. Bei einem induktiven Ladesystem 100 handelt es sich wegen der Beweglichkeit des GPM gegenüber dem CPM um solch ein lose gekoppeltes System. Das bedeutet, dass das System 100 zur Energieübertragung oder das System 100 zum induktiven Laden gleichfalls wie eine Stromquelle eine hohe Innenimpedanz am Ausgang 220 aufweist. Bei Abwurf der Last 205 versucht das System 100 daher weiter den Strom in den Ausgang 220 zu treiben. Im Falle eines Load Dumps oder Lastabwurfes, also wenn zum Beispiel eine Sicherung im Fahrzeug auslöst, ein Stecker abgesteckt wird, eine Leitung unterbrochen oder die Batterieschütze geöffnet werden, wirkt, durch den angeregten Schwingkreis und dessen immer weiteres Anregen von Seiten Ground Pad Modul 104 das System am Ausgang 220 wie eine Stromquelle mit großem Innenwiderstand auf den DC-Zwischenkreis des Fahrzeuges, der am Ausgang 220 angeschlossen und in Fig. 3 durch die Last 205 dargestellt ist. Teile der Energie, welche im Schwingkreis gespeichert ist, werden dadurch in den hochimpedanten Ausgang 220 entladen, was über die geringe Kapazität des Ausgangs 220 eine sehr hohe Spannung am Ausgang 220 erzeugen kann. Diese Spannung kann weit über der Arbeitsspannung und Auslegespannung der entsprechenden Schaltkreise im Auto, die an dem Ausgang 220 angeschlossen sind, beispielsweise Geräte wie DC/DC Wandler oder Motorumrichter, die an dem DC-Kreis am Ausgang 220 angeschlossen sind und durch den Widerstand 205 dargestellt sind. Dieses Weitertreiben führt zu einer Spannungsüberhöhung am Ausgang 220 des Übertragungssystems 100. Durch diese Spannungsüberhöhung aufgrund des Lastabwurfs könnten die Komponenten am Ausgang des Übertragungssystems 100, beispielsweise Gleichrichter oder Filter, als Folge der Überspannung zerstört werden.

Um die Zerstörung während des ordnungsgemäßen Betriebs aufgrund einer Übersteigerung der Ausgangsspannung am Ausgang 220 über einen vorgebbaren Grenzwert zu verhindern, sieht die erfindungsgemäße Sekundärkreisvorrichtung eine Crowbar 301, eine Klemmschalteinrichtung 301 oder Schutzeinrichtung 301 an einer beliebigen Stelle der Sekundärkreisvorrichtung 104' vor. Die Schutzeinrichtung 301 erkennt am Ausgang 220 des Energieübertragungssystems 100 einen Lastabwurf und reduziert sehr schnell die an den Ausgang 220 übertragene Wirkleistung und/oder stoppt die Energieübertragung. Die Schutzeinrichtung 301 kann für die schnelle Reaktion sowohl Hardwarekomponenten, wie auch Softwarekomponenten nutzen. Um jedoch eine schnelle Reaktion zu bewirken wird soweit wie möglich auf den Einsatz von Softwarekomponenten verzichtet.

Fig. 3a zeigt ein vereinfachtes Blockschaltbild einer Sekundärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Die Klemmschalteinrichtung 301 oder Crowbar 301 kann an einer beliebigen Stelle der Sekundärkreisvorrichtung 104' eingesetzt werden. Wie Fig. 3a zeigt, ist es möglich, die Crowbar 301 auch zwischen verschiedenen Kapazitätskonfigurationen wie z.B. 222a, 222b zu schalten, die im Wesentlichen dem Kondensator 222 entsprechen, wenn S1 geöffnet ist. Durch diese Art der Schaltung erfolgt beim Auslösen der Crowbar 301 eine Verstimmung, wodurch die Resonanzfrequenz des Sekundärresonanzkreises 203 gegenüber der Resonanzfrequenz des Primärresonanzkreises 202 stark verschoben werden kann und somit den Strom auf dem Sekundärresonanzkreis bei aktiver Quelle primärseitig reduziert. Die Resonanzfrequenz des Sekundärresonanzkreises 203 und des Primärresonanzkreises 202, wenn sie zur Energieübertragung genutzt werden, liegt bei ca. 85kHz. Wird S1 geschlossen und die Gesamtkapazität des Sekundärresonanzkondensators C2, 222, 222a, 222b reduziert, beispielsweise durch Zuschaltung einer Serienkapazität 310, die mit S1 in Reihe geschaltet ist, steigt die Resonanzfrequenz der CPM, insbesondere die Resonanzfrequenz des Sekundärresonanzkreises 203, an und entfernt sich noch weiter von der Primärresonanz als es ohne der Serienkapazität 310 wäre, wodurch sich sehr gute Schutzeigenschaften für das System 100 erreichen lassen. In einem anderen Beispiel kann beim Kurzschließen der Klemmschalteinrichtung 301a mittels Schalter S1 auch die Kapazität 222b, welche eine Teilkapazität der Sekundärresonanzkapazität 222 ist, weggeschaltet werden.

Um die an den Ausgang 220 übertragene Wirkleistung zu reduzieren und/oder die Energieübertragung zu stoppen können verschiedene Wirkmechanismen alleine oder in Kombination eingesetzt werden.

Eine Möglichkeit die Energieübertragung zu stoppen besteht darin, nach einer Detektion des Lastabwurfes am Ausgang 220 des Energieübertragungssystems 100 den Feedbackkanal 101 zu nutzen, um die Abschaltung der Energieübertragung auf der Primärseite mittels eines Befehls oder Kommandos über den Kanal 101, beispielsweise den WLAN Kanal 101, an den Eingang des Energieübertragungssystems zu kommandieren. Da der Kanal 101 jedoch ggf. Kommunikationsprotokolle nutzt, die auf höheren Schichten des OSI Protokolls liegen, könnte diese Anweisung an die Primärkreiseinrichtung 105' langsam ablaufen.

Fig. 4 zeigt ein schematisches Blockdiagramm eines Systems 100 zur Energieübertragung mit einem schnellen Kommunikationskanal gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In diesem Blockschaltbild sind insbesondere drei Übertragungspfade mit zugehörigen Komponenten dargestellt.

Ein Energieübertragungspfad 106, 106a, 106b, 106c, 106d, 106e, 106f, 106g reicht ausgehend von einer Energiequelle 107 über den Energieeingang 106a, über eine Leistungselektronik 401 und über den Abschnitt 106b zu einer primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 und den Abschnitt 106c zu der Primärspule L1. Die einer primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 kann ein Teil einer primärseitigen Detektionseinrichtung sein. Die primärseitige Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 ist insbesondere eingerichtet einen Strom I1 in der Spule L1 zu messen. In der Spule L1 wird die elektrische Energie in eine magnetische Energie gewandelt und über das Magnetfeld 106 zu der Sekundärspule L2 übertragen. Über den Energieübertragungsabschnitt 106d wird die Energie, welche wieder in eine elektrische Energie in der Form eines Stroms und eine Spannung gewandelt ist, vorbei an der Klemmschalteneinrichtung 301 und über den Energiepfadabschnitt 106d der sekundärseitigen Leistungselektronik 403 zugeführt. Diese Leistungselektronik 403 weist Komponenten zur Bildung der Ausgangsspannung und des Ausgangsstroms auf,

beispielsweise Gleichrichter 204 und Filterkomponenten. Die Klemmschaltung 301 und die Leistungselektronik 403 bildet im Wesentlichen die Energieübertragungseinrichtung 405. Über den Energiepfadabschnitt 106f und 106g und die sekundärseitige Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 wird die Energie an dem Ausgang 220 des Systems 100 zur Energieübertragung bereitgestellt. Die sekundärseitige Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 kann ein Teil einer sekundärseitigen Detektionseinrichtung sein.

In einer zur Richtung des Energiepfades 106, 106a, 106b, 106c, 106d, 106e, 106f, 106g entgegengesetzte Richtung verläuft der Kommunikationskanal 101, der beispielsweise ein Funkprotokoll wie WLAN nutzen kann. Durch den Einsatz eines Protokolls ist der Kommunikationskanal 101 oder Feedbackkanal 101 jedoch langsam. Der Feedbackkanal 101 wird zwischen der primärseitigen Steuereinrichtung 406 und der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 aufgebaut, insbesondere von darin enthaltenen primär- und sekundärseitigen Kommunikationseinrichtungen.

Für eine schnelle Rückmeldung können der sekundärseitige Komparator 409 und der primärseitige Komparator 408 über einen physikalischen Rückkanal 101' kommunizieren. Dieser wird während einer Energieübertragung über das Magnetfeld 106 in Entgegengesetzter Richtung zu dem Energiepfad 106, 106a, 106b, 106c, 106d, 106e, 106f, 106g eingerichtet.

Dieser physikalische Rückkanal 101' kann genutzt werden, am Ausgang 220 des Energieübertragungssystems 100 einen Lastabwurf zu erkennen und sehr schnell im Wesentlichen unter Nutzung von Hardware statt Software, die übertragene Wirkleistung 106g stark zu reduzieren oder sogar ganz zu stoppen, um beispielsweise auf den Lastabwurf am Ausgang 220 zu reagieren.

Der sekundärseitige Komparator 409 kann die Klemmschaltung 301 direkt über die Steuerleitung 101'' ansteuern, wenn er über den sekundärseitigen Spannungs- und/oder Stromsensor 404 oder die sekundärseitige Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 und den Messlink 101''' einen Lastabwurf am Ausgang 220 erkennt, um durch das

Auslösen der sekundärseitigen Klemmschalteneinrichtung 301 oder der CPM-seitig angeordneten Klemmschalteneinrichtung Schäden auf der Sekundärseite oder CPM 104 zu verhindern.

Das Auslösen der Crowbar ist im Wesentlichen nicht zum Schutz der Primärseite, sondern für den Ausgang der Sekundärseite vorgesehen. Die Primärseite repräsentiert die Energiequelle und schützt sich dann vor der Systemreaktion des Kurzschlusses über die Detektion der Auslösung der Crowbar selbstständig durch Abschalten.

Aufgrund der magnetischen Kopplung durch das Magnetfeld 106 zwischen Primärkreisvorrichtung 105' und Sekundärkreisvorrichtung 104' wirkt sich das Ereignis des Betätigens der Klemmschalteneinrichtung 301 oder Crowbar 301 über den physikalischen Rückkanal 101' und insbesondere über die Beeinflussung des Magnetfeldes 106 unmittelbar auf die Primärseite aus, d.h. die Reaktionsgeschwindigkeit entspricht im Wesentlichen der Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Magnetfeldes. Insbesondere macht sich die Beeinflussung des Magnetfeldes 106 über den primärseitigen Strom- und/oder Spannungssensor 402 in dem primärseitigen Komparator 408 als eine Stromänderung oder ein Stromsprung bemerkbar, die/der über den primärseitigen Messlink 101'''' von dem primärseitigen Strom- und/oder Spannungssensor 402 oder von der primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 an den primärseitigen Komparator 408 weitergegeben werden kann. Beim Überschreiten einer vorgebbaren Schwelle oder eines vorgebbaren Grenzwertes in dem primärseitigen Komparator 408 sorgt der primärseitige Komparator 408 über die Steuerleitung 101'''' und Betätigen der Abschalteneinrichtung 410 für ein Abschalten der primärseitigen Leistungselektronik und stoppt damit eine Energielieferung an die Sekundärkreisvorrichtung 104'.

Durch den Einsatz des physikalischen Rückkanals 101' kann der für die Kommunikation zwischen CPM 104 und GPM 105 vorgesehene Feedbackkanal 101 umgangen werden, der ein Kommunikationsprotokoll wie beispielsweise WLAN nutzt und daher langsam ist. Das Umgehen der langsamen Verbindung kann für das schnelle Auslösen von Vorgängen genutzt werden, die eine schnelle Reaktionszeit benötigen. Denn für solche Vorgänge mag der Feedbackkanal 101 zu langsam sein, weil der protokollbasierte Rückkanal nur

eine Kommunikation mit einer hohen Latenz und Zykluszeit im Vergleich zu einer geforderten Notstopzeit zulässt, die unter 2ms ($< 2\text{ms}$) liegen soll. Außerdem muss bei einem protokollbasierten Kommunikationskanal 101 damit gerechnet werden, dass einige Nachrichtenpakete, welche zur Erfüllung der Vorgaben des Protokolls genutzt werden, ausfallen oder gestört werden und dadurch verhindert wird, dass die Abschaltinformation auf der Primärseite ankommt, welche durch das Bereitstellen der Energie bei einem Lastabwurf oder Load Dump eine Gefahrenquelle darstellt.

Der physikalische Kanal 101' stellt somit eine schnelle Alternative für die Kommunikation von zeitkritischen Ereignissen dar, der parallel zu dem Feedbackkanal 101 genutzt werden kann, um beispielsweise im Fall eines Lastabwurfs oder bei einer geforderten Notabschaltung eine sofortige Abschaltung sicherzustellen.

So können beispielsweise auch zwei redundante Abschaltssysteme innerhalb des Systems 100 zur Energieübertragung realisiert werden. Ein erstes Abschaltssystem kann die primärseitige Steuereinrichtung 406, die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 und einen zweiten primärseitigen Messlink 101a sowie den zweiten sekundärseitigen Messlink 101b aufweisen, welche mit der primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 bzw. der sekundärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 verbunden sind. Die Steuereinrichtung 407, 406 kann einen Prozessor, Mikroprozessor oder Controller aufweisen. Ein zweites Abschaltssystem kann den primärseitigen Komparator 408, den sekundärseitigen Komparator 409 und den ersten primärseitigen Messlink 101'''' sowie den ersten sekundärseitigen Messlink 101'''' aufweisen, welche ebenfalls mit der primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 bzw. der sekundärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 verbunden sind.

Durch die Nutzung des direkten Abschaltpfads 101', 101'', 101''', 101''''', 101'''''' weist das zweite Abschaltssystem eine geringere Latenzzeit und größere Zuverlässigkeit als das erste Abschaltssystem auf, welches den Abschaltpfad 101 über WLAN nutzt.

Bei der Ausarbeitung eines Notfallkonzepts und/oder eines Echtzeitverhaltens sollte berücksichtigt werden, dass wenn beim Lastabwurf die Last am Ausgang 220

wergeschaltet wird, die Ausgangsspannung am Ausgang 220 innerhalb von 2ms sehr stark ansteigt und dass die Primärseite innerhalb dieser Zeitspanne von 2ms die Energiezufuhr abschalten soll, um ein Übersteigen einer maximalen Ausgangsspannung am Ausgang 202 zu verhindern. Außerdem sollte berücksichtigt werden, dass die WLAN Verbindung 101 vollständig gestört sein kann und erst nach einem Timeout der Verbindung nach zum Beispiel 2s abgeschaltet wird, denn ein Fehlerprotokoll mag vorsehen, dass erst wenn nach einer Zeitspanne von 2s noch keine Nachrichten angekommen sind, von einem Defekt der Übertragungsstecke 101 ausgegangen wird und das gesamte System 100 zur Energieübertragung abgeschaltet wird. Innerhalb der 2s kann jedoch die Ausgangsspannung am Ausgang 220 einen kritischen Wert erreichen, der zur Zerstörung der Komponente des Systems 100 zur Energieübertragung führen kann. Da die WLAN Module nicht ASIL (automotive safety integrity level) zertifiziert sind, kann es auch zu einem Aufhängen der WLAN Module kommen.

Um eine schnelle Reaktionszeit sicherstellen zu können wird daher, wenn ein Lastabwurf am Ausgang 220 von der sekundärseitigen Detektionseinrichtung 409 mittels des Spannungssensors 404 erkannt wird der Anstieg der Ausgangsspannung von dem sekundärseitigen Komparator 409 gegenüber eines durch die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 vorgebbaren Grenzwertes oder Thresholds verglichen. Sobald die Spannung am Ausgang 220 den vorgebbaren Grenzwert oder die vorgebbare Detektionsschwelle übersteigt wird die Klemmschalteinrichtung 301 ausgelöst. Das Auslösen der Klemmschalteinrichtung 301 erzeugt einen Stromsprung auf der Primärseite 105', insbesondere in der Primärspule L1. Auf der Primärseite 105' wiederum wird der Strom I1 des Hauptmagnetfelds 106 mit dem primärseitigen Komparator gegenüber einer durch die primärseitige Steuereinrichtung 406 vorgebbaren Grenzwert verglichen. Zur Erfassung des Stromes mag die primärseitige Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 als Stromsensor 402 ausgebildet sein. Übersteigt der gemessene Stromwert, der durch die sekundärseitige Auslösung der Klemmschalteinrichtung 301 hervorgerufen wird, den vorgebbaren Grenzwert, so werden die Treiber der Leistungselektronik 402 über die Abschaltseinrichtung 410 automatisch deaktiviert.

Die „Kurzschlusswirkung“ der Klemmschalteinrichtung macht sich als ein Stromsprung und/oder Spannungssprung, insbesondere durch eine Strom- und/oder Spannungsanstieg auf der Primärseite bemerkbar. Wird die Last 205 weggenommen, dann wird die

Verstärkung von Eingangsspannung U_{in} zu Resonanzstrom I_1 über das Filter 200 grösser und führt zu einem Stromanstieg im Primärresonanzkreis 202. Dieser Stromanstieg erfolgt innerhalb der Reaktionszeit bei gleicher Stellspannung U_{in} und führt zu einem höheren Strom I_1 .

In einem Beispiel mag der physikalische Rückkanal 101', 101'', 101''', 101''''', 101''''', 404, 409, 301, 402, 408, 410 im Wesentlichen nur Logikbausteine aufweisen. Diese gesamte Logik des Rückkanal 101', 101'', 101''', 101''''', 101''''', 404, 409, 301, 402, 408, 410 wird vor jedem Start eines Ladevorgangs einem Selbsttest und/oder Funktionstests unterzogen.

Fig. 8 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren startet in einem Idle-Zustand S801. Es erfolgt im Zustand S802 ein Erkennen der Kopplung der Primärkreisvorrichtung mit einer Sekundärkreisvorrichtung. Bevor mit einer Energieübertragung begonnen wird, wird im Zustand S803 in der primären Detektionseinrichtung 408 eine Detektionsschwelle oder ein Grenzwert für das Erkennen eines Stromsprungs reduziert, um dadurch einen Stromsprung zu simulieren. In einem weiteren Zustand S804 des Verfahrens wird die Reaktion der primären Detektionseinrichtung 408 beispielsweise mittels der primärseitigen Steuereinrichtung ausgewertet und beurteilt, ob die primärseitige Detektionseinrichtung 408 funktionstüchtig ist. Danach kehrt das Verfahren in den Idle-Zustand S805 zurück.

In anderen Worten wird ein Grenzwert des primärseitige Komparator 408 von der primärseitigen Steuereinrichtung 406 unter der Nutzung eines PWM Signals (Puls-Weiten-Modulation) über den primärseitigen Einstelllink 411 so vorgegeben, dass ein Grenzwert des Stroms überschritten wird, wodurch ein Stromsprung, also eine Änderung eines Stromwertes, simuliert werden kann.

Der Amplitudenunterschied zwischen Grenzwert und aktuellem Stromwert wird für die Auslösung des Komparators genutzt. Eine Impulsdauer oder irgendeine andere Zeitkonstante des Stromsprungs wird im Wesentlichen nicht ausgewertet. Die Zeitpunkte der Referenzvorgabe des Grenzwertes durch die primärseitige Steuereinrichtung 406 und

der Reaktion auf eine Crowbarauslösung liegen weit auseinander. Die Referenzschwelle oder der Grenzwert für die Detektion wird in der Größenordnung von ms vorgegeben von der Steuereinrichtung 407 an den primärseitigen Komparator 408, die Reaktion des Komparators 408 auf ein Überschreiten des Grenzwertes erfolgt im Mikrosekundenbereich und dauert etwas 10µs.

Das PWM-Signal weist ein Tastverhältnis auf, wobei ein Tastverhältnis von 50% einem vorgebbaren Stromgrenzwert von 0A entspricht. In einem anderen Beispiel mag ein Tastverhältnis, welches aus dem Bereich [0%; 100%] gewählt wird, oder ein Tastverhältnis, welches größer als 0% ist, als ein vorgegebener Stromgrenzwert von 0A interpretiert werden. Vor jedem Start eines Ladevorgangs wird solange der Spulenstrom I1 in der Primärspule L1 0A beträgt, also solange noch kein Strom fließt und keine Energie übertragen wird, jedoch bereits ein Magnetfeld aufgebaut ist, an einem Eingang des primärseitigen Komparators 408 ein Stromgrenzwert von kleiner 0A eingestellt, in dem das standardmäßige Tastverhältnis von einem Wert größer als 50% (>50%), der standardmäßig eingestellt ist, auf einen Wert von kleiner 50% (<50%) gesetzt wird, so dass der vorhandene Strom von 0A den vorgebbaren Stromgrenzwert von kleiner als 0A überschreitet. Die Einstellung verschiedener Tastverhältnisse ist auch in Fig. 7 dargestellt.

Der Grenzwert wird anhand des aktuellen Stromeffektivwert von I1 von einem Mikrocontroller oder einer Steuereinheit 406 gestellt. Dieser Grenzwert wird mit einer sehr langsamen Zeitkonstante aktualisiert und stellt den aktuellen gefilterten Messwert I1 mit einem Offset als Grenzwert für den primärseitigen Komparator 408 ein. Nach einer Auslösung des Komparators 408 wird die Auslösung mittels von der Steuereinrichtung 406 durchgeführt. Beispielsweise ändert sich nach dem Auslösen des Komparators sich ein Speicherzustand eines im Komparator genutzten Latch oder Sample-and-Holdgliedes von dem logischen Zustand 0 auf 1. Dieser Zustand kann dann nach der Analyse von der Steuereinheit 406 über eine Steuerleitung 411 oder Resetleitung 411 wieder auf 0 gesetzt werden. Solange der Zustand der logischen 1 anliegt wird die Quelle 107 Mittels Abschalteneinrichtung 410 von der Hardware blockiert und somit die Treiber 401 deaktiviert. Mittels der primärseitigen Steuereinrichtung 406 kann geprüft werden, ob die Abschalteneinrichtung 410 betätigt worden ist und somit kann analysiert werden, ob der primärseitige Komparator 408 ausgelöst hat. Folglich kann durch dieses Testverfahren die Funktionstüchtigkeit des primärseitigen Komparators 408 überprüft werden.

Fig. 9 zeigt ein Flussdiagramm für ein Verfahren zum Testen einer Sekundärkreisvorrichtung gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Das Verfahren startet in einem Idle-Zustand S901. Im Zustand S902 erfolgt ein Koppeln der Sekundärkreisvorrichtung 104' mit einer Primärkreisvorrichtung 105' über ein Magnetfeld 106. In dem Zustand S903 wird von der Sekundärkreisvorrichtung eine zu übertragende Energie in Form einer Leistungsvorgabe an die Primärkreisvorrichtung 105' gestellt. Diese Vorgabe kann beispielsweise über den Feedbackkanal 101 gesendet werden. Durch diese Vorgabe fordert die Sekundärkreisvorrichtung eine vorgebbare Leistung bei der Primärkreisvorrichtung 105' an. In dem Zustand S904 wird die Klemmschalteneinrichtung 301 ausgelöst, indem eine Detektionsschwelle oder ein Grenzwert für das Erkennen der Überspannung in der sekundären Detektionseinrichtung 409 herabgesetzt wird. Diese Detektionsschwelle kann über den sekundärseitigen Einstell- und/oder Abfragelink 412 von der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 an die sekundärseitige Detektionseinrichtung 409 übertragen werden. Außerdem erfolgt ein Auswerten eines Stromsprungs in der Primärkreisvorrichtung 105', insbesondere in der primärseitigen Detektionseinrichtung 408 und/oder in der primärseitigen Steuereinrichtung 406. Danach endet das Testverfahren in einem Idle-Zustand S905. Das Testverfahren für die Sekundärkreisvorrichtung 104' setzt voraus, dass das Magnetfeld 106 aufgebaut ist, und eine ungefährliche Energieübertragung oder Leistungsübertragung von beispielsweise 500W stattfindet. Über das Magnetfeld 106 kann der physikalische Rückkanal 101' etabliert werden.

In anderen Worten wird zum Test der Sekundärkreisvorrichtung 104' über den Feedbackkanal 101 oder WLAN-Kanal 101 ein Befehl von der Sekundärkreisvorrichtung 104' und die Primärkreisvorrichtung 105' gesendet, der dafür sorgt, dass die Primärkreisvorrichtung 105' innerhalb von 2s eine Ladeleistung von beispielsweise 500W sekundärseitig einstellt

Bevor dieses Testverfahren ausgeführt wird, wird eine konstante Leistung von 500W eingestellt. Das Einstellen einer konstanten Leistung sorgt dafür, dass die Schutzmechanismen, insbesondere die Komparatoren 408, 409, nur bei einer positiven übertragenen Wirkleistung getestet werden, d.h. dass eine Voraussetzung für den Test ist, dass Schwingkreise 202, 203 gekoppelt sind und eine Last vorhanden. Ist die Koppelung

zu tief, d.h. wird ein kleiner Koppelfaktor bestimmt, der gegen Null geht ($k \rightarrow 0$) oder ist keine Last angeschlossen, wenn beispielsweise am Ausgang 220 nur eine Kapazität jedoch keine Batterie 205 vorhanden ist, dann ergibt sich auch ohne Ansteuerung von der Klemmschalteinrichtung S1 302 ein Überstrom I1 oder ein Überschreiten des im Komparator 408 eingestellten Grenzwertes in der Primärvorrichtung 105', d.h. der Komparator würde mit Überstrom auslösen. Die Detektionseinrichtung 409 oder primärseitige Steuereinrichtung 409 trifft erst eine Aussage über die korrekte Funktionalität des Mechanismus, wenn vorher bereits eine Wirkleistung erfolgreich gestellt werden konnte.

Die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 misst einen Spannungswert an dem Ausgang 220, der sich bei der eingestellten Leistung von beispielsweise 500W ergibt. Die Spannungsmessung an dem Ausgang 220, an dem ein HVDC Schaltkreis und/oder eine Batterie angeschlossen sein kann, wird mittels der Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 ausgeführt, die in diesem Fall als Spannungsmesseinrichtung 404 ausgeführt ist. Nachdem der aktuelle Wert der Ausgangsspannung von der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 ermittelt worden ist, reduziert die sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 über den sekundärseitigen Einstell- und/oder Abfragelink 412 die Detektionsschwelle des sekundärseitigen Komparators 409 für die Klemmeinrichtung 301. Der Spannungswert wird auf einen Spannungswert reduziert, der unter dem Spannungswert liegt, der zuvor als Ausgangsspannungswert am Ausgang 220, als Batteriespannung oder als HVDC Spannungswert gemessen worden ist. Durch das Reduzieren der Detektionsschwelle unter den aktuell anliegenden Ausgangsspannungswert wird ein Spannungsanstieg an dem Ausgang 220 nach einem Lastabwurf simuliert und der sekundärseitige Komparator 409 schaltet, wodurch die Klemmschalteinrichtung 301 auslöst, insbesondere schaltet.

Fig. 5 zeigt den Verlauf einer Auslöseschwelle oder einer Detektionsschwelle gegenüber einer Ausgangsspannung während eines Auslösetests in einem Zeit-Spannungs-Diagramm gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In dem Diagramm ist an einer Abszisse die Zeit in ms und an einer Ordinate eine Spannung in V angetragen. Ferner ist als Kurve 501 der Spannungsverlauf der Ausgangsspannung, der Batteriespannung oder der HVDC Spannung dargestellt, der im Wesentlichen einen konstanten Verlauf über die Zeit aufweist. Als Kurve 502 ist der

Spannungsverlauf einer vorgebbaren sekundärseitigen Detektionsschwelle, eines vorgebbaren sekundärseitigen Grenzwertes oder einer vorgebbaren sekundärseitigen Auslöseschwelle dargestellt. Um trotz des konstanten Spannungsverlaufes 501 der Ausgangsspannung bei 400V einen Funktionstest der Klemmschalteneinrichtung 301 durchführen zu können, wird die Detektionsschwelle von einem Wert von 430V auf unter 400V reduziert.

Zum Zeitpunkt 503 wird mit dem Funktionstest begonnen und der aktuelle Wert der Ausgangsspannung 501 gemessen. Hierbei wird beispielsweise ein Spannungswert von 400V bestimmt. Es erfolgt eine Wartezeit von beispielsweise etwa 400ms bis zum Zeitpunkt 504 mit dem Reduzieren der vorgebbaren Detektionsschwelle begonnen wird. Ab dem Zeitpunkt 504 wird die vorgebbare Detektionsschwelle linear reduziert, bis sie nach beispielsweise maximal 500ms den Ausgangsspannungswert erreicht und nach Unterschreiten dieses Wertes zu einem Auslösen der Klemmschalteneinrichtung 301 führt.

Das Auslösen der Klemmschalteneinrichtung 301 oder das Schalten der Klemmschalteneinrichtung 301 kann durch die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 über den Einstell- und/oder Abfragelink 412 und über den sekundärseitigen Komparator 409 und nicht direkt über die die Klemmschalteneinrichtung 301 detektiert werden. Die Steuereinrichtung 407 steht über den Einstell- und/oder Abfragelink 412 mit einem Speicherbaustein oder Latch des Komparators 409 in Verbindung. Der Speicherbaustein erhält den Zustand der Klemmschalteneinrichtung 301 nach einem Auslösen des Komparators und hält ihn, bis die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 den Speicherbaustein wieder löscht, beispielsweise durch einen Reset. Der Einstell- und/oder Abfragelink 412 kann genutzt werden, um den Speicherbaustein im Komparator 409 zu löschen.

Da die Reduktion der Detektionsschwelle von der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 vorgenommen worden ist, weiss die sekundärseitige Steuereinrichtung 407, bei welchem Spannungswert 502 zum Zeitpunkt 505 die Klemmschalteneinrichtung 301 ausgelöst hat. Dieser Spannungswert entspricht der Spannungsmessung mit dem sekundärseitigen Komparator 409. Diese Spannungsmessung liegt in der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 vor, ebenso wie die zu Beginn des Verfahrens ermittelte

Ausgangsspannung 501. Beide Spannungsmessungen sind mittels der sekundärseitigen Spannungsmesseinrichtung 404 durchgeführt worden, allerdings zu unterschiedlichen Zeitpunkten und/oder unter Nutzung von verschiedenen Messmethoden, beispielsweise einer ersten Messmethode, die der sekundärseitige Komparator 409 ausführt und die eine analoge vorsieht, und eine zweite Messmethode, die die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 ausführt und die eine digitale Messung durchführt.

Die initiale Spannungsmessung wurde von der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 über den sekundärseitigen Messlink 101b ermittelt und die von dem sekundärseitigen Komparator 409 durchgeführte Spannungsmessung wurde über den Messlink 101'' ermittelt. Nun kann die Spannungsmessung der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 gegenüber der Spannungsmessung des sekundärseitigen Komparators 409 nach dem Auslösen des Komparators in der sekundärseitigen Steuereinrichtung 407 verglichen werden.

Mittels der sekundärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 kann der Ausgangsstrom am Ausgang 220 durch die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 über den sekundärseitigen Messlink 101b ermittelt werden. Zum Verifizieren einer korrekten Funktionsweise der Sekundärkreisvorrichtung 104' muss die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 feststellen, dass der Ausgangsstrom am Ausgang 220 in der gleichen oder nächsten Messperiode wie die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 das Auslösen der Klemmschalteneinrichtung 301 erkannt hat einbricht, also im Wesentlichen auf 0A mit einer Toleranz von $\pm 0.3A$ absinkt. Das Einbrechen des Ausgangsstromes verifiziert die korrekte Funktionsweise des Schutzmechanismus. Wenn der Strom des Ausgangs 0A ist, dann ist der Ausgang eindeutig mit einer sehr großen Wahrscheinlichkeit getrennt, d.h. der Schutzmechanismus hat die Funktion korrekt ausgeführt und die Wirkung kann validiert werden. Wird das Einbrechen des Ausgangsstromes festgestellt, kann die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 von der Funktionstüchtigkeit der Klemmschalteneinrichtung 301 ausgehen. Wird das Einbrechen des Ausgangsstromes nicht festgestellt, kann die sekundärseitige Steuereinrichtung auf einen Fehler in der Klemmschalteneinrichtung schließen und einen Defekt anzeigen und/oder einen Ladevorgang abbrechen.

Durch das Auslösen der Klemmschalteneinrichtung steigt auch der Strom I1 im Primärresonanzkreis 202 an, welcher das Hauptmagnetfeld 106 erzeugt. Dieser Stromanstieg oder Stromsprung alternativ auch ein Spannungssprung wird von der primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402 an den primärseitigen Komparator 408 weitergegeben, der die Abschalteneinrichtung 410 betätigt. Die sekundärseitige Steuereinrichtung 407 kann daher erwarten, innerhalb einer definierten Zeit, nachdem sie die Klemmschalteneinrichtung 301 ausgelöst hat, eine Notabschaltung der Abschalteneinrichtung 410 über den primärseitigen Komparator 408 mitgeteilt zu bekommen, beispielsweise über den Kommunikationskanal 101.

Steigt der Strom I1 in der Spule L1 nicht sprunghaft an, d.h. überschreitet der Strom nicht den voreingestellten Grenzwert, lässt die primärseitige Steuereinrichtung 406 kein längeres Laden innerhalb der existierenden WLAN Verbindung zu. Solange die Komponenten 105', 104' über den Kommunikationskanal 101 insbesondere über WLAN verbunden sind folgt die Primärkomponente 105' nach einer gewissen Zeit der Kommandierung der Sekundärkomponente. Liegt hingegen kein aufgebauter Kommunikationskanal 101 beispielsweise eine aufgebaute WLAN Verbindung vor, dann gibt es nach 2s einen Übergang in einen sicheren Failback-Safe Zustand, einen Fehler, Fehler- und/oder Standbyzustand. D.h. wenn die Primärkomponente 105' keinen Stromanstieg feststellen würde, würde die Sekundärkomponente die Crowbar 301 dauerhaft betätigen und warten bis die Primärkomponente 105' ein Timeout erreicht. Der Fehlerzustand wird erreicht, wenn die Crowbar-Auslösung fehlgeschlagen ist, die Diagnose der Crowbar-Auslösung, eine Information von Komparator 409 zu Steuereinrichtung 407 übertragen wird, fehlgeschlagen ist oder keine Bestätigung oder kein Acknowledgement Signal, beispielsweise dass ein Überstrom I1 erkannt worden ist, von Primärkomponente erhalten worden ist. Wenn zwischendurch der Kommunikationskanal 101, beispielsweise die WLAN Verbindung ausfällt, geht die Primärkomponente 105' nach 2s sowieso in einem sicheren Zustand.

Entsprechendes mag für einen Spannungssprung gelten.

Falls der primärseitige Komparator 408 nicht zum Abschalten der Treiber 401 führt, obwohl die Klemmschalteneinrichtung 301 ausgelöst worden ist, wird das Generieren des

Magnetfeldes 106 über das Ansteuern der Abschaltvorrichtung 410 mittels der primärseitigen Steuereinrichtung 406 beendet und kein weiteres Laden mehr zugelassen, da der physikalische Rückkanal 101', 101'', 101''', 101''''', 101''''', 404, 409, 301, 402, 408, 410 und/oder eine seiner Komponenten defekt zu sein scheint.

Fig. 6 zeigt ein Blockschaltbild einer primärseitigen Detektionseinrichtung, insbesondere eines primärseitigen Komparators 408 gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Der primärseitige Komparator 408 erhält einen Messwert des Stromes I1 über die Strommessspule 601 der primärseitigen Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 402. Der Strom wird indirekt über eine Spannung an der Strommessspule 601 gemessen. Die Strommessspule 601 ist mit der Primärspule L1 magnetisch gekoppelt und bildet mit dieser Primärspule L1 einen Transformator. Der Shunt 602, welcher parallel zu der Strommessspule 601 angeordnet und mit dem Potenzial UZM verbunden ist, schützt den primärseitigen Komparator 408 vor einer Überspannung. Über den Messlink 101'''' wird die Messspannung, welche dem Strom I1 entspricht, dem primärseitigen Komparator 408 zur Verfügung gestellt, der als Doppelkomparator oder symmetrischer Komparator mit den beiden Operationsverstärkern 408a, 408b ausgeführt ist. Die Messspannung wird dem positiven Eingang des ersten Operationsverstärkers 408a und dem negativen Eingang des zweiten Operationsverstärkers 408b zugeführt.

Über den Einstelllink 411 erhält jeder der Operationsverstärker 408a, 408b über ein PWM Signal eine vorgebbare primärseitige Detektionsschwelle. Das PWM Signal wird dem negativen Eingang des ersten Operationsverstärkers 408a und dem positiven Eingang des zweiten Operationsverstärkers 408b zugeführt. Die Ausgänge 603a, 603b der beiden Operationsverstärker 408a, 408b werden zusammengeführt und dem Latch 604 zugeführt. Das Latch 604 kann über die Reset-Leitung 605 zurückgesetzt werden und ist als Sample-and-Hold Glied ausgeführt, um an der Steuerleitung 101'''' einen stabilen Wert des Vergleiches des aktuellen Stromwertes I1 mit der primärseitigen Detektionsschwelle bereitzustellen. Die Steuerleitung 101'''' ist aktiv, wenn ein Stromsprung auf der Primärseite erkannt wird, d.h. wenn der Spannungswert auf der ersten primärseitigen Messleitung 101'''' den Spannungswert der über Einstelllink 411 bereitgestellten positiven Peak-Detektionsschwelle oder den positiven Grenzwert überschreitet. Der Vergleich wird mit der positiven und negativen analogen Peak-Messung vom Strom durchgeführt. Die

Steuerleitung 101^{''''} ist mit der Abschalteneinrichtung 410 verbunden (die Abschalteneinrichtung 410 ist in Fig. 6 nicht dargestellt). Da sämtliche Komponenten des in Fig. 6 dargestellten Komparators 408 mit diskreten Bauelementen aufgebaut ist kann eine schnelle Detektion eines Spannungssprungs von I1 erfolgen

Das PWM Signal wird mit analogen Komponenten (nicht gezeigt in Fig. 6) analog in eine analoge Gleichspannung konvertiert, die als Detektionsschwelle dient und über Einstelllink 111 bereitgestellt wird. Diese Detektionsschwelle wird positiv mit dem positiven Peak des Stromes, insbesondere der dem Strom entsprechenden Spannung an 101^{''''}, verglichen und als negative Schwelle mit dem negativen Peak-Wert des Stromes, insbesondere der dem Strom entsprechenden Spannung an Messlink 101^{''''}, verglichen. Hierbei sind sämtliche Spannungen gegenüber einem Bezugspotenzial oder Referenzpotenzial UZM definiert, beispielsweise GND oder 0V der Schaltung. Der Shunt 602 ist mit UZM verbunden. Die Strommessspule dient der Strommessung im Primärkreis. Der Aufbau des primärseitigen Transformators 408 entspricht auch dem Aufbau des Sekundärseitigen Transformators, der über die Strommessspule den Strom am Ausgang 220 misst. Die Strommessspule 601 des sekundärseitigen Komparators 409 kann der Strom- und/oder Spannungsmesseinrichtung 404 zugeordnet werden.

Der Ausgang vom Speicherbaustein 604 oder Latch 604 hat die Funktion, den Zustand des Speichers zu melden und die Treiber gleichzeitig anhand dieses Zustandes zu sperren. Das Latch 604 kann als Flip Flop implementiert sein mit dem positiven Ausgang Q 101^{''''} und dem negativen Ausgang Qneg, der den negierten Wert des positiven Ausgangs 101^{''''} aufweist.

Fig. 7 zeigt ein Zeit-Spannungs-Diagramm 700 einer mittels des primärseitigen Komparators 408 vorgebbaren Detektionsschwelle für einen Funktionstest des primärseitigen Komparators gemäß einem exemplarischen Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. An der Abszisse des Diagramms ist die Zeit und an der Ordinate ein Spannungswert bezogen auf das Bezugspotenzial UZM dargestellt. Die Zeitachse ist in die 5 Zeitbereiche I, II, III, IV, V eingeteilt. Die Kurve 408a' gibt den Verlauf der mittels des ersten Operationsverstärkers 408a durch den Einstelllink 411 vorgebbaren primärseitigen oberen Detektionsschwelle für den Strom I1 als ein Spannungsverlauf

408a' an. Die Kurve 408b' gibt den Verlauf der mittels des ersten Operationsverstärkers 408a durch den Einstelllink 411 vorgebbaren primärseitigen oberen Detektionsschwelle für den Strom I1 als ein Spannungsverlauf 408b' an. Die Kurve 601' gibt den Spannungsverlauf des in der ersten primärseitigen Messleitung 101'''' durch die Messspule 601 oder den Stromsensor 601 aufgenommenen Signals an, ob der Spannungsverlauf 601' zu dem Primärstrom I1 proportional ist. Das Messsignal 601' ist sinusförmig und weist die Primärspulenfrequenz 85kHz auf.

Die vorgebbare primärseitige untere Detektionsschwelle 408a' und die vorgebbare primärseitige obere Detektionsschwelle 408b' kann im Wesentlichen zwischen den Spannungswerten UZM, x UZM und y UZM eingestellt werden, die jeweils auf das Potenzial UZM bezogen sind.

Der Bereich I entspricht einem Tastverhältnis des über den Einstelllink 411 bereitgestellten PWM-Signals von 0% und ergibt einen ungültigen Zustand an. Der Bereich II entspricht einem Tastverhältnis des über den Einstelllink 411 bereitgestellten PWM-Signals, das zwischen 0% und unterhalb 50% variiert werden kann und ergibt ebenfalls einen ungültigen Zustand.

Im Bereich III wird für des über den Einstelllink 411 bereitgestellte PWM-Signal ein Tastverhältnis von 50% eingestellt und es ergibt sich ein gültiger Zustand, bei dem die vorgebbare primäre Detektionsschwelle einem Primärstrom I1 von 0A entspricht. Der primäre Komparator 408 kann in dem Bereich III betrieben werden, um das Testverfahren für die Funktionstüchtigkeit des primären Komparators 408 durchzuführen.

Im Bereich IV wird für des über den Einstelllink 411 bereitgestellte PWM-Signal ein Tastverhältnis zwischen 50% und 100% eingestellt und es ergibt sich ein gültiger Zustand, bei dem die vorgebbare primäre Detektionsschwelle einem Primärstrom I1 von 0A bis 100A entspricht.

Im Bereich V wird für das über den Einstelllink 411 bereitgestellte PWM-Signal ein Tastverhältnis von 100% eingestellt und es ergibt sich ein gültiger Zustand, bei dem die vorgebbare primäre Detektionsschwelle einem Primärstrom I1 der Größenordnung 100A entspricht.

Ergänzend ist darauf hinzuweisen, dass „umfassend“ und „aufweisend“ keine anderen Elemente oder Schritte ausschließt und „eine“ oder „ein“ keine Vielzahl ausschließt. Ferner sei darauf hingewiesen, dass Merkmale oder Schritte, die mit Verweis auf eines der obigen Ausführungsbeispiele beschrieben worden sind, auch in Kombination mit anderen Merkmalen oder Schritten anderer oben beschriebener Ausführungsbeispiele verwendet werden können. Bezugszeichen in den Ansprüchen sind nicht als Einschränkung anzusehen.

Patentansprüche

1. Sekundärkreisvorrichtung (104'), aufweisend:
 - eine Sekundärspule (L2) zum Senden und/oder Empfang einer magnetischen Energie eines Magnetfeldes (106) und zum Wandeln der magnetischen Energie in eine elektrische Energie;
 - eine Energieübertragungseinrichtung (405) zum Übertragen der elektrischen Energie;
 - eine sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407);
 - eine Klemmschalteinrichtung (301);wobei
 - das Magnetfeld (106) von einer Primärspule (L1) einer Primärkreisvorrichtung (105') generiert wird;
 - die Energieübertragungseinrichtung (405) einen Eingang zum Anschluss der Sekundärspule (L2) aufweist;
 - die Energieübertragungseinrichtung (405) einen Ausgang zum Bereitstellen der elektrischen Energie als Spannung und/oder Strom aufweist;
 - die sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) mit dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung verbunden ist, um eine Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung zu erkennen; und
 - die sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) eingerichtet ist, beim Erkennen der Überspannung an dem Eingang und/oder dem Ausgang der Energieübertragungseinrichtung (405) mittels der Klemmschalteinrichtung (301) das Magnetfeld (106) in der Sekundärspule (L2) so zu beeinflussen, dass in der Primärspule (L1) ein Stromsprung und/oder einen Spannungssprung hervorgerufen wird.

2. Sekundärkreisvorrichtung (104') nach Anspruch 1, wobei die sekundärseitige Detektionseinrichtung (409, 407) zum Erkennen der Überspannung einen sekundärseitigen Komparator (409) aufweist.

3. Sekundärkreisvorrichtung (104') nach Anspruch 2, weiter aufweisend:
eine sekundärseitige Steuereinrichtung (407);
wobei die sekundärseitige Steuereinrichtung (407) zum Vorgeben eines Grenzwertes (502) des sekundärseitigen Komparators eingerichtet ist.
4. Sekundärkreisvorrichtung (104') nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Klemmschalteneinrichtung (301) eingerichtet ist, beim Erkennen der Überspannung am Eingang und/oder am Ausgang der Energieübertragungseinrichtung mit zumindest einer Schutzmaßnahme zu reagieren, welche aus der Gruppe von Schutzmaßnahmen ausgewählt ist, bestehend aus:
 - Kurzschließen des Eingangs der Energieübertragungseinrichtung (405);
 - Kurzschließen des Ausganges der Energieübertragungseinrichtung (405);
 - Verstimmen der Energieübertragungseinrichtung (405); und
 - Auftrennen eines mit der Sekundärspule (L2) gebildeten Schwingkreises (203).
5. Sekundärkreisvorrichtung (104') nach einem der Ansprüche 1 bis 4, weiteraufweisend:
eine sekundärseitige Kommunikationseinrichtung;
wobei die sekundärseitige Kommunikationseinrichtung zum Aufbauen eines Kommunikationskanals (101) mit der Primärkreisordnung (105') eingerichtet ist.
6. Primärkreisvorrichtung (105'), aufweisend:
eine Energieerzeugungseinrichtung (401) zum Bereitstellen von elektrischer Energie und eine Primärspule (L1) zum Wandeln der elektrischen Energie in eine magnetische Energie;
eine primärseitige Detektionseinrichtung (408, 406);
wobei
 - die Energieerzeugungseinrichtung (401) mit der Primärspule (L2) verbunden ist;
 - die Primärspule (L2) zum Senden und/oder Empfangen der magnetischen Energie eingerichtet ist;
 - die primärseitige Detektionseinrichtung (408, 406) mit der Primärspule (L1) verbunden ist; und
 - die primärseitige Detektionseinrichtung weiter (408, 406) eingerichtet ist, einen Stromsprung in der Primärspule (L1) zu erkennen und beim Erkennen des Stromsprungs die Energieerzeugungseinrichtung (401) abzuschalten.

7. Primärkreiseinrichtung (105') nach Anspruch 6, wobei die primärseitige Detektionseinrichtung (408, 406) zum Erkennen des Stromsprungs einen primärseitigen Komparator (408) aufweist.
8. Primärkreiseinrichtung (105') nach Anspruch 7, weiter aufweisend:
eine primärseitige Steuereinrichtung (406);
wobei die primärseitige Steuereinrichtung (406) zum Vorgeben eines Grenzwertes (408a', 408b') des primärseitigen Komparators (408) eingerichtet ist.
9. Primärkreiseinrichtung (105') nach einem der Ansprüche 6 bis 8, weiter aufweisend:
eine primärseitige Kommunikationseinrichtung;
wobei die primärseitige Kommunikationseinrichtung zum Aufbauen eines Kommunikationskanals (101) mit einer Sekundärkreisordnung (104') eingerichtet ist.
10. System (100) zur Energieübertragung, aufweisend:
eine Car-Pad-Modul-Einrichtung (104), aufweisend die Sekundärkreisvorrichtung (104') nach einem der Ansprüche 1 bis 5;
eine Ground-Pad-Modul-Einrichtung (105), aufweisend die Primärkreisvorrichtung (105') nach einem der Ansprüche 6 bis 9;
wobei die Sekundärkreisvorrichtung (104') und die Primärkreisvorrichtung (105') über ein magnetisches Feld (106) gekoppelt sind.
11. Verfahren zum Testen einer Sekundärkreisvorrichtung (104') nach einem der Ansprüche 1 bis 5, aufweisend:
Koppeln der Sekundärkreisvorrichtung (104') mit einer Primärkreisvorrichtung (105') nach einem der Ansprüche 6 bis 9 über ein Magnetfeld;
Vorgeben einer zu übertragenden Energie in Form einer Leistungsvorgabe;
Auslösen der Klemmschalteneinrichtung durch Herabsetzen einer Detektionsschwelle (502) für das Erkennen der Überspannung in der sekundären Detektionseinrichtung (407, 409);
Auswerten eines Stromsprungs in der Primärkreisvorrichtung (105').

12. Verfahren zum Testen einer Primärkreisvorrichtung (105') nach einem der Ansprüche 6 bis 9, aufweisend:
Erkennen der Kopplung mit einer Sekundärkreisvorrichtung (104') nach einem der Ansprüche 1 bis 5;
Simulieren eines Stromsprungs und/oder Spannungsprungs durch Herabsetzen einer Detektionsschwelle (408a', 408b') für das Erkennen eines Stromsprungs und/oder Spannungsprungs in der primären Detektionseinrichtung (408, 406);
Auswerten der Reaktion der primären Detektionseinrichtung.

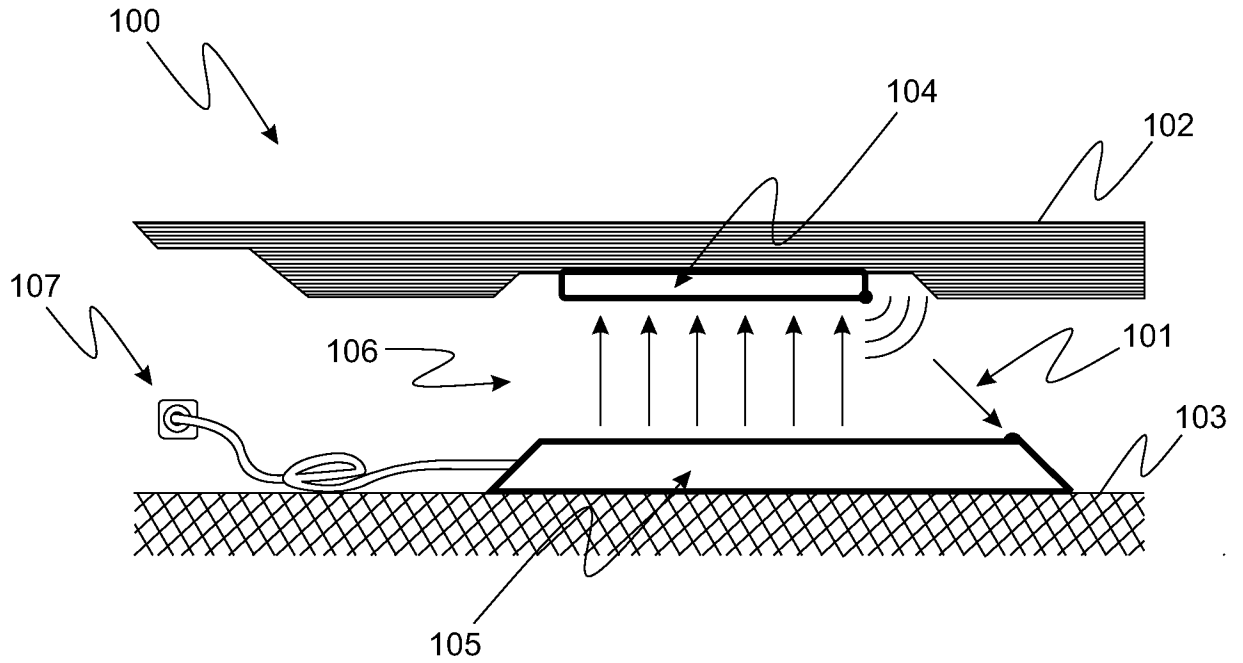


Fig. 1

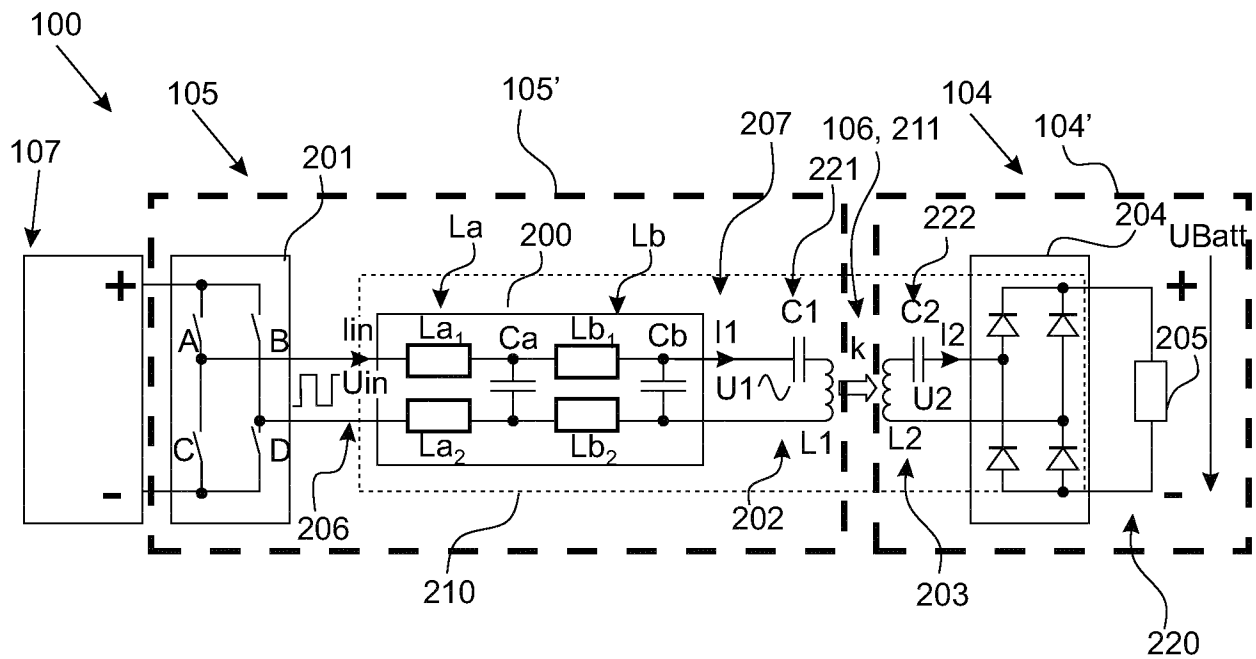


Fig. 2

2/4

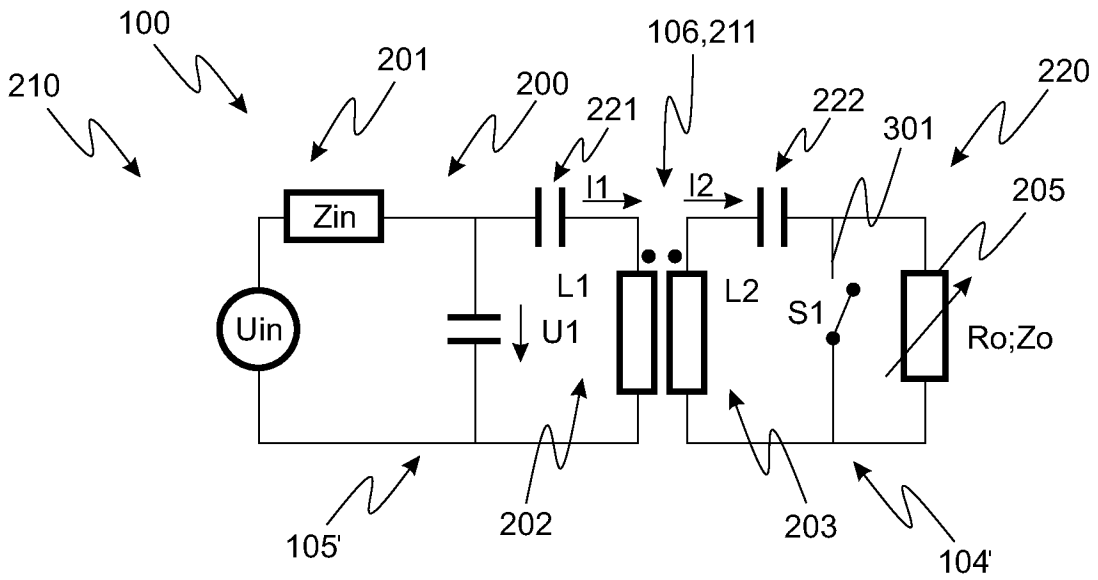


Fig. 3

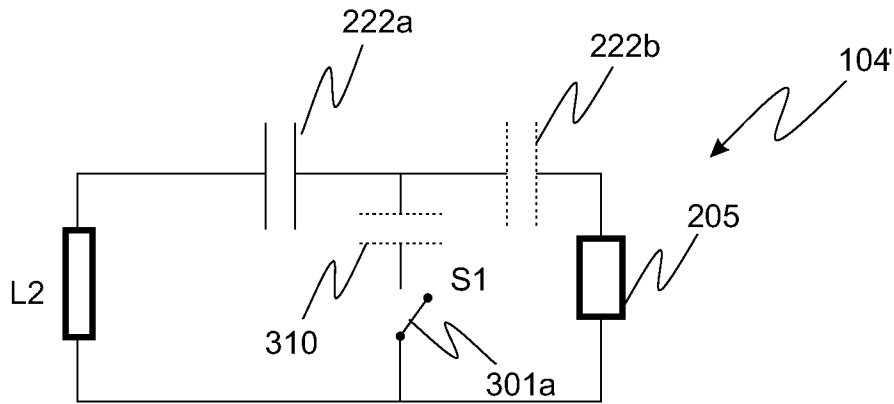


Fig. 3a

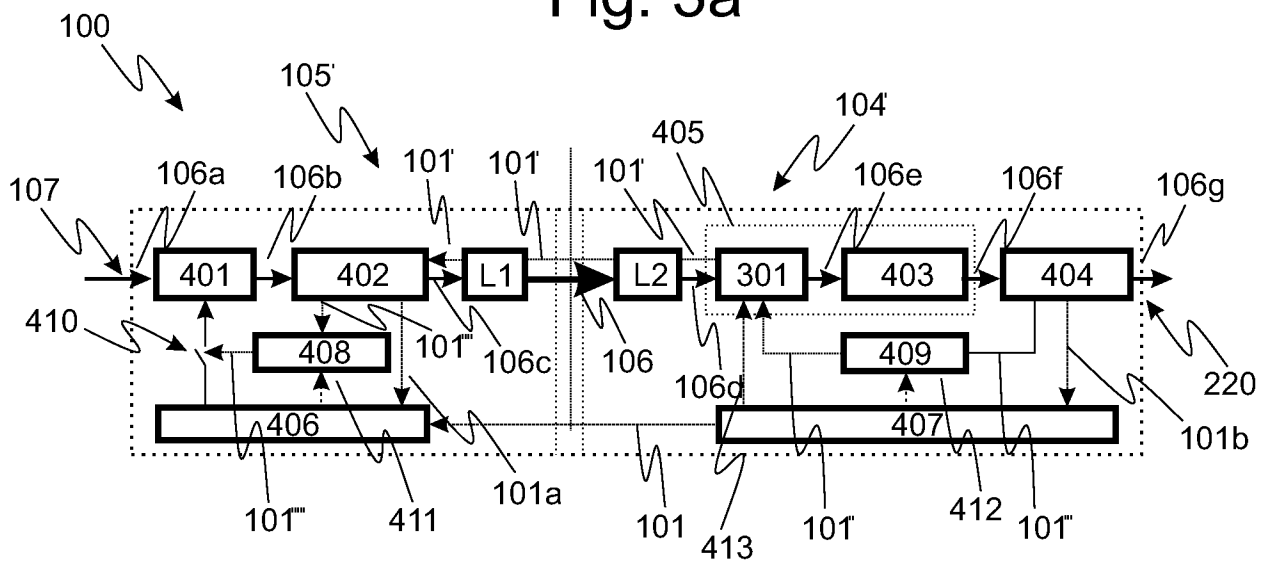


Fig. 4

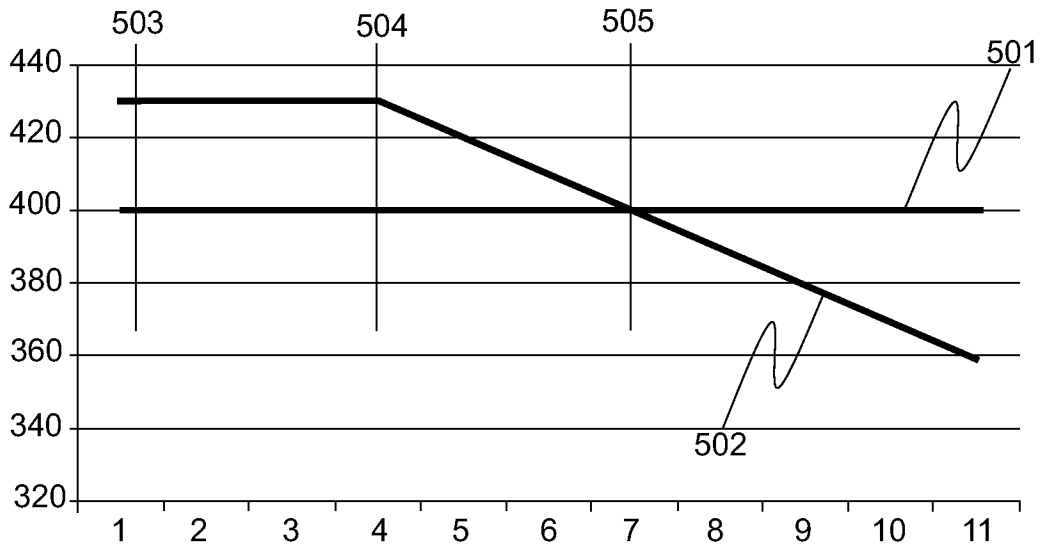


Fig. 5

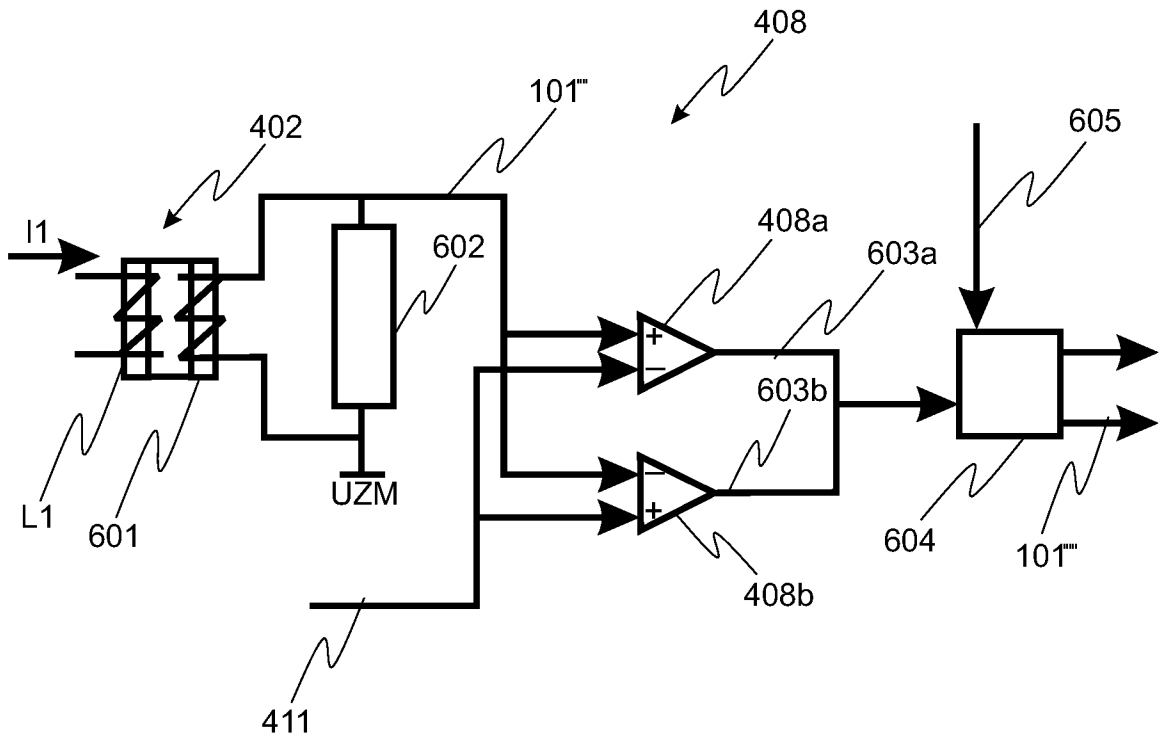


Fig. 6

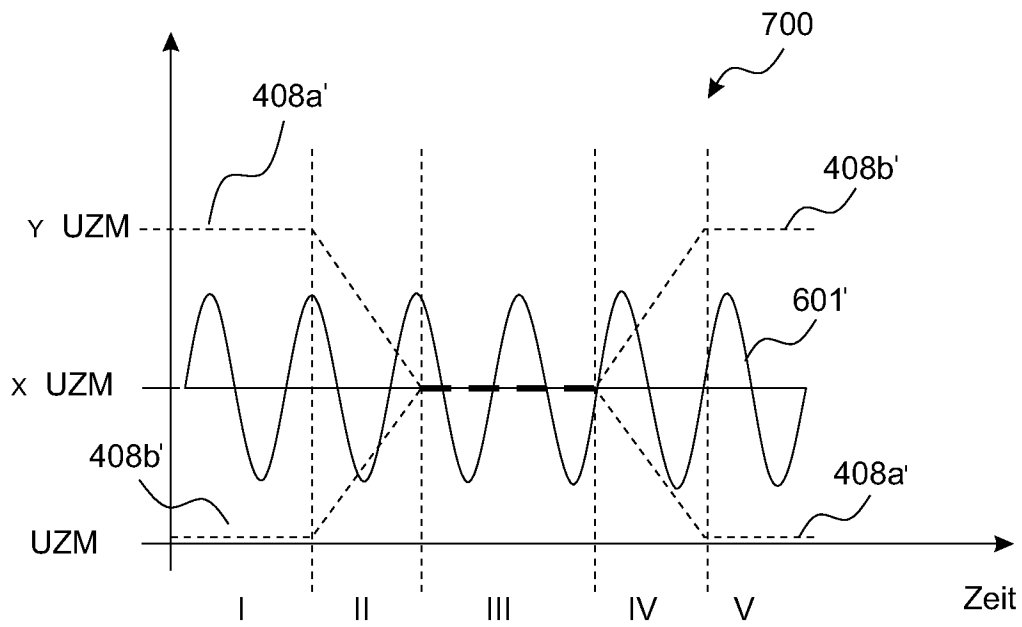


Fig. 7

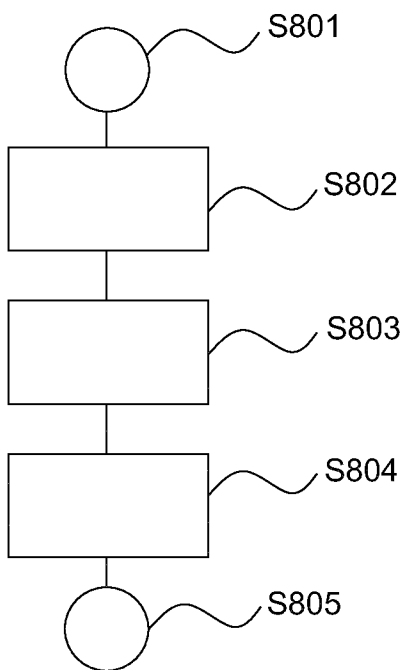


Fig. 8

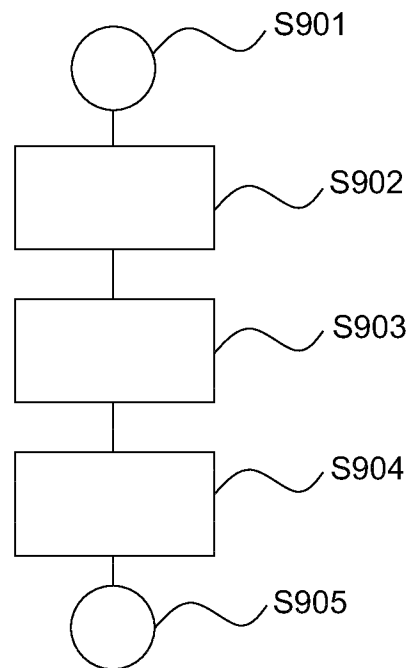


Fig. 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/066660

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER		
<i>B60L 53/12</i> (2019.01)i; <i>H02J 50/10</i> (2016.01)i; <i>H02H 7/10</i> (2006.01)i; <i>H02H 3/44</i> (2006.01)i; <i>H02H 7/125</i> (2006.01)i; <i>H02H 9/04</i> (2006.01)i		
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) B60L; H02J; H02H		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 102014209729 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17 December 2015 (2015-12-17) paragraphs [0001] - [0011], [0027] - [0034]; figures 1-4	1-12
X	JP 2012044762 A (SHOWA AIRCRAFT IND) 01 March 2012 (2012-03-01) paragraphs [0001], [0002], [0007], [0011]; figures 1,2	1-12
X	GB 2546787 A (BOMBARDIER PRIMOVE GMBH [DE]) 02 August 2017 (2017-08-02) pages 3,6,7; figures 1-4	1-12
A	DE 102013217816 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12 March 2015 (2015-03-12) paragraphs [0001] - [0021], [0045] - [0050]; figure 1	1-12
<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 24 September 2019		Date of mailing of the international search report 02 October 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 Krasser, Bernhard Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/066660

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
DE	102014209729	A1	17 December 2015	CN	105099001	A	25 November 2015
				DE	102014209729	A1	17 December 2015
JP	2012044762	A	01 March 2012	NONE			
GB	2546787	A	02 August 2017	NONE			
DE	102013217816	A1	12 March 2015	CN	105493375	A	13 April 2016
				DE	102013217816	A1	12 March 2015
				EP	3042431	A1	13 July 2016
				JP	6212220	B2	11 October 2017
				JP	2016536965	A	24 November 2016
				KR	20160053925	A	13 May 2016
				US	2016221451	A1	04 August 2016
				WO	2015032524	A1	12 March 2015

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2019/066660

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. B60L53/12 H02J50/10 H02H7/10 H02H3/44 H02H7/125
 H02H9/04
 ADD.
 Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE
 Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 B60L H02J H02H

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
 EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2014 209729 A1 (SIEMENS AG [DE]) 17. Dezember 2015 (2015-12-17) Absätze [0001] - [0011], [0027] - [0034]; Abbildungen 1-4	1-12
X	JP 2012 044762 A (SHOWA AIRCRAFT IND) 1. März 2012 (2012-03-01) Absätze [0001], [0002], [0007], [0011]; Abbildungen 1,2	1-12
X	GB 2 546 787 A (BOMBARDIER PRIMOVE GMBH [DE]) 2. August 2017 (2017-08-02) Seiten 3,6,7; Abbildungen 1-4	1-12
A	DE 10 2013 217816 A1 (BOSCH GMBH ROBERT [DE]) 12. März 2015 (2015-03-12) Absätze [0001] - [0021], [0045] - [0050]; Abbildung 1	1-12

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- "A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- "E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- "L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- "P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
- "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
- "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
- "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
- "&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
24. September 2019	02/10/2019

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 Krasser, Bernhard
--	--

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/066660

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102014209729 A1	17-12-2015	CN 105099001 A DE 102014209729 A1	25-11-2015 17-12-2015

JP 2012044762 A	01-03-2012	KEINE	

GB 2546787 A	02-08-2017	KEINE	

DE 102013217816 A1	12-03-2015	CN 105493375 A DE 102013217816 A1 EP 3042431 A1 JP 6212220 B2 JP 2016536965 A KR 20160053925 A US 2016221451 A1 WO 2015032524 A1	13-04-2016 12-03-2015 13-07-2016 11-10-2017 24-11-2016 13-05-2016 04-08-2016 12-03-2015
