

(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
5. Oktober 2017 (05.10.2017)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2017/167477 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02J 50/05 (2016.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2017/052537

(22) Internationales Anmeldedatum:
6. Februar 2017 (06.02.2017)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2016 105 897.1 31. März 2016 (31.03.2016) DE

(71) Anmelder: TECHNISCHE UNIVERSITÄT
DARMSTADT [DE/DE]; Karolinenplatz 5, 64289
Darmstadt (DE).

(72) Erfinder: WIETOSKA, Thomas; Weißdornweg 16,
63456 Hanau (DE). HALLAS, Martin; Heidenreichstrasse
38, 64287 Darmstadt (DE).

(74) Anwalt: LIFETECH IP, SPIES & BEHRNDT
PATENTANWÄLTE PARTG MBB; Eisenheimerstraße
47a, 80687 München (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, DJ, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH,
KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY,
MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA,
NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO,
RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV,
SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, ZA, ZM, ZW.

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

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR IMPRESSING AN ELECTRIC CURRENT

(54) Bezeichnung : VORRICHTUNG UND VERFAHREN ZUM AUFPRÄGEN EINES ELEKTRISCHEN STROMES

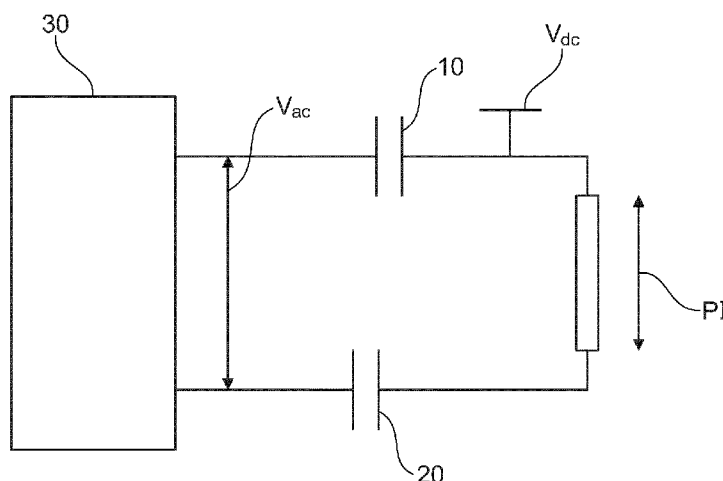


Fig. 1

(57) Abstract: The invention proposes an apparatus for impressing an electric current onto a current path to which a DC voltage potential (V_{dc}) is applied. The apparatus comprises: a first capacitor (10) and a second capacitor (20), wherein the current path (PI) connects the first capacitor (10) and the second capacitor (20); and a generating device (30) which is designed in order to generate an impressing alternating current (V_{ac}) with a switching frequency (f) between the first capacitor (10) and the second capacitor (20). The first capacitor (10) and the second capacitor (20) electrically isolate the DC voltage potential (V_{dc}) from the generating device (30) and impress the impressing alternating current (V_{ac}) capacitively on the current path (PI).

(57) Zusammenfassung: Es ist eine Vorrichtung zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad, auf dem ein Gleichspannungspotential (V_{dc}) anliegt, offenbart. Die Vorrichtung umfasst: einen ersten Kondensator (10) und einen zweiten Kondensator (20), wobei der

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



Strompfad (PI) den ersten Kondensator (10) und den zweiten Kondensator (20) verbindet; und eine Erzeugungseinrichtung (30), die ausgebildet ist, um eine Aufprägewechselspannung (V_{ac}) mit einer Schaltfrequenz (f) zwischen dem ersten Kondensator (10) und dem zweiten Kondensator (20) zu erzeugen. Der erste Kondensator (10) und der zweite Kondensator (20) trennen das Gleichspannungspotential (V_{dc}) von der Erzeugungseinrichtung (30) elektrisch voneinander und prägen die Aufprägewechselspannung (V_{ac}) kapazitiv auf dem Strompfad (PI) auf.

Vorrichtung und Verfahren zum Aufprägen eines elektrischen Stromes

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung und ein Verfahren zum Aufprägen eines elektrischen Stromes und insbesondere auf eine kapazitive Leistungsübertragung zur Hochstromeinprägung von Gleichstrom (DC) auf hohem Gleichspannungspotential.

Hintergrund

Die Gleichstromübertragung auf hohem Gleichspannungspotential findet zunehmend an Bedeutung. Beispielsweise lassen sich mit einer Gleichspannungsübertragungsleitung große Leistungen über weite Strecken bei relativ kleinen Verlusten übertragen. Außerdem ist es möglich, bei Gleichstromübertragungen die Leitungen unter die Erde zu verlegen, was bei Wechselspannungsübertragungen ab einem bestimmten Spannungsniveau nicht mehr zu annehmbaren Kosten und/oder Verlusten durchführbar ist.

Um Geräte für diese Anwendung Praxisnah zu prüfen ergibt sich der Bedarf, die Leitungen und/oder die entsprechenden Bauelemente und Betriebsmittel bei einem hohem Gleichspannungspotential mit Gleichströmen hoher Stromstärke zu testen und zu prüfen. Hierbei kann das Hochspannungspotential beispielsweise bis zu ± 600 kV oder betragsmäßig mehr betragen. Zur Prüfung sollen dann solche Leitungen beispielsweise mit einem Strom von bis zu 5000 A oder noch mehr bestromt werden. Um eine auf solchem hohen Gleichspannungspotential befindliche Leitung mit einem hohen Gleichstrom dauerhaft zu bestromen, wird eine Stromquelle benötigt, die hohe Leistungen (beispielsweise im dreistelligen Kilowatt-Bereich) dauerhaft liefern kann.

Bei konventionellen Lösungen erfolgt die Bestromung mittels eines Wechselstroms, der induktiv in den entsprechenden Prüfling (d.h. der zu prüfenden Baukomponente oder Leitung) mittels eines Hochstromtransformators eingekoppelt werden kann. Zumindest ein Teil des Prüflings kann ein Hochspannungskabel sein, das beispielsweise für die induktive Kopplung eine Windung durch den Hochstromtransformator bildet.

Eine solche Einkopplung ist jedoch bei der Nutzung von Gleichstrom nicht möglich.

Daher besteht ein Bedarf nach alternativen Lösungen, um einen Strom auf einem Strompfad (z.B. durch den Prüfling), der auf ein Gleichspannungspotential liegt, aufzuprägen.

5 Zusammenfassung

Die oben genannte Aufgabe wird durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1 und einem Verfahren nach Anspruch 14 gelöst. Die abhängigen Ansprüche beziehen sich auf vorteilhafte Weiterbildungen der Vorrichtung nach Anspruch 1 oder des Verfahrens nach Anspruch 14.

10 Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Vorrichtung zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad (oder einen Lastkreis), auf dem ein Gleichspannungspotential anliegt. Die Vorrichtung umfasst einen ersten Kondensator und einen zweiten Kondensator, wobei der Strompfad den ersten Kondensator und den zweiten Kondensator verbindet. Die Vorrichtung umfasst weiter eine Erzeugungseinrichtung, die ausgebildet ist, um eine Aufprägewechselspannung mit einer Schaltfrequenz zwischen dem ersten Kondensator und dem zweiten Kondensator zu erzeugen. Der erste Kondensator und der zweite Kondensator trennen das Gleichspannungspotential von der Erzeugungseinrichtung elektrisch voneinander und prägen kapazitiv die Aufprägewechselspannung auf dem Strompfad auf. Optional kann noch ein Gleichrichter vorhanden sein, der aus der Aufprägewechselspannung einen Gleichstrom, welcher auf den Strompfad (PI) aufgeprägt wird, erzeugt.

15

20

Beispielsweise umfasst der erste Kondensator und der zweite Kondensator jeweils einen ersten Anschluss und einen zweiten Anschluss, wobei die beiden ersten Anschlüsse der beiden Kondensatoren auf dem Gleichspannungspotential liegen. Die beiden zweiten Anschlüsse der beiden Kondensatoren sind beispielsweise mit der Erzeugungseinrichtung bspw. auf Erdpotential verbunden, so dass zwischen den beiden zweiten Anschlüssen die Aufprägewechselspannung anlegbar ist. Die beiden Kondensatoren iso-

25

lieren und trennen somit das Gleichspannungspotential, das z.B. mehr als 100 kV betragen kann, von der Erzeugungseinrichtung für die Aufprägewechselspannung, die z.B. weniger als 20 kV betragen kann.

Unter dem Begriff „Aufprägen“ (oder Einprägen) einer Spannung soll verstanden werden, dass die entsprechende Spannung auf den Strompfad übertragen wird, so dass zusätzlich zu dem Gleichspannungspotential noch eine auf- oder eingeprägte elektrische Spannung hinzukommt, so dass sich der entsprechende Spannungswert vergrößert oder verringert.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung erlauben somit insbesondere eine Hochstromeinprägung auf einem Gleichspannungspotential von beispielsweise 600 kV (oder in einem Bereich zwischen 100 kV und 1000 kV), wobei der eingeprägte Gleichstrom eine Stromstärke von beispielsweise 5000 A (oder in einem Bereich zwischen 1000 A und 8000 A) aufweisen kann. Die Einprägung kann beispielsweise durch einen Spannungsabfall entlang des Strompfades erfolgen, wobei der Spannungsabfall sich aus dem Widerstand des Prüflings ergibt und beispielsweise bei 25 V (oder in einem Bereich zwischen 10 V und 100 V) liegen kann.

Um dieses zu erreichen, brauchen Ausführungsbeispiele insbesondere keine Trenntransformatoren oder Maschinensätze oder auf hohem Potential befindliche Generatoren, die in konventionellen Anlagen genutzt werden und sehr aufwendig und teuer wären. Ausführungsbeispiele brauchen auch keine Generatorsätze mit Isolierwellen, die hohen mechanischen Belastungen standhalten müssten.

Ausführungsbeispiele lösen die obengenannte technische Aufgabe stattdessen dadurch, dass die Leistung zur Gleichstromanregung mittels hochfrequenter Wechselspannung über Kondensatoren auf das Gleichspannungspotential übertragen werden.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Erzeugungseinrichtung eine Gleichspannungsquelle zum Bereitstellen einer ersten Gleichspannung und eine Umrichteinrichtung, die eine erste Wechselspannung mit der Schaltfrequenz aus der ersten Gleichspannung erzeugt. Ein Vorteil der Gleichspannungsquelle in Kombination mit

einer Umrichteinrichtung liegt darin, dass eine Frequenz und ein Spannungsverlauf der Wechselspannung flexibel gewählt werden kann bzw. an die konkreten Gegebenheiten angepasst werden kann.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Gleichspannungsquelle einen Anschluss an eine Versorgungswechselspannung (z. B. einen Netzanschluss mit beispielsweise 50 Hz oder 60 Hz) und einen Gleichrichter, wobei der Gleichrichter ausgebildet ist, um die erste Gleichspannung aus der Versorgungswechselspannung zu erzeugen. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise besteht darin, dass die Vorrichtung an eine bestehende normale Versorgungsspannungsquelle angeschlossen werden kann, die zunächst gleichgerichtet wird und dann flexibel eine Wechselspannung mit den gewünschten Parametern erzeugt werden kann.

Bei weiteren Ausführungen kann der Netzanschluss über einen Stelltransformator gesteuert werden, um so die Amplitude der Netzspannung und damit die zur Verfügung stehende Leistung zu steuern.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist die Umrichteinrichtung ausgebildet, um die erste Wechselspannung mit einer einstellbaren Schaltfrequenz und/oder mit einem einstellbaren Spitzenwert für die Wechselspannung und/oder mit einer einstellbaren mittleren Stromstärke zu erzeugen. Beispielsweise ist die Umrichteinrichtung ausgebildet, die Schaltfrequenz steuerbar einzustellen. Dies kann beispielsweise durch die Erzeugung von Rechteckpulsen geschehen, die eine einstellbare Pulsbreite aufweisen, und mit einer vorbestimmten Wiederholfrequenz erzeugt werden. Die Rechteckpulse können dabei nur positive Spannungspulse sein oder auch positive und negative Spannungspulse aufweisen. Somit ist es möglich, flexibel die Frequenz der Wechselspannung (z.B. die Wiederholfrequenz der Spannungspulse) und/oder die übertragene Leistung bzw. die mittlere Stromstärke über die Pulsbreite der Vielzahl von Spannungspulsen einzustellen.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Erzeugungseinrichtung weiter einen Anpasstransformator, der ausgebildet ist, um die Aufprägewechselspannung durch eine Spannungsanpassung aus der ersten Wechselspannung zu erzeugen.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen verfügt der Anpasstransformator eine Mittelanzapfung, damit die Verbindung zu beiden Kondensatoren symmetrisch ausgeführt werden kann. Ebenso kann der Anpasstransformator als Spartransformator ausgeführt werden, um die Lösung kostengünstiger zu gestalten.

5 Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Umrichteinrichtung eine Vielzahl von Umrichtern und der Anpasstransformator eine Vielzahl von Transformatoreinheiten, wobei jeweils einer der Umrichter zusammen mit einer der Transformatoreinheiten jeweils ein Umrichtmodul bilden. Jedes der so gebildeten Umrichtermodule kann parallel die erste Gleichspannung empfangen und daraus jeweils eine eigene Wechselspannung erzeugen, wobei die eigenen Wechselspannungen über serielle Verschaltung
10 zusammen addiert werden, um die erste Wechselspannung zu erzeugen. Die resultierende Wechselspannung kann mit weiteren Transformatoren sowohl direkt vor den Kondensatoren als auch nach den Kondensatoren im Spannungsniveau angepasst werden. Daher liefert jedes Umrichtmodul einen Spannungsanteil an der Gesamtwechselspannung. Vorteilhafterweise kann jede Transformatoreinheit jedoch die volle Spannung isolieren.
15

Die Modularisierung der Umrichter bietet den Vorteil, dass verhältnismäßig geringe Spannungen während der Erzeugung der Wechselspannung in den einzelnen Modulen vorliegen. Daher können Standardbauteile genutzt werden und es sind keine geson-
20 derten Vorkehrungen für die Hochspannungs- /Hochstromabsicherung erforderlich.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Erzeugungseinrichtung weiter eine Kompensationsdrossel, um eine Blindleistung bei einer Übertragung der Aufpräge-
wechselspannung auf den Strompfad zu verringern. Hiermit wird es möglich, die kapazitive Kopplung zusammen mit der Kompensationsdrossel und des Anpasstransformators in einem Resonanzbetrieb zu betreiben, um so die Blindleistung möglichst ge-
25 ring zu halten.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Vorrichtung (z.B. auf Gleichspannungspotential) weiter zumindest einen Hochstromtransformator und zumindest einen weiteren Gleichrichter. Der zumindest eine weitere Gleichrichter ist ausgebildet,

um, basierend auf der Aufprägewechselspannung, eine Gleichrichtung durchzuführen und einen gewünschten Gleichspannungsabfall entlang des Strompfades zu erzeugen. Eine Primärseite des Hochstromtransformators kann zwischen dem ersten Kondensator und an dem zweiten Kondensator gekoppelt sein und auf dem Gleichspannungspotential liegen. Der Hochstromtransformator kann eine Mittelanzapfung besitzen um eine symmetrische Aufteilung zu realisieren. Eine Sekundärseite des Hochstromtransformators kann an den weiteren Gleichrichter koppeln, um ein Wechselspannungsniveau zwischen dem ersten Kondensator und dem zweiten Kondensator anzupassen, um so den gewünschten Gleichspannungsabfall entlang des Strompfades zu erreichen.

Durch die Einstellung des Gleichspannungsabfalles ist es möglich, den Strom einzustellen, der entlang des Strompfades aufgeprägt werden soll. Dazu kann der gewünschte Gleichspannungsabfall in Abhängigkeit eines gegebenen Widerstandswertes entlang des Strompfades eingestellt werden, um so einen gewünschten Stromfluss durch den Strompfad zu erreichen.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst die Vorrichtung weiter eine Vielzahl von Stromeinprägungsmodulen und optional eine Vielzahl von Anpasstransformatoren. Jedes der Einprägungsmodule kann einen Hochstromtransformator, einen weiteren Gleichrichter, zwei Eingangsanschlüsse, die an die Primärseite des Hochstromtransformators koppeln, und zwei Ausgangsanschlüsse aufweisen. Die Vielzahl von Stromeinprägungsmodulen können mit ihren jeweiligen Eingangsanschlüssen seriell zwischen dem ersten Kondensator und dem zweiten Kondensator auf der Hochspannungsseite oder hinter einem Anpasstransformator, der zwischen beiden Kondensatoren geschaltet ist, geschaltet sein und mit ihren jeweiligen zwei Ausgangsanschlüssen parallel zu dem Strompfad geschaltet sein. Die Modularisierung der Stromeinprägung bietet den Vorteil, dass verhältnismäßig geringe Spannungen und Ströme während der Erzeugung des gewünschten Gleichspannungsabfalls in den einzelnen Modulen vorliegt. Daher können Standardbauteile genutzt werden und es sind keine gesonderten Vorkehrungen für die Hochspannungs- /Hochstromabsicherung erforderlich (bspw. erhöhter Kupfereinsatz, höhere Isolationsspannung, etc.).

Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist die Schaltfrequenz und/oder eine Kapazität

des ersten und/oder des zweiten Kondensators und/oder eine Induktivität der Kompensationsdrossel und/oder des Anpasstransformators gewählt, um eine Blindleistung bei einem Energietransfer von der Vorsorgungswechselspannung zu dem Strompfad zu minimiert (oder zumindest zu verringern).

5 Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist/sind die Kapazität des ersten Kondensators und/oder die Kapazität des zweiten Kondensators und/oder die Induktivität in Abhängigkeit von der Schaltfrequenz derart gewählt, dass die Aufprägewechselspannung weniger als ein vorbestimmter Anteil (z.B. 50% oder 10%) des Gleichspannungspotentials ist. Diese Einschränkung soll sicherstellen, dass der Nennspannungswert der Gleichspannung im Wesentlichen gleichbleibt, da beispielsweise ein Prüfling mit einem be-
10 stimmten Nennspannungswert geprüft werden soll.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst der erste Kondensator und/oder der zweite Kondensator jeweils parallel und/oder in Reihe verschaltete Kondensatoren.
15 Widerständen können parallel und/oder in Reihe zu den Kondensatoren vorgesehen sein (bspw. zur Potentialsteuerung). Ein Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass Standardbauteile genutzt werden können und somit kosteneffizient gearbeitet werden kann. Weiterhin können bei weiteren Ausführungsbeispielen zu den seriell verschalteten Kondensatoren einzelne oder mehrere Widerstände parallelgeschaltet wer-
20 den. Ein Vorteil dieser Vorgehensweise liegt darin, dass ein Spannungsabfall über die Kondensatoren entsprechend verteilt wird, so dass das Hochspannungspotential symmetrisch über alle Kondensatoren aufgeteilt wird und damit alle Komponenten gleich belastet werden.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst der zumindest eine weitere Gleichrichter
25 einen Synchrongleichrichter. Bei dieser Art von Gleichrichtern werden keine Bauteile verwendet, die von sich aus einen Stromfluss nur in eine Richtung zulassen (beispielsweise Dioden). Stattdessen werden beispielsweise Feldeffekttransistoren (z.B. MOS-FETs) genutzt, die durch eine Ansteuerelektronik so angesteuert werden, dass sie wie eine Halbleiterdiode mit sehr kleiner Durchlassspannung wirken. Dieses Verfahren

bietet den Vorteil, dass geringere Wärmeverluste im Gleichrichter auf Gleichstrompotential entstehen und ggf. auf Kühlungsaggregate verzichtet werden kann.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auch auf ein Verfahren zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad, auf dem ein Gleichspannungspotential an-
5 liegt. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Erzeugen einer Aufprägewechselspannung mit einer Schaltfrequenz in einem Schaltungsabschnitt, der elektrisch von dem Gleichspannungspotential getrennt ist (bspw. Erdpotential), und kapazitive Übertragung der Aufprägewechselspannung auf den Strompfad. Beispielsweise kann eine direkte Aufschaltung der Aufprägewechselspannung auf den Strompfad erfolgen.

10 Bei weiteren Ausführungsbeispielen umfasst das Verfahren außerdem ein Gleichrichten der kapazitiv aufgeprägten Aufprägewechselspannung, um so einen gewünschten Gleichspannungsabfall auf dem Strompfad auszubilden.

Vorteile der Ausführungsbeispiele bestehen darin, dass ein sehr kompakter und leichter Aufbau möglich wird. Da keine neuartigen Bauteile oder Techniken erforderlich
15 sind, ist eine sehr günstige Leistungsübertragung möglich. Außerdem entkoppeln die Hochspannungskondensatoren das Gleichspannungspotential (bspw. auf Hochspannung) von den Bauteilen, die die Wechselspannungskomponente erzeugen.

Im Rahmen der vorliegenden Erfindung sollen sich die Begriffe „verbinden“ und „schalten“ insbesondere auf elektrische Verbindungen und elektrische Verschaltungen
20 beziehen und nur insoweit einschränkend sein, dass ein Strompfad zwischen den verbundenen/geschalteten Komponenten ausgebildet werden kann (wenn entsprechende Spannungen anliegen). Eine elektrische Verbindung muss dabei nicht notwendigerweise eine direkte elektrische Verbindung umfassen. Daher ist im Rahmen der vorliegenden Erfindung unter einer elektrischen Verbindung das Ausbilden eines Strompfades zu verstehen, der einen Fluss oder eine Bewegung (z.B. bei Wechselströmen) von
25 elektrischen Ladungsträgern zwischen den Komponenten erlaubt. Der Begriff „koppeln“ ist so auszulegen, dass es jegliche Verbindung umfasst, über die Energie transportiert werden kann (auch drahtlos).

Kurzbeschreibung der Figuren

Die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden besser verstanden von der folgenden detaillierten Beschreibung und den beiliegenden Zeichnungen der unterschiedlichen Ausführungsbeispiele, die jedoch nicht so verstanden werden sollten, dass sie die Offenbarung auf die spezifischen Ausführungsformen einschränkt, sondern lediglich der Erklärung und dem Verständnis dienen.

Fig. 1 zeigt eine schematische Darstellung für die Vorrichtung gemäß einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2 zeigt weitere Details der Vorrichtung gemäß weiterer Ausführungsbeispiele.

Fig. 3 zeigt einen beispielhaften Wechselspannungsverlauf der gemäß Ausführungsbeispiele von der Erzeugungseinrichtung erzeugt werden kann.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Aufprägen eines elektrischen Stromes gemäß Ausführungsbeispielen der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung

Fig. 1 zeigt eine Vorrichtung, die geeignet ist, einen elektrischen Strom auf einen Strompfad, auf dem ein Gleichspannungspotential V_{dc} anliegt, aufzuprägen. Die Vorrichtung umfasst: einen ersten Kondensator 10 und einen zweiten Kondensator 20, wobei der Strompfad PI den ersten Kondensator 10 und den zweiten Kondensator 20 verbindet. Die Vorrichtung umfasst außerdem eine Erzeugungseinrichtung 30, die ausgebildet ist, um eine Aufprägewechselspannung V_{ac} mit einer Schaltfrequenz f zwischen dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 zu erzeugen. Der erste Kondensator 10 und der zweite Kondensator 20 trennen das Gleichspannungspotential V_{dc} von der Erzeugungseinrichtung 30 elektrisch voneinander und prägen die Aufprägewechselspannung V_{ac} kapazitiv auf dem Strompfad PI auf, wobei entlang des Strompfades PI weitere Bauteile wie beispielsweise ein Gleichrichter vorhanden sein kann.

Optional können in der Vorrichtung folgende weitere Komponenten ausgebildet sein: ein Netzgleichrichter mit Umrichter für einen Frequenzbereich für die Aufprägewechselspannung zwischen 20 kHz und 200 kHz (oder zwischen 5 kHz und 1000 kHz) eine Kompensationsspule und ein Hochstromtransformator, der einen Synchrongleichrichter umfassen kann.

Fig. 2 zeigt ein Ausführungsbeispiel für eine mögliche Verschaltung der weiteren optionalen Komponenten. In dem gezeigten Ausführungsbeispiel trennt der erste Kondensator 10 und der zweite Kondensator 20 eine Niederspannungsseite von einer Hochspannungsseite, wobei die Hochspannungsseite in dem gezeigten Ausführungsbeispiel der Fig. 2 sich auf der rechten Seite der Linie 400 befindet und die Niederspannungsseite sich auf der linken Seite der Linie 300 befindet. Die Niederspannungsseite kann beispielsweise auf ein Erdpotential (Masse) liegen, während die Hochspannungsseite beispielsweise auf mehr als 1000V liegt.

Auf der Niederspannungsseite 300 ist die Erzeugungseinrichtung 30 zum Erzeugen einer Einprägewechselspannung V_{ac} durch den gestrichelten Kasten dargestellt und wird durch einen Versorgungswechselspannungsanschluss 311 beispielsweise mit einer Netzspannung versorgt. Die Einrichtung 30 umfasst einen Gleichrichter 315, eine Umrichteinrichtung 320, einen Anpasstransformator 340 und eine Drosselspule 350.

Der Gleichrichter 315 umfasst zwei Anschlüsse, die mit dem Versorgungswechselspannungsanschluss 311 verbunden sind, und ist ausgebildet, um aus der Versorgungswechselspannung eine erste Gleichspannung V_{dc1} zu erzeugen. Somit stellt der Gleichrichter 315 zusammen mit der angeschlossenen Wechselspannungsquelle eine Gleichspannungsquelle 310 dar. Optional kann der Gleichrichter 315 auch eine Anpassung des Spannungswertes für die erste Gleichspannung V_{dc1} vornehmen.

Am Ausgang des Gleichrichters 315 ist die Umrichteinrichtung 320 angeordnet, die die erste Gleichspannung V_{dc1} empfängt und daraus die erste Wechselspannung V_{ac1} erzeugt. Beispielsweise kann die Umrichteinrichtung 320 eine erste Wechselspannung V_{ac1} mit einer Frequenz zwischen 20 kHz und 200 kHz erzeugen, wobei die erste

Wechselspannung Vac1 beispielsweise eine Rechteckpulsfolge darstellen kann. Optional kann die Umrichteinrichtung 320 eine Vielzahl von Feldeffekttransistoren oder IGBT-Vollbrücken aufweisen, die genutzt werden, um die gewünschte erste Wechselspannung Vac1 zu erzeugen.

5 Am Ausgang der Umrichteinrichtung 320 ist der Anpasstransformator 340 angeordnet. Der Anpasstransformator 340 umfasst beispielsweise eine Primärspule und eine Sekundärspule, wobei die Primärspule die durch die Umrichteinrichtung 320 erzeugte erste Wechselspannung Vac1 empfängt. Die Sekundärseite des Anpasstransformators 340 ist zwischen dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 geschaltet. Beispielsweise kann ein Mittenkontakt der Sekundärspule des Anpasstransformators 340 auf ein Massepotential gelegt sein. Optional ist ebenfalls eine Drosselspule 350 ausgebildet, die entlang des Strompfades von dem ersten Kondensator 10 zu der Sekundärspule des Anpasstransformators 340 hin zu dem zweiten Kondensator 20 geschaltet sein kann.

15 Auf der Hochspannungsseite 400 ist zwischen dem Strompfad PI und dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 ein Hochstromtransformator 40 und ein weiterer Gleichrichter 50 (z.B. ein Synchrongleichrichter) ausgebildet.

Der Hochstromtransformator 40 umfasst wiederum eine Sekundärspule und eine Primärspule, wobei die Primärspule zwischen dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 ausgebildet ist, und zwar gegenüberliegend zu der Kopplung des Anpasstransformators 340. Die Sekundärspule des Hochstromtransformators 40 erzeugt eine zweite Wechselspannung Vac2 aus dem Wechselspannungssignal, welches zwischen dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 anliegt und gibt die zweite Wechselspannung Vac2 an den weiteren Gleichrichter 50 weiter.

25 Der weitere Gleichrichter 50 ist ausgebildet, um aus der zweiten Wechselspannung Vac2 einen Gleichspannungsabfall ΔV_{dc} entlang des Strompfades PI zu erzeugen. Optional ist es ebenfalls möglich, dass der weitere Gleichrichter 50 ein Synchrongleichrichter ist, was den Vorteil bietet, dass im Vergleich zu anderen üblichen Gleichrichtereinrichtungen weniger Wärme erzeugt wird.

Optional ist es möglich, dass der Hochstromtransformator 40 und der weitere Gleichrichter 50 mehrfach ausgebildet sind. Beispielsweise können auf der Hochspannungsseite 400 eine Vielzahl von Einprägemodulen ausgebildet sein, die seriell zwischen dem ersten Kondensator 10 und dem zweiten Kondensator 20 geschaltet sind. Jedes der Vielzahl von Einprägemodulen umfasst beispielsweise eine Hochstromtransformatoreinheit 40 und eine weitere Gleichrichtereinheit 50 und prägt einen Gleichspannungsanteil auf den Strompfad PI ein. Damit wird es möglich, dass jedes der Vielzahl von Einprägemodulen einen vergleichsweise kleinen Strom erzeugt (z. B. weniger als 100 A) und dass die Überlagerung aller durch die Einprägemodule erzeugten Ströme zu dem gesamten Strom führt, der auf dem Strompfad PI eingeprägt werden soll (der beispielsweise mehr als 1000 A aufweist). Somit können die Vielzahl von Einprägemodulen parallel zu dem Strompfad PI ausgebildet sein.

Ebenso ist es möglich, dass die Umrichtereinrichtung 320 eine Vielzahl von Umrichtern umfasst, die jeweils an eine Primärspule des Anpasstransformators 340 koppeln. Ein Vorteil besteht wiederum darin, dass die erzeugten Spannungen für jede Umrichtereinrichtung kleiner sind als bei nur einer Umrichtereinrichtung 320, da erst auf der Sekundärseite des Anpasstransformators oder der Anpasstransformatoren 340 die erzeugten Spannungen addiert werden und sich zu dem Gesamtspannungsabfall V_{ac} summieren.

Fig. 3 zeigt einen beispielhaften Spannungsverlauf für die erste Wechselspannung V_{ac1} , der durch den einen oder die mehreren Umrichtereinrichtungen 320 erzeugt wird. Beispielsweise kann die erste Wechselspannung V_{ac1} als eine Pulsfolge erzeugt werden, wie sie in der Fig. 3 zu sehen ist. Dabei folgen positive Spannungspulse mit einem Spannungsspitzenwert V_r negative Spannungspulse mit einem negativen Spannungsspitzenwert $-V_r$ und daran anschließend folgt wieder ein positiver Spannungspuls. Beispielsweise wird ein erster Spannungspuls P1 zu Zeit t_1 erzeugt und hat eine Pulsbreite $t_2 - t_1$. Zwischen der zweiten Zeit t_2 und der dritten Zeit t_3 erfolgt keine Spannungsausgabe (d.h. es liegt z. B. das Massepotential an). Zu Zeit t_3 erfolgt die Erzeugung eines negativen Spannungspulses P2 mit einem negativen Spannungsspitzenwert $-V_r$, der bis zu Zeit t_4 anhält. Zwischen der Zeit t_4 und t_5 wird kein Spannungswert ausgegeben und zu Zeit t_5 wird wiederum ein positiver Spannungspuls P3 erzeugt,

der bis zu Zeit t_6 anhält. Optional ist es ebenfalls möglich, dass nicht abwechselnd positive und negative Spannungspulse erzeugt werden, sondern dass lediglich positive Spannungspulse erzeugt werden. Die Pulsbreiten (t_2-t_1 oder t_4-t_3 oder t_6-t_5) sind beispielsweise durch die Umrichteinrichtung 320 gezielt einstellbar. Die Frequenz bezieht sich dabei auf die inverse Zeitdauer zwischen zwei Pulsen (z.B. t_3-t_1 oder t_5-t_3 oder t_5-t_1) und kann ebenfalls einstellbar sein. Beispielsweise kann die übertragene Leistung bzw. die weitergeleitete Stromstärke über die Pulsbreiten reguliert werden. Optional ist es ebenfalls möglich, dass die Amplitude der Pulse reguliert wird, um die übertragene Leistung zu steuern. Optional sind neben rechteckigen Impulsen auch andere Pulsformen denkbar. So können beispielsweise sinusförmige Verläufe erzeugt werden, indem Pulse übereinandergelegt werden.

Fig. 4 zeigt ein Flussdiagramm eines Verfahrens zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad, auf dem ein Gleichspannungspotential anliegt. Das Verfahren umfasst die folgenden Schritte: Erzeugen S110 einer Aufprägewechselspannung V_{ac} mit einer Schaltfrequenz f in einem Schaltungsabschnitt (z.B. der Niederspannungsbereich 300 aus der Fig. 2), der elektrisch von dem Gleichspannungspotential V_{dc} getrennt ist; und kapazitives Übertragen S120 der Aufprägewechselspannung V_{ac} auf das Gleichspannungspotential V_{dc} auf dem Strompfad PI. Über einen Gleichrichter kann optional die Einprägung eines Gleichstromes auf den Strompfad PI erfolgen.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen sind die oben mit der Vorrichtung beschriebenen Funktionen als weitere optionale Verfahrensschritte in dem Verfahren umgesetzt.

Aspekte der vorliegenden Erfindung können wie folgt zusammengefasst werden:

Ausführungsbeispiele können zur Prüfung von Bauteilen oder Komponenten genutzt werden, die sich auf einem sehr hohen Gleichspannungspotential befinden (wobei ein hohes Gleichspannungspotential beispielsweise 500 kV beträgt), wobei die Gleichspannungskomponenten durch Kondensatoren vollständig entkoppelt werden. Wenn die Leistung bei sehr hohen Frequenzen (z. B. 20 kHz bis 200 kHz) übertragen wird, ergeben sich - trotz einer möglicherweise geringen Kapazität der Koppelkondensatoren 10, 20 (z. B. weniger als 10 nF oder in einem Bereich von 0,5 nF bis 100 nF) und

sehr hohen Leistungen – im Vergleich zum Gleichspannungspotential nur geringe Wechselspannungsanteile an den Koppelkondensatoren 10, 20. Es kommt daher zu keiner signifikanten dielektrischen Beanspruchung der Kondensatoren durch die Aufprägewechselspannung. Zur Minimierung der Verluste an diesen Bauteilen kann eine Kompensationsdrossel 350 eingebaut werden. Die Kompensationsdrossel bildet mit den Kondensatoren 10, 20 einen elektrischen Schwingkreis. Beispielsweise ergeben sich im Resonanzfall im Kreis relativ geringe ohmsche Übertragungsverluste. Lediglich die sehr geringen dielektrischen Verluste in den Kondensatoren und die ohmschen Verluste in den Leitungen und der Spule reduzieren den Wirkungsgrad der Schaltung. Der überwiegende Teil der Leistung wird dadurch im Strompfad PI umgesetzt.

Die Schaltfrequenz des Umrichters 320 kann beispielsweise derart eingestellt werden, dass die Summenkapazität der beiden Koppelkondensatoren 10, 20 von der Spule 350 kompensiert werden. Die Kapazität der Kondensatoren 10, 20 kann beispielsweise so gewählt werden, dass bei der eingestellten Frequenz und dem zur Übertragung der Leistung benötigten Strom, die Wechselspannungskomponente weniger als 10% der Gleichspannungskomponente beträgt. Die Nutzwechselspannung liegt beispielsweise in einem Bereich von 10 kV bei einer Frequenz von etwa 50 kHz und einen Strom von etwa 13 A. Dies ergibt bei 10 nF als Kapazität für die Koppelkondensatoren einen Spitzenwert der Wechselspannungskomponente von ca. 5,8 kV, also etwa 1% der Gleichspannungskomponente.

Als Koppelkondensatoren 10, 20 können beispielsweise in Reihe geschaltete Polypropylen-Folien-Kondensatoren eingesetzt werden, die eine Spannungsfestigkeit von bis 1,2 kV besitzen und jeweils einen separaten Gleichstromwiderstand von ca. 2 MOhm zur Spannungsaufteilung und Entladung aufweisen.

Der Umrichter 320 kann außerdem eine Festfrequenz aufweisen, die einstellbar sein kann oder selbst im Resonanzbetrieb arbeitet. Ersteres bietet den Vorteil, dass im Fehlerfall (bspw. durch Zerstörung von Komponenten im elektrischen Schwingkreis) die abgegebene Leistung sinkt. Jedoch ist diese Vorgehensweise ungeeignet bei der Verwendung von stark spannungs- und/oder temperaturabhängigen Kondensatoren, wie

beispielsweise Keramikkondensatoren. In diesem Fall ist die Frequenz ggf. zur Änderung der Kapazität und Induktivität der Bauelemente anzupassen.

Bei weiteren Ausführungsbeispielen ist es möglich, die Leistung auf bis zu 30 (oder mehr) kleinere Umrichter 321, 322,... zu verteilen, wobei jeder Umrichter einen eigenen Anpasstransformator 341, 342,... aufweisen kann, der sekundär beispielhaft 1/30 der Spannung liefert, jedoch die volle Spannung isolieren kann. Dadurch können alle Sekundärwicklungen in Reihe geschaltet werden, was eine exakte Aufteilung der Leistung auf alle Umrichter sicherstellt.

Ebenso kann die sekundäre Stromeinprägung beispielsweise durch 100 Einzelmodule erfolgen, die wiederum primär in Serie geschaltet sein können und hochstromseitig parallelgeschaltet sind, um eine gleiche Stromaufteilung zu erhalten.

Um die Abwärme in den Hochstrommodulen 40, 50 zu verringern, kann ein Synchrongleichrichter mit Feldeffekttransistoren (z.B. MOSFETs) ausgebildet sein. Die beispielhaften MOSFETs arbeiten ab etwa 8 V Sekundärspannungen. Bei sehr kleinen Spannungen (und somit auch kleinen Strömen) arbeitet der Gleichrichter 50 über die speziell dafür vorgesehenen Paralleldioden der MOSFETs passiv.

Ein kritisches Bauteil in der Kette der Leistungsübertragung sind die Kondensatoren 10, 20. Diese Kondensatoren 10, 20 werden einerseits mit einer hohen Gleichspannung belastet, als auch einer sehr kleinen, hochfrequenten ($< 10\%$) Wechselspannung und außerdem einem sehr hohen Wechselstrom hoher Frequenz ausgesetzt. Aus diesem Grund dominieren die thermischen Verluste in den Leitungen der Kondensatoren 10, 20. Die dielektrischen Verluste sind gering. Die Belastung der Kondensatoren 10, 20 hängt dabei von der Gleichspannungskomponente, dem Wechselstrom und der Frequenz des Wechselstroms ab. Die Höhe der Wechselspannung, die übertragen wird, spielt für die Belastung der Kondensatoren 10, 20 nur eine geringe Rolle, da an den Kondensatoren 10,20 nur der durch den Strom und Impedanz bedingte Teil abfällt. Zur Reduzierung des Stromes durch die Kondensatoren wird allerdings ein erhöhtes Spannungsniveau für die Aufprägewechselspannung bevorzugt (bspw. 10 kV bei 15 A zur Übertragung von 150 kVA Leistung).

- 16 -

Die Vorrichtung kann gemäß Ausführungsbeispielen auch für die folgenden Parameter genutzt werden. Das Gleichspannungspotential kann beispielsweise bei 60 kV (oder zwischen 5 kV und 200 kV) liegen. Der Wechselstrom kann effektiv 10 A (oder zwischen 1 A und 50 A liegen). Am Ausgang der Hochspannungsseite kann beispielsweise
5 18 V bei 45 A anliegen. Der Gesamtwirkungsgrad liegt ca. bei 85%, ohne die Verluste im Hochspannungskreis durch eventuell eingebaute Steuerwiderstände.

Die in der Beschreibung, den Ansprüchen und den Figuren offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung wesentlich sein.

Bezugszeichenliste

	10	erster Kondensator
	20	zweiter Kondensator
	30	Erzeugungseinrichtung
5	40	Hochspannungstransformator
	50	weiterer Gleichrichter
	310	Gleichspannungsquelle
	311	Versorgungswechselspannung
	315	Gleichrichter
10	320	Umrichteinrichtung
	340	Anpasstransformator
	350	Kompensationsdrossel
	Vdc	Gleichspannungspotential
	Vdc1	erste Gleichspannung
15	Vac	Aufprägewechselspannung
	Vac1	erste Wechselspannung
	ΔV_{dc}	eingepprägter Spannungsabfall
	Vr	Spannungsspitzenwert
	f	Schaltfrequenz
20	PI	Strompfad

Ansprüche

1. Vorrichtung zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad (PI), auf dem ein Gleichspannungspotential (V_{dc}) anliegt, mit folgenden Merkmalen:

5 einen ersten Kondensator (10) und einen zweiten Kondensator (20), wobei der Strompfad (PI) den ersten Kondensator (10) und den zweiten Kondensator (20) verbindet; und

eine Erzeugungseinrichtung (30), die ausgebildet ist, um eine Aufprägewechselspannung (V_{ac}) mit einer Schaltfrequenz (f) zwischen dem ersten Kondensator (10) und dem zweiten Kondensator (20) zu erzeugen,

10 wobei der erste Kondensator (10) und der zweite Kondensator (20) das Gleichspannungspotential (V_{dc}) von der Erzeugungseinrichtung (30) elektrisch trennen und die Aufprägewechselspannung (V_{ac}) kapazitiv übertragen.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Erzeugungseinrichtung (30) Folgendes aufweist:

15 eine Gleichspannungsquelle (310) zum Bereitstellen einer ersten Gleichspannung (V_{dc1}); und

eine Umrichteinrichtung (320) zum Erzeugen einer ersten Wechselspannung (V_{ac1}) mit der Schaltfrequenz (f) aus der ersten Gleichspannung (V_{dc1}).

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, bei der die Gleichspannungsquelle (310) einen Anschluss (311) an eine Versorgungswechselspannung und einen Gleichrichter (315) aufweist, wobei der Gleichrichter (315) ausgebildet ist, um die erste Gleichspannung (V_{dc1}) aus der Versorgungswechselspannung zu erzeugen.

4. Vorrichtung nach Anspruch 2 oder Anspruch 3, wobei die Umrichteinrichtung

(320) ausgebildet ist, um die erste Wechselspannung (V_{ac1}) mit einer einstellbaren Schaltfrequenz (f) und/oder mit einem einstellbaren Spitzenwert (V_r) für die Spannung und/oder mit einer einstellbaren mittleren Stromstärke zu erzeugen.

5 5. Vorrichtung nach Anspruch 4, wobei die Erzeugungseinrichtung (30) weiter einen Anpasstransformator (340) aufweist, der ausgebildet ist, um die Aufprägewechselspannung (V_{ac}) durch eine Spannungsanpassung aus der ersten Wechselspannung (V_{ac1}) zu erzeugen.

10 6. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei die Umrichteinrichtung (320) eine Vielzahl von Umrichtern (331, 332, ...) und der Anpasstransformator (340) eine Vielzahl von Transformatoreinheiten (341, 342, ...) aufweisen, wobei jeweils einer der Umrichter (331, 332, ...) zusammen mit einer der Transformatoreinheiten (341, 342, ...) jeweils ein Umrichtmodul bilden, und

15 wobei jedes der so gebildeten Umrichtmodule die erste Gleichspannung (V_{dc1}) empfangen und daraus jeweils eine eigene Wechselspannung erzeugen, um durch serielles Addieren der eigenen Wechselspannungen die erste Wechselspannung (V_{ac1}) zu erzeugen.

20 7. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Erzeugungseinrichtung (30) weiter eine Kompensationsdrossel (350) aufweist, um eine Blindleistung bei einer Übertragung der Aufprägewechselspannung (V_{ac}) auf den Strompfad (PI) zu verringern.

8. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, die weiter zumindest einen Hochstromtransformator (40) und zumindest einen weiteren Gleichrichter (50) aufweist,

25 wobei der zumindest eine weitere Gleichrichter (50) ausgebildet ist, um, basierend auf der Aufprägewechselspannung (V_{ac}), einen gewünschten Gleichspannungsabfall (ΔV_{dc}) entlang des Strompfades (PI) zu erzeugen, und

wobei eine Primärseite des zumindest einen Hochstromtransformators (40) zwischen dem ersten Kondensator (10) und dem zweiten Kondensator (20) koppelt und auf dem Gleichspannungspotential (V_{dc}) liegt und eine Sekundärseite des zumindest einen Hochstromtransformators (40) an den weiteren Gleichrichter (50) koppelt, um ein Wechselspannungsniveau zwischen dem ersten Kondensator (10) und dem zweiten Kondensator (20) anzupassen, um den gewünschten Gleichspannungsabfall (ΔV_{dc}) entlang des Strompfades (PI) zu erreichen.

9. Vorrichtung nach Anspruch 8, wobei der zumindest eine weitere Gleichrichter (50) einen Synchrongleichrichter umfasst.

10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder Anspruch 9, die

eine Vielzahl von Stromeinprägungsmodulen aufweist, wobei jedes der Einprägungsmodule einen Hochstromtransformator (40), der auf dem Gleichspannungspotential (V_{dc}) liegt, einen weiteren Gleichrichter (50), zwei Eingangsanschlüsse, die an die Primärseite des Hochstromtransformators (40) koppeln, und zwei Ausgangsanschlüsse aufweist,

wobei und die Vielzahl von Stromeinprägungsmodulen seriell mit ihren jeweiligen Eingangsanschlüssen zwischen dem ersten Kondensator (10) und dem zweiten Kondensator (20) geschaltet sind und mit ihren jeweiligen zwei Ausgangsanschlüssen parallel zu dem Strompfad (PI) geschaltet sind.

11. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Schaltfrequenz (f) und/oder eine Kapazität des ersten und/oder des zweiten Kondensators (10, 20) und/oder eine Induktivität der Kompensationsdrossel (350) und/oder des Anpasstransformators (340) gewählt sind, um eine Blindleistung bei einem Energietransfer von der Versorgungswechselspannung zu dem Strompfad (PI) zu minimiert und/oder eine gewünschte Stromstärke entlang des Strompfades (PI) zu erzeugen.

12. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kapazität des

ersten Kondensators (10), die Kapazität des zweiten Kondensators (20) und die Induktivität (L) in Abhängigkeit von der Schaltfrequenz (f) gewählt sind, so dass die Aufprägewechselspannung (Vac) weniger als ein vorbestimmter Anteil des Gleichspannungspotentials (Vdc) ist.

- 5 13. Vorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei der erste Kondensator (10) und/oder der zweite Kondensator (20) jeweils in Reihe und/oder parallel verschalteten Kondensatoren aufweisen.
14. Verfahren zum Aufprägen eines elektrischen Stromes auf einen Strompfad (PI), auf dem ein Gleichspannungspotential (Vdc) anliegt, mit folgenden Schritten:
- 10 Erzeugen (S110) einer Aufprägewechselspannung (Vac) mit einer Schaltfrequenz (f) in einem Schaltungsabschnitt, der elektrisch von dem Gleichspannungspotential (Vdc) getrennt ist; und
- kapazitives Übertragen (S120) der Aufprägewechselspannung (Vac) auf das Gleichspannungspotential (Vdc) auf dem Strompfad (PI).
- 15 15. Verfahren nach Anspruch 14, das weiter ein Gleichrichten der kapazitiv aufgetragenen Aufprägewechselspannung (Vac) umfasst, um so einen gewünschten Gleichspannungsabfall (ΔV_{dc}) auf dem Strompfad (PI) auszubilden.

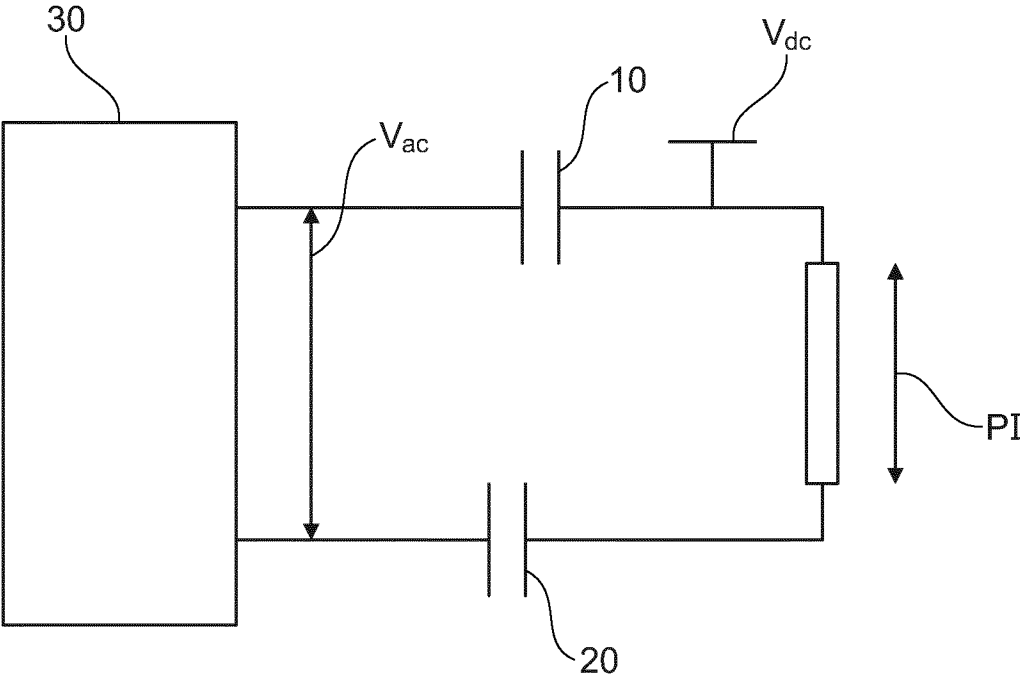


Fig. 1

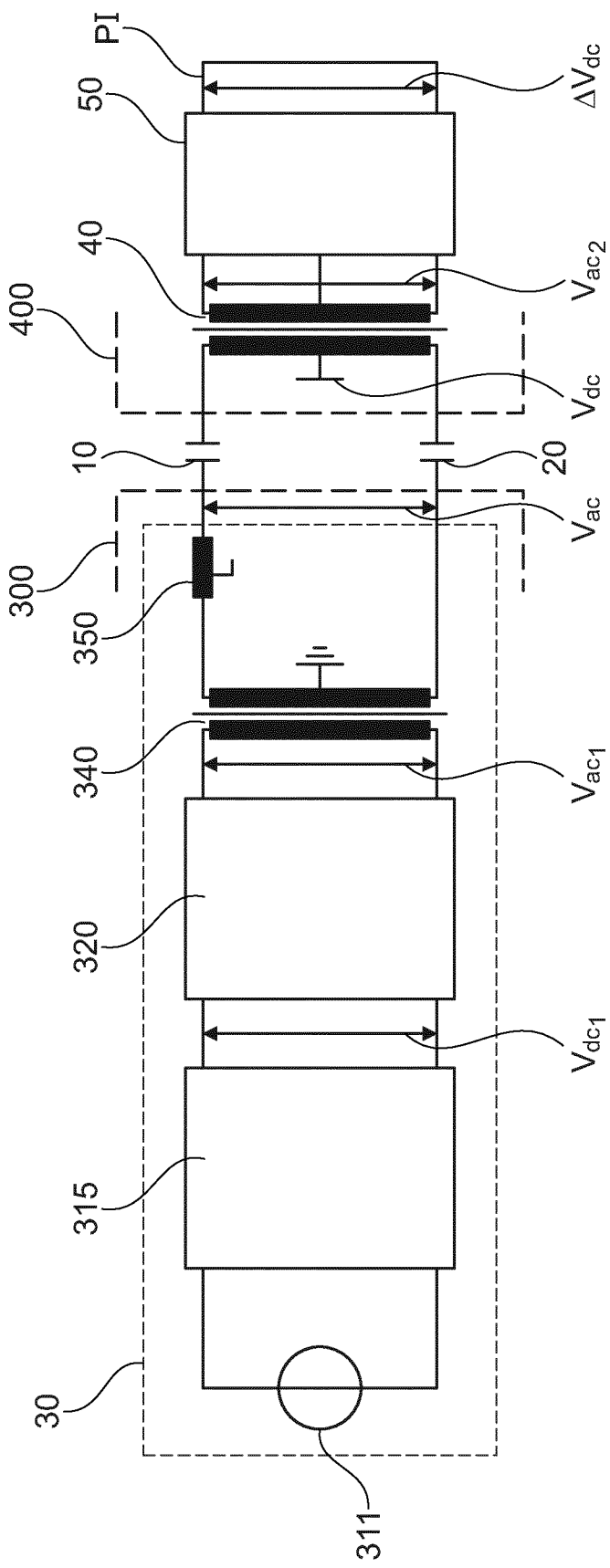


Fig. 2

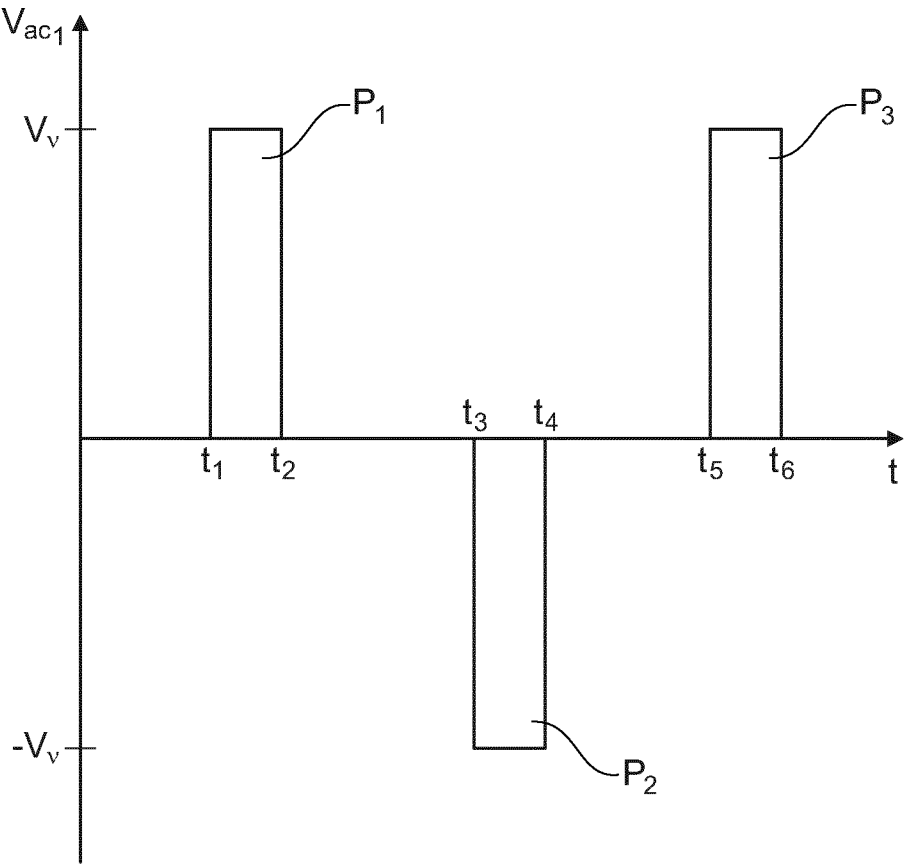


Fig. 3

4/4

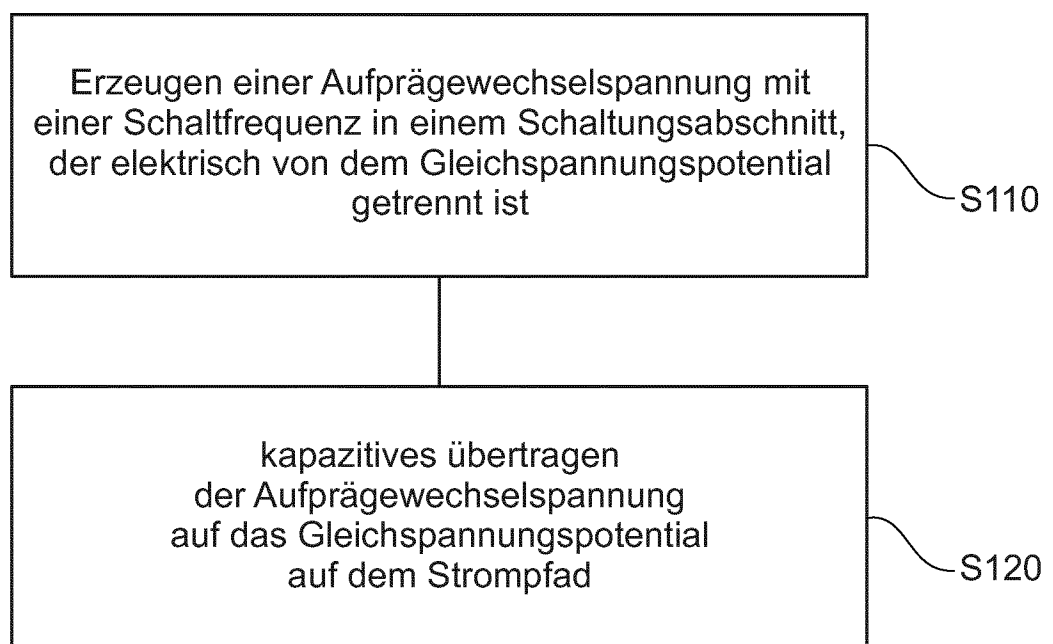


Fig. 4

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/052537

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H02J50/05
ADD.

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)
H02J

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	WO 2015/052263 A1 (KONINKL PHILIPS NV [NL]) 16 April 2015 (2015-04-16) page 4, line 27 - page 7, line 19; figure 2	1-15
X	----- US 2009/302690 A1 (KUBONO FUMIO [JP] ET AL) 10 December 2009 (2009-12-10) pages 1,14, columns 2-13,15, paragraph 74 - paragraph 120; figures 6, 8	1-15
X	----- Kevin Gingerich ET AL: "The IS072x Family of High-Speed Digital Isolators", Application Report SLLA198 - January, 1 January 2006 (2006-01-01), XP055371119, Retrieved from the Internet: URL:http://www.ti.com/lit/an/slla198/slla198.pdf paragraph [0009] ----- -/-	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 May 2017

Date of mailing of the international search report

22/05/2017

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kreutz, Joseph

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2017/052537

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Texas Instruments: "OUT GND2 GND1 IN V CC2 V CC1 Isolation Capacitor EN (IS0722/M-only) IS072x Single Channel High-Speed Digital Isolators", 31 January 2006 (2006-01-31), XP055371132, Retrieved from the Internet: URL:http://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso721.pdf [retrieved on 2017-05-10] the whole document -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2017/052537

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2015052263 A1	16-04-2015	CN 105637731 A	01-06-2016
		EP 3055918 A1	17-08-2016
		JP 2016538810 A	08-12-2016
		US 2016248274 A1	25-08-2016
		WO 2015052263 A1	16-04-2015

US 2009302690 A1	10-12-2009	JP 4557049 B2	06-10-2010
		JP 2009296857 A	17-12-2009
		US 2009302690 A1	10-12-2009

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H02J50/05
ADD.

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H02J

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

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

EPO-Internal

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	WO 2015/052263 A1 (KONINKL PHILIPS NV [NL]) 16. April 2015 (2015-04-16) Seite 4, Zeile 27 - Seite 7, Zeile 19; Abbildung 2	1-15
X	US 2009/302690 A1 (KUBONO FUMIO [JP] ET AL) 10. Dezember 2009 (2009-12-10) Seiten 1,14, Spalten 2-13,15, Absatz 74 - Absatz 120; Abbildungen 6, 8	1-15
X	Kevin Gingerich ET AL: "The IS072x Family of High-Speed Digital Isolators", Application Report SLLA198 - January, 1. Januar 2006 (2006-01-01), XP055371119, Gefunden im Internet: URL: http://www.ti.com/lit/an/slla198/slla198.pdf Absatz [0009]	1-15
	----- -/-	

☒ 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

12. Mai 2017

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

22/05/2017

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

Kreutz, Joseph

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	Texas Instruments: "OUT GND2 GND1 IN V CC2 V CC1 Isolation Capacitor EN (ISO722/M-only) ISO72x Single Channel High-Speed Digital Isolators", 31. Januar 2006 (2006-01-31), XP055371132, Gefunden im Internet: URL:http://www.ti.com/lit/ds/symlink/iso721.pdf [gefunden am 2017-05-10] das ganze Dokument -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2017/052537

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
WO 2015052263	A1	16-04-2015	CN	105637731 A	01-06-2016
			EP	3055918 A1	17-08-2016
			JP	2016538810 A	08-12-2016
			US	2016248274 A1	25-08-2016
			WO	2015052263 A1	16-04-2015

US 2009302690	A1	10-12-2009	JP	4557049 B2	06-10-2010
			JP	2009296857 A	17-12-2009
			US	2009302690 A1	10-12-2009
