



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 205 922.2**

(22) Anmeldetag: **06.04.2017**

(43) Offenlegungstag: **11.10.2018**

(51) Int Cl.: **H02M 3/158 (2006.01)**

(71) Anmelder:

Dialog Semiconductor (UK) Limited, London, GB

(74) Vertreter:

**MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann
Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE**

(72) Erfinder:

Ledr, Jiri, 82110 Germering, DE

(56) Ermittelter Stand der Technik:

DE	11 2004 000 598	T5
US	2012 / 0 169 309	A1
US	2015 / 0 200 536	A1

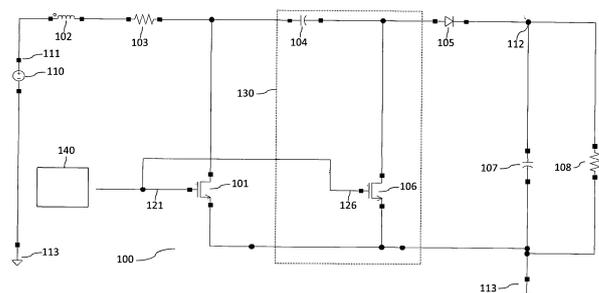
**Yuang-Shung, Lee Chun-Yi Duh, Guo-Tian
Chen, Shen-Ching Yang: Battery Equalization
Using Bi-directional Cûk Converters in DCVM
Operation. In: Power Electronics Specialists
Conference, 2005. PESC '05. IEEE 36th, 16 June
2005, 765-771.**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Kurzschlusschutz für einen Leistungswandler**

(57) Zusammenfassung: Das vorliegende Dokument beschreibt einen Schaltmodus-Leistungswandler (100), der konfiguriert ist zum Umwandeln von elektrischer Leistung zwischen einer ersten Spannung an einem ersten Anschluss (111) und einer zweiten Spannung an einem zweiten Anschluss (112), wobei die erste und die zweite Spannung relativ zu einem Referenzpotential (113) sind. Der Leistungswandler (100) weist ein induktives Element (102) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite des induktiven Elements (102) mit dem ersten Anschluss (111) gekoppelt ist. Weiter weist der Leistungswandler (100) einen Leistungsschalter (101, 201) auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) mit oder von dem Referenzpotential (113). Zusätzlich weist der Leistungswandler (100) ein kapazitives Element (104) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem Leistungsschalter (101, 201) gekoppelt ist und wobei die zweite Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem zweiten Anschluss (112) gekoppelt ist. Zusätzlich weist der Leistungswandler (100) einen Hilfsschalter (106) auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) mit oder von dem Referenzpotential (113). Weiter weist der Leistungswandler (100) eine Steuereinheit (140) auf, die konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters ...



Beschreibung

Technischer Bereich

[0001] Das vorliegende Dokument betrifft Leistungswandler. Insbesondere betrifft das vorliegende Dokument einen Kurzschlussschutz für DC-DC-Leistungswandler.

Hintergrund

[0002] DC-DC-Leistungswandler, insbesondere DC-DC-Schaltmodus-Leistungswandler, wie ein Buck- bzw. Abwärtswandler, ein Boost- bzw. Aufwärtswandler und/oder ein Buck-Boost- bzw. Abwärts-Aufwärtswandler, können in verschiedenen Anwendungen verwendet werden, um elektrische Leistung bei einer Eingangsspannung, die durch eine Energiequelle (z.B. durch eine Batterie) vorgesehen wird, in elektrische Leistung bei einer anderen Ausgangsspannung umzuwandeln, die an eine Last (z.B. an einen digitalen Prozessor) vorgesehen wird. Ein Kurzschluss an dem Ausgang des Leistungswandlers kann zu erheblichen Kurzschlussströmen an dem Eingang des Leistungswandlers führen, wobei solche wesentlichen Ströme die Leistungsquelle beschädigen können.

[0003] Das vorliegende Dokument betrifft das technische Problem eines Vorsehens eines energie- und kosteneffizienten Kurzschlussschutzes für einen Schaltmodus-Leistungswandler.

Zusammenfassung

[0004] Gemäß einem Aspekt wird ein Schaltmodus-Leistungswandler, insbesondere ein DC-DC-Leistungswandler, beschrieben. Der Leistungswandler ist konfiguriert zum Umwandeln einer elektrischen Leistung zwischen einer ersten Spannung an einem ersten Anschluss und einer zweiten Spannung an einem zweiten Anschluss. Die erste Spannung kann eine Eingangsspannung sein, der erste Anschluss kann ein Eingangsanschluss sein, die zweite Spannung kann eine Ausgangsspannung sein und der zweite Anschluss kann ein Ausgangsanschluss sein. Daher kann Leistung von dem ersten Anschluss an den zweiten Anschluss übermittelt werden. In einem alternativen Beispiel kann die erste Spannung eine Ausgangsspannung sein, der erste Anschluss kann ein Ausgangsanschluss sein, die zweite Spannung kann eine Eingangsspannung sein und der zweite Anschluss kann ein Eingangsanschluss sein. Somit kann Leistung von dem zweiten Anschluss zu dem ersten Anschluss übermittelt werden.

[0005] Zum Beispiel kann der Leistungswandler einen Buck- oder Abwärtswandler umfassen oder sein, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem zweiten Anschluss zu dem ers-

ten Anschluss. Alternativ kann der Leistungswandler einen Boost- oder Aufwärtswandler umfassen oder sein, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem ersten Anschluss zu dem zweiten Anschluss. Alternativ kann der Leistungswandler einen Abwärts-Aufwärts-Wandler umfassen oder sein, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem ersten Anschluss zu dem zweiten Anschluss oder zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem zweiten Anschluss zu dem ersten Anschluss.

[0006] Die erste und die zweite Spannung können relativ zu einem Referenzpotential (z.B. zu Masse) sein.

[0007] Der Leistungswandler kann ein induktives Element (z.B. einen Induktor oder eine Spule) aufweisen, das eine erste Seite und eine zweite Seite hat, wobei die erste Seite des induktiven Elements mit dem ersten Anschluss gekoppelt (z.B. direkt gekoppelt) ist. Weiter weist der Leistungswandler einen Leistungsschalter auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln (z.B. direkt) der zweiten Seite des induktiven Elements mit oder von dem Referenzpotential. Der Leistungsschalter kann einen Metalloxidhalbleiter(MOS - metal oxide semiconductor)-Schalter aufweisen oder sein, insbesondere ein MOS-Schalter vom n-Typ.

[0008] Zusätzlich weist der Leistungswandler ein kapazitives Element (z.B. einen Kondensator) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite des kapazitiven Elements mit dem Leistungsschalter gekoppelt (z.B. direkt gekoppelt) ist. Weiter ist die zweite Seite des kapazitiven Elements mit dem zweiten Anschluss des Leistungswandlers gekoppelt (z.B. über einen zweiten Leistungsschalter oder eine Diode).

[0009] Weiter weist der Leistungswandler einen Hilfsschalter auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln (z.B. direkt) der zweiten Seite des kapazitiven Elements mit oder von dem Referenzpotential. Der Hilfsschalter kann einen Metalloxidhalbleiter(MOS - metal oxide semiconductor)-Schalter aufweisen oder sein, insbesondere ein MOS-Schalter vom n-Typ.

[0010] Die zweite Seite des induktiven Elements und die erste Seite des kapazitiven Elements können (direkt) miteinander gekoppelt sein. Somit kann der Leistungsschalter konfiguriert sein zum Koppeln oder Entkoppeln (z.B. direkt) der ersten Seite des kapazitiven Elements mit oder von dem Referenzpotential. Weiter können das induktive Element und das kapazitive Element in Serie angeordnet sein, wenn der Leistungsschalter und der Hilfsschalter in dem Aus-Zustand sind.

[0011] Zusätzlich weist der Leistungswandler eine Steuereinheit auf, die konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters auf wiederholte Weise (z.B. innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen), um elektrische Leistung umzuwandeln.

[0012] Somit ist ein Leistungswandler vorgesehen, der konfiguriert ist zum Umwandeln von elektrischer Leistung zwischen verschiedenen ersten und zweiten Spannungen auf eine energieeffiziente Weise. Der Leistungswandler weist ein kapazitives Element auf, das verwendet werden kann, um den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss in dem Fall einer Kurzschlussituation voneinander zu entkoppeln, wodurch ein kostengünstiger Kurzschlusschutz vorgesehen wird.

[0013] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen (während des Standardbetriebs des Leistungswandlers), so dass ein Kommutierungszyklus (insbesondere jeder Kommutierungszyklus) eine erste Phase aufweist, während der der Leistungsschalter die zweite Seite des induktiven Elements mit dem Referenzpotential koppelt (d.h. während der der Leistungsschalter in dem Ein-Zustand oder eingeschaltet ist) und während der der Hilfsschalter die zweite Seite des kapazitiven Elements mit dem Referenzpotential koppelt (d.h. während der der Hilfsschalter in dem Ein-Zustand oder eingeschaltet ist). Ein solcher Kommutierungszyklus kann eine erste Phase aufweisen, während der das induktive Element magnetisiert wird (wodurch Energie in dem induktiven Element gespeichert wird) und/oder während der das kapazitive Element entladen wird.

[0014] Weiter kann ein Kommutierungszyklus (insbesondere jeder Kommutierungszyklus) eine zweite Phase aufweisen, während der der Leistungsschalter die zweite Seite des induktiven Elements von dem Referenzpotential entkoppelt (d.h. während der der Leistungsschalter ausgeschaltet oder in dem Aus-Zustand ist) und während der der Hilfsschalter die zweite Seite des kapazitiven Elements von dem Referenzpotential entkoppelt (d.h. während der der Hilfsschalter ausgeschaltet oder in dem Aus-Zustand ist). Somit kann eine zweite Phase vorgesehen werden, während der das induktive Element entmagnetisiert wird, indem die zweite Seite des induktiven Elements über das kapazitive Element mit dem zweiten Anschluss des Leistungswandlers gekoppelt wird (wodurch Strom an den ersten oder zweiten Anschluss vorgesehen wird). Die zweite Phase kann zu einem (typischerweise minimalen) Laden des kapazitiven Elements führen.

[0015] Durch Kommutieren einer ersten Phase und einer zweiten Phase kann der Leistungswandler

in einer energieeffizienten Weise zum Umwandeln von elektrischer Leistung zwischen dem ersten Anschluss und dem zweiten Anschluss betrieben werden.

[0016] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen, so dass innerhalb eines Kommutierungszyklus der Leistungsschalter und der Hilfsschalter jeweils genau einmal eingeschaltet und ausgeschaltet werden.

[0017] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen, so dass innerhalb eines Kommutierungszyklus (insbesondere innerhalb jedes Kommutierungszyklus) der Leistungsschalter und der Hilfsschalter im Wesentlichen in Synchronität eingeschaltet und/oder ausgeschaltet werden, wodurch ein energieeffizienter Standardbetrieb des Leistungswandlers ermöglicht wird.

[0018] Der Leistungswandler weist typischerweise einen zweiten Leistungsschalter (der z.B. als eine Diode implementiert sein kann) auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Netzwerks mit dem oder von dem zweiten Anschluss. Der zweite Leistungsschalter kann einen Metalloxidhalbleiter (MOS - metal oxide semiconductor)-Schalter aufweisen oder sein, insbesondere ein MOS-Schalter vom n-Typ. Der Leistungsschalter kann ein niedrigseitiger Schalter und der zweite Leistungsschalter kann ein hochseitiger Schalter sein. Der Leistungsschalter und der zweite Leistungsschalter können über das kapazitive Element miteinander gekoppelt sein.

[0019] Weiter kann der Leistungswandler einen zweiten Satz von Leistungsschaltern aufweisen, insbesondere eine Halbbrücke, die einen weiteren hochseitigen Schalter und einen weiteren niedrigseitigen Schalter aufweist. Die Halbbrücke kann zwischen dem ersten Anschluss und dem Referenzpotential angeordnet sein. Weiter kann die erste Seite des induktiven Elements (direkt) mit einem Mittelpunkt zwischen dem weiteren hochseitigen Schalter und dem weiteren niedrigseitigen Schalter gekoppelt sein. Durch Vorsehen eines zweiten Satzes von Leistungsschaltern kann ein Abwärts-Aufwärts-Wandler implementiert werden.

[0020] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und möglicherweise des zweiten Leistungsschalters derart, dass der Leistungsschalter und der zweite Leistungsschalter auf gegenseitig ausschließende Weise eingeschaltet werden (wodurch ein energieeffizienter Standardbetrieb für den Leistungswandler vorgesehen wird).

[0021] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus (insbesondere innerhalb jeder Kommutierung) der Leistungsschalter ein Koppeln der zweiten Seite des induktiven Elements mit dem Referenzpotential an einem ersten Kopplungszeitpunkt beginnt, und derart, dass der Hilfsschalter ein Koppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements mit dem Referenzpotential an einem zweiten Kopplungszeitpunkt beginnt, wobei der erste Kopplungszeitpunkt dem zweiten Kopplungszeitpunkt um zumindest einen vorgegebenen Kopplungsversatz vorhergeht. In anderen Worten, die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus (insbesondere innerhalb jedes Kommutierungszyklus) der Leistungsschalter ein Koppeln der zweiten Seite des induktiven Elements mit dem Referenzpotential vor dem Zeitpunkt beginnt, an dem der Hilfsschalter ein Koppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements mit dem Referenzpotential beginnt. Dadurch kann eine Ladung in dem kapazitiven Element teilweise wiederverwendet werden, wodurch die Leistungseffizienz des Leistungswandlers erhöht wird.

[0022] Andererseits kann die Steuereinheit konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus (insbesondere innerhalb jedes Kommutierungszyklus) der Leistungsschalter ein Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements von dem Referenzpotential an einem ersten Entkopplungszeitpunkt beginnt, und derart, dass der Hilfsschalter ein Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements von dem Referenzpotential an einem zweiten Entkopplungszeitpunkt beginnt, wobei der erste Entkopplungszeitpunkt und der zweite Entkopplungszeitpunkt höchstens um einen vorgegebenen Entkopplungsversatz (der im Wesentlichen Null sein kann) versetzt sind. In anderen Worten, die Steuereinheit kann konfiguriert sein zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus (insbesondere innerhalb jedes Kommutierungszyklus) der Leistungsschalter ein Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements von dem Referenzpotential im Wesentlichen an dem gleichen Zeitpunkt beginnt, an dem der Hilfsschalter ein Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements von dem Referenzpotential beginnt. Somit kann während des Standardbetriebs eine energieeffiziente Umwandlung von elektrischer Leistung zwischen verschiedenen Spannungen vorgesehen werden.

[0023] Die Steuereinheit kann weiter konfiguriert sein zum Erfassen einer Kurzschlussituation an dem ersten Anschluss oder an dem zweiten Anschluss. Zu diesem Zweck kann die erste Spannung an dem ersten Anschluss oder die zweite Spannung an dem zweiten Anschluss mit einer Kurzschlussspannungsschwelle verglichen werden. Wenn die erste Spannung oder zweite Spannung bei oder unter der Kurzschlussspannungsschwelle ist, kann eine Kurzschlussituation an dem ersten Anschluss bzw. an dem zweiten Anschluss erfasst werden.

[0024] Die Steuereinheit kann konfiguriert sein, in Reaktion auf das Erfassen einer Kurzschlussituation, zum Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters, um das kapazitive Element und das induktive Element in Serie zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss anzuordnen. Dadurch werden der erste Anschluss und der zweite Anschluss in Bezug auf einen DC-Strom entkoppelt, wodurch ein zuverlässiger und sicherer Kurzschlusschutz des Leistungswandlers vorgesehen wird.

[0025] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Verfahren für einen Betrieb eines Leistungswandlers beschrieben, wie in dem vorliegenden Dokument dargelegt. Das Verfahren kann Schritte aufweisen, die den Merkmalen der in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Steuereinheit entsprechen. Insbesondere weist das Verfahren während eines Standardbetriebs auf ein Kommutieren des Leistungsschalters und des Hilfsschalters des Leistungswandlers zwischen einem Ein-Zustand und einem Aus-Zustand für eine Sequenz von Kommutierungszyklen. Weiter weist das Verfahren auf ein Erfassen einer Kurzschlussituation an dem ersten Anschluss oder an dem zweiten Anschluss des Leistungswandlers. Zusätzlich weist das Verfahren auf, in Reaktion auf das Erfassen einer Kurzschlussituation, ein Steuern des Leistungsschalters und des Hilfsschalters, um das kapazitive Element und das induktive Element in Serie zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss des Leistungswandlers anzuordnen, insbesondere, um den ersten Anschluss und den zweiten Anschluss für DC-Strom zu entkoppeln.

[0026] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Softwareprogramm beschrieben. Das Softwareprogramm kann ausgebildet sein zur Ausführung auf einem Prozessor und zur Durchführung der in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Verfahrensschritte, bei Ausführung auf dem Prozessor.

[0027] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Speichermedium beschrieben. Das Speichermedium kann ein Softwareprogramm aufweisen, das ausgebildet ist zur Ausführung auf einem Prozessor und zur Durchführung der in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Verfahrensschritte, bei Ausführung auf dem Prozessor.

[0028] Gemäß einem weiteren Aspekt wird ein Computerprogrammprodukt beschrieben. Das Computerprogramm kann ausführbare Anweisungen aufweisen zum Durchführen der in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Verfahrensschritte, bei Ausführung auf einem Computer.

[0029] Es sollte angemerkt werden, dass die Verfahren und Systeme, einschließlich ihrer bevorzugten Ausführungsbeispiele, wie in dem vorliegenden Dokument dargelegt, eigenständig oder in Kombination mit den anderen in diesem Dokument offenbarten Verfahren und Systemen verwendet werden können. Darüber hinaus sind die in dem Kontext eines Systems dargelegten Merkmale auch auf ein entsprechendes Verfahren anwendbar. Weiter können alle Aspekte der in dem vorliegenden Dokument beschriebenen Verfahren und Systeme beliebig kombiniert werden. Insbesondere können die Merkmale der Ansprüche beliebig miteinander kombiniert werden.

[0030] In dem vorliegenden Dokument bezieht sich der Begriff „koppeln“ oder „gekoppelt“ auf Elemente, die miteinander in elektrischer Verbindung sind, entweder direkt verbunden, z.B. über Leitungen, oder auf andere Weise.

Figurenliste

[0031] Die Erfindung wird im Folgenden auf beispielhafte Weise unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen erläutert, wobei

Fig. 1 einen beispielhaften Aufwärtswandler mit einer Kurzschlusschutzschaltung zeigt;

Fig. 2 einen beispielhaften Abwärtswandler mit einer Kurzschlusschutzschaltung zeigt;

Fig. 3 und **Fig. 4** beispielhafte Abwärts-Aufwärts-Wandler mit Kurzschlusschutzschaltung zeigen; und

Fig. 5 ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens zum Vorsehen eines Kurzschluss-schutzes für einen DC-DC-Schaltmodus-Leistungswandler zeigt.

Detaillierte Beschreibung

[0032] Wie oben angegeben, betrifft das vorliegende Dokument das technische Problem eines Vorsehens eines energie- und kosteneffizienten Kurzschluss-schutzes für einen Schaltmodus-Leistungswandler. **Fig. 1** zeigt einen Aufwärtswandler als ein Beispiel für einen Schaltmodus-Leistungswandler **100**. Der Leistungswandler **100** weist einen Eingangsanschluss **111** und einen Ausgangsanschluss **112** auf, wobei die Eingangsspannung und die Ausgangsspannung an den jeweiligen Anschlüssen **111**, **112** relativ zu einem Referenzpotential **113** (z.B. Masse) sind. Der Leistungswandler **100** ist konfiguriert zum Umwan-

deln von elektrischer Leistung bei der Eingangsspannung (an dem Eingangsanschluss **111** vorgesehen) in elektrische Leistung bei der Ausgangsspannung (an dem Ausgangsanschluss **112** vorgesehen). Die elektrische Leistung an dem Eingangsanschluss **111** wird durch eine Energieversorgung **110** (z.B. eine Batterie, wie eine Lithiumionen-basierte Batterie) vorgesehen und die elektrische Leistung an dem Ausgangsanschluss **112** wird an eine Last **108** (z.B. an einen Prozessor einer elektronischen Vorrichtung) vorgesehen. Der Leistungswandler **100** kann einen Ausgangskondensator **107** aufweisen, der zwischen dem Ausgangsanschluss **112** und dem Referenzpotential **113** angeordnet ist, um die Ausgangsspannung zu stabilisieren.

[0033] Der Leistungswandler **100** weist einen Leistungsschalter **101** auf, der konfiguriert ist zum Koppeln eines Induktors **102** (typischerweise einen Widerstandswert **103** aufweisend) mit dem Referenzpotential **113** (bei einem Schließen des Leistungsschalters **101**) zum Magnetisieren des Induktors **102**, und konfiguriert zum Koppeln des Induktors **102** mit dem Ausgangsanschluss **112** (über eine Diode oder einen Leistungsschalter **105**) zum Entmagnetisieren des Induktors **102**. Der Induktor **102** wird hierin allgemein als ein induktives Element bezeichnet. Der Leistungsschalter **101** kann mit einer bestimmten Kommutierungszyklusrate eingeschaltet und ausgeschaltet werden, um Leistung von dem Eingangsanschluss **111** zu dem Ausgangsanschluss **112** zu übermitteln. Durch Variieren des Arbeitszyklus des Leistungsschalters **101** (d.h. durch Variieren der Dauer des Ein-Zustands des Leistungsschalters **101** relativ zu der Dauer eines Kommutierungszyklus), kann das Umwandlungsverhältnis des Leistungsschalters **101** und folglich der Pegel der Ausgangsspannung variiert werden. Der Leistungsschalter **101** wird über einen Steueranschluss **121** (z.B. ein Gate) des Leistungsschalters **101** gesteuert.

[0034] Der Leistungswandler **100** weist eine Kurzschlusschutzschaltung **130** auf, die konfiguriert ist zum Schützen des Eingangsanschlusses **111** des Leistungswandlers **100** vor einem Kurzschluss an dem Ausgangsanschluss **112** des Leistungswandlers **100**. Insbesondere ist die Kurzschlusschutzschaltung **130** konfiguriert zum Blockieren eines (DC)-Stroms (z.B. von dem Eingangsanschluss **111** zu dem Ausgangsanschluss **112**) bei einem Erfassen eines Kurzschlusses an dem Ausgangsanschluss **112**.

[0035] Die Kurzschlusschutzschaltung **130** weist einen seriellen Kondensator **104** auf (hier allgemeiner als kapazitives Element bezeichnet), der zwischen dem Induktor **102** und dem Ausgangsanschluss **112** angeordnet ist, insbesondere zwischen dem Induktor **102** und der Diode oder dem Leistungsschalter **105**. Weiter kann die Kurzschlusschutzschaltung **130** einen Hilfsschalter **106** umfassen, der konfiguriert ist

zum Koppeln einer Ausgangsseite des seriellen Kondensators **104** mit dem Referenzpotential **113** (wenn der Hilfsschalter **106** geschlossen ist) oder mit dem Ausgangsanschluss **112** (wenn der Hilfsschalter **106** offen ist). Weiter kann eine Eingangsseite des seriellen Kondensators **104** mit dem Leistungsschalter **101** gekoppelt sein derart, dass die Eingangsseite des Kondensators **104** mit dem Referenzpotential **113** gekoppelt sein kann (wenn der Leistungsschalter **101** geschlossen oder in dem Ein-Zustand ist), und derart, dass die Eingangsseite des Kondensators **104** mit der Induktor **102** gekoppelt sein kann (wenn der Leistungsschalter **101** offen oder in dem Aus-Zustand ist).

[0036] Der Hilfsschalter **106** kann über einen Steueranschluss **126** (z.B. ein Gate) des Hilfsschalters **106** gesteuert werden. Weiter kann der Hilfsschalter **106** im Wesentlichen in Synchronität mit dem Leistungsschalter **101** gesteuert werden, d.h. der Hilfsschalter **106** kann in den Ein-Zustand versetzt werden im Wesentlichen an dem selben Zeitpunkt, wenn der Leistungsschalter **101** in den Ein-Zustand versetzt wird, und/oder der Hilfsschalter **106** kann in den Aus-Zustand versetzt werden im Wesentlichen an dem selben Zeitpunkt, wenn der Leistungsschalter **101** in den Aus-Zustand versetzt wird.

[0037] Als ein Ergebnis davon weist der Leistungswandler **100** (innerhalb eines Kommutierungszyklus) eine erste Phase auf, während der der Leistungsschalter **101** und der Hilfsschalter **106** in dem Ein-Zustand ist, wodurch der Induktor **102** magnetisiert wird und wodurch der serielle Kondensator **104** entladen wird. Weiter weist der Leistungswandler **100** (innerhalb eines Kommutierungszyklus) eine zweite Phase auf, während der der Leistungsschalter **101** und der Hilfsschalter **106** in dem Aus-Zustand sind, wodurch der Induktor **102** in Richtung des Ausgangsanschlusses **112** über den seriellen Kondensator **104** entmagnetisiert wird. Aufgrund der „Anstiegs“-Charakteristik des Stroms durch den Induktor **102**, d.h. aufgrund der Änderung des Stroms durch den seriellen Kondensator **104**, wirkt der serielle Kondensator **104** als ein Kurzschluss. Somit beeinflusst der serielle Kondensator **104** den Standardbetrieb des Leistungswandlers **100** nicht.

[0038] Der Leistungswandler **100** weist eine Steuereinheit **140** auf, die konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters **101** und des Hilfsschalters **106** über die jeweiligen Steueranschlüsse **121**, **126**. Weiter ist die Steuereinheit **140** konfiguriert zum Überwachen des Zustands des Ausgangsanschlusses **112**. Insbesondere kann die Steuereinheit **140** konfiguriert sein zum Überwachen des Ausgangsstroms und/oder der Ausgangsspannung an dem Ausgangsanschluss **112**. Zum Beispiel kann die Steuereinheit **140** konfiguriert sein zum Erfassen einer Kurzschluss-situation an dem Ausgang des Leistungswandlers **100**

durch Bestimmen, ob der Ausgangsstrom an oder über einer vorgegebenen Kurzschlussstromschwelle ist. Alternativ oder zusätzlich kann eine Kurzschluss-situation erfasst werden durch Bestimmen, ob die Ausgangsspannung an oder unter einer vorgegebenen Kurzschluss-spannungschwelle ist.

[0039] Die Steuereinheit **140** kann konfiguriert sein zum Setzen des Leistungsschalters **101** und des Hilfsschalters **106** in den Aus-Zustand, bei der Erfassung einer Kurzschluss-situation. Weiter können der Leistungsschalter **101** und der Hilfsschalter **106** in einem Aus-Zustand gehalten werden, solange eine Kurzschluss-situation erfasst wird (z.B. für eine Zeitdauer, die über die Dauer eines Kommutierungszyklus hinausgehen kann). Als ein Ergebnis davon ist der Ausgangsanschluss **112** von dem Eingangsanschluss **111** für DC-Ströme entkoppelt, wodurch ein effizienter Kurzschlusschutz vorgesehen wird. Insbesondere ist ein DC-Pfad durch den Leistungswandler **100** blockiert, bei einer Erfassung einer Kurzschluss-situation.

[0040] Somit kann ein serieller Kondensator **104** zwischen einem ersten Punkt LX1 (zwischen dem Induktor **102** und dem Leistungsschalter **101**) und einem zweiten Punkt LX2 (an der Diode oder dem Leistungsschalter **105**) angeordnet sein. Weiter kann ein Hilfsschalter **106** vorgesehen sein, um den Mittelpunkt zwischen dem seriellen Kondensator **104** und der Diode oder dem Leistungsschalter **105** mit dem Referenzpotential **113** zu koppeln oder von dem Referenzpotential **113** oder zu entkoppeln. Dies ermöglicht einen Standardbetrieb des Leistungswandlers **100**, während gleichzeitig eine DC-Isolation in dem Fall einer Kurzschluss-situation an dem Ausgangsanschluss **112** des Leistungswandlers **100** vorgesehen wird.

[0041] Während des Standardbetriebs des Leistungswandlers **100** wird der serielle Kondensator **104** periodisch zurückgesetzt durch Einschalten des Leistungsschalters **101** und des Hilfsschalters **106** im Wesentlichen gleichzeitig. Insbesondere, wenn ein serieller Kondensator **104** mit einer relativ hohen Kapazität verwendet wird und wenn ein Hilfsschalter **106** mit einem relativ niedrigen Widerstand verwendet wird, bleibt die Leistungseffizienz des Leistungswandlers **100** im Wesentlichen unverändert.

[0042] Daher können Leistungsverluste innerhalb der Schutzschaltung **130** minimiert werden, während die Effizienz des Leistungswandlers **100** uneinträchtigt bleibt. Weiter kann eine kosteneffiziente Schutzschaltung **130** vorgesehen werden (unter Verwendung nur einer einzelnen (externen) passiven Komponente **104** und eines aktiven Hilfsschalters **106** (z.B. eines niedrigseitigen NMOS-Schalters). Weiter ermöglicht die Schutzschaltung **130** eine vollständige Eliminierung eines DC-Strompfads (ins-

besondere von dem Eingang zu dem Ausgang und/oder von dem Ausgang zu dem Eingang) eines Leistungswandlers **100**, wodurch eine Sicherheit verbessert wird.

[0043] Fig. 2 zeigt die Verwendung einer Schutzschaltung **130** in dem Kontext eines Abwärtswandlers, der einen hochseitigen Leistungsschalter **205** und einen niedrigseitigen Leistungsschalter **201** (gesteuert über den Steueranschluss **221**) aufweist. Der Hilfsschalter **106** wird im Wesentlichen in Synchronität mit dem niedrigseitigen Leistungsschalter **201** geschaltet.

[0044] Fig. 3 zeigt eine erste Variante zur Verwendung der Schutzschaltung **130** in einem Abwärts-Aufwärts-Leistungswandler, wobei der Hilfsschalter **106** in Synchronität mit dem niedrigseitigen Schalter **201** der Abwärtsstufe gesteuert wird. Fig. 4 zeigt eine zweite Variante für die Verwendung der Schutzschaltung **130** innerhalb eines Abwärts-Aufwärts-Leistungswandlers, wobei der Hilfsschalter **106** in Synchronität mit dem niedrigseitigen Schalter **101** der Aufwärtsstufe gesteuert wird.

[0045] Fig. 5 zeigt ein Ablaufdiagramm eines beispielhaften Verfahrens **500** zum Steuern eines Schaltmodus-Leistungswandlers **100**, wie in dem vorliegenden Dokument beschrieben. Der Schaltmodus-Leistungswandler **100** ist konfiguriert zum Umwandeln von elektrischer Leistung zwischen einer ersten Spannung an einem ersten Anschluss **111** und einer zweiten Spannung an einem zweiten Anschluss **112**, wobei die erste und die zweite Spannung relativ zu einem Referenzpotential **113** sind. Der erste Anschluss **111** kann der Eingangsanschluss sein und der zweite Anschluss **112** kann der Ausgangsanschluss sein (oder umgekehrt). Typischerweise sind die erste Spannung und die zweite Spannung unterschiedlich (z.B. um einen Faktor **2**).

[0046] Der Leistungswandler **100** weist ein induktives Element **102** (z.B. einen Induktor oder eine Spule) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite des induktiven Elements **102** mit dem ersten Anschluss **111** gekoppelt ist. Weiter weist der Leistungswandler **100** einen Leistungsschalter **101**, **201** auf, der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements **102** mit dem oder von dem Referenzpotential **113**. Zusätzlich weist der Leistungswandler **100** ein kapazitives Element **104** (z.B. einen Kondensator) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite auf, wobei die erste Seite des kapazitiven Elements **104** mit dem Leistungsschalter **101**, **201** gekoppelt ist und wobei die zweite Seite des kapazitiven Elements **104** mit dem zweiten Anschluss **112** gekoppelt ist (z.B. über einen zweiten Leistungsschalter oder eine Diode **105**, **205**). Zusätzlich weist der Leistungswandler **100** einen Hilfsschalter **106** auf, der konfi-

guriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements **104** mit dem oder von dem Referenzpotential **113**.

[0047] Das Verfahren **500** weist, während des Standardbetriebs des Leistungswandlers **100**, ein Kommutieren **501** des Leistungsschalters **101**, **201** und des Hilfsschalters **106** zwischen dem Ein-Zustand und dem Aus-Zustand für eine Sequenz von Kommutierungszyklen auf (wodurch elektrische Leistung zwischen dem ersten Anschluss **111** und dem zweiten Anschluss **112** umgewandelt wird). Weiter weist das Verfahren **500** ein Erfassen **502** einer Kurzschluss-situation an dem ersten oder zweiten Anschluss **111**, **112** des Leistungswandlers **100** auf. Zusätzlich weist das Verfahren **500**, in Reaktion auf das Erfassen **502** einer Kurzschluss-situation, ein Steuern **503** des Leistungsschalters **101**, **201** und des Hilfsschalters **106** auf, um das kapazitive Element **104** und das induktive Element **102** in Serie zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss **111**, **112** des Leistungswandlers **100** anzuordnen. Als Folge davon sind der erste Anschluss **111** und der zweite Anschluss **112** voneinander entkoppelt für einen DC-Strom (wodurch ein Kurzschlussschutz für den ersten Anschluss **111** in dem Fall eines Kurzschlusses an dem zweiten Anschluss **112**, oder umgekehrt, vorgesehen wird).

[0048] Es sollte angemerkt werden, dass die Beschreibung und die Zeichnungen lediglich die Prinzipien der vorgeschlagenen Verfahren und Systeme darstellen. Fachleute werden in der Lage sein, verschiedene Anordnungen zu implementieren, die, obwohl hier nicht explizit beschrieben oder gezeigt, die Prinzipien der Erfindung verkörpern und in ihrem Sinn und Umfang enthalten sind. Weiter sollen alle Beispiele und Ausführungsbeispiele, die in dem vorliegenden Dokument dargestellt sind, ausdrücklich nur zu Erläuterungszwecken dienen, um dem Leser ein Verständnis der Prinzipien der vorgeschlagenen Verfahren und Systeme zu erleichtern. Darüber hinaus sollen alle hier enthaltenen Aussagen, die Prinzipien, Aspekte und Ausführungsbeispiele der Erfindung vorsehen, sowie spezifische Beispiele davon, Äquivalente davon umfassen.

Patentansprüche

1. Ein Schaltmodus-Leistungswandler (100), der konfiguriert ist zum Umwandeln einer elektrischen Leistung zwischen einer ersten Spannung an einem ersten Anschluss (111) und einer zweiten Spannung an einem zweiten Anschluss (112); wobei die erste und die zweite Spannung relativ zu einem Referenzpotential (113) sind; wobei der Leistungswandler (100) aufweist
 - ein induktives Element (102) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite; wobei die erste Seite des induktiven Elements (102) mit dem ersten Anschluss (111) gekoppelt ist;

- einen Leistungsschalter (101, 201), der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) mit oder von dem Referenzpotential (113);
- ein kapazitives Element (104) mit einer ersten Seite und einer zweiten Seite; wobei die erste Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem Leistungsschalter (101, 201) gekoppelt ist; wobei die zweite Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem zweiten Anschluss (112) gekoppelt ist;
- einen Hilfsschalter (106), der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) mit oder von dem Referenzpotential (113); und
- eine Steuereinheit (140), die konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) auf wiederholte Weise, um elektrische Leistung umzuwandeln.

2. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß Anspruch 1, wobei die zweite Seite des induktiven Elements (102) mit der ersten Seite des kapazitiven Elements (104) gekoppelt ist derart, dass das induktive Element (102) und das kapazitive Element (104) in Serie angeordnet sind, wenn der Leistungsschalter (101, 201) und der Hilfsschalter (106) in dem Aus-Zustand sind.

3. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Leistungsschalter (101, 201) konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der ersten Seite des kapazitiven Elements (104) mit oder von dem Referenzpotential (113).

4. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass ein Kommutierungszyklus aufweist

- eine erste Phase, während der der Leistungsschalter (101, 201) die zweite Seite des induktiven Elements (102) mit dem Referenzpotential (113) koppelt und während der der Hilfsschalter (106) die zweite Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem Referenzpotential (113) koppelt; und
- eine zweite Phase, während der der Leistungsschalter (101, 201) die zweite Seite des induktiven Elements (102) von dem Referenzpotential (113) entkoppelt und während der der Hilfsschalter (106) die zweite Seite des kapazitiven Elements (104) von dem Referenzpotential (113) entkoppelt.

5. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungs-

zyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus

- der Leistungsschalter (101, 201) ein Koppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) mit dem Referenzpotential (113) an einem ersten Kopplungszeitpunkt beginnt;
- der Hilfsschalter (106) ein Koppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem Referenzpotential (113) an einem zweiten Kopplungszeitpunkt beginnt; und
- der erste Kopplungszeitpunkt dem zweiten Kopplungszeitpunkt um zumindest einen vorgegebenen Kopplungsversatz vorangeht.

6. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus

- der Leistungsschalter (101, 201) ein Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) von dem Referenzpotential (113) an einem ersten Entkopplungszeitpunkt beginnt;
- der Hilfsschalter (106) ein Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) von dem Referenzpotential (113) an einem zweiten Entkopplungszeitpunkt beginnt; und
- der erste Entkopplungszeitpunkt und der zweite Entkopplungszeitpunkt höchstens um einen vorgegebenen Entkopplungsversatz versetzt sind.

7. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus

- der Leistungsschalter (101, 201) mit einem Koppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) mit dem Referenzpotential (113) vor dem Zeitpunkt beginnt, an dem der Hilfsschalter (106) mit einem Koppeln der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) mit dem Referenzpotential (113) beginnt; und/oder
- der Leistungsschalter (101, 201) mit einem Entkoppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) von dem Referenzpotential (113) im Wesentlichen an dem selben Zeitpunkt beginnt, an dem der Hilfsschalter (106) mit einem Entkoppein der zweiten Seite des kapazitiven Elements (104) von dem Referenzpotential (113) beginnt.

8. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungs-

zyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus der Leistungsschalter (101, 201) und der Hilfsschalter (106) jeweils genau einmal eingeschaltet und ausgeschaltet werden.

9. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass innerhalb eines Kommutierungszyklus der Leistungsschalter (101, 201) und der Hilfsschalter (106) im Wesentlichen in Synchronität eingeschaltet und/oder ausgeschaltet werden.

10. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) innerhalb einer Sequenz von Kommutierungszyklen derart, dass ein Kommutierungszyklus aufweist

- eine erste Phase, während der das induktive Element (102) magnetisiert wird und während der das kapazitive Element (104) entladen wird; und
- eine zweite Phase, während der das induktive Element (102) durch Koppeln der zweiten Seite des induktiven Elements (102) mit dem zweiten Anschluss (112) über das kapazitive Element (104) entmagnetisiert wird.

11. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum

- Erfassen einer Kurzschlussituation an dem ersten oder zweiten Anschluss (111, 112); und
- in Reaktion darauf, Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106), um das kapazitive Element (104) und das induktive Element (102) in Serie zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (111, 112) anzuordnen.

12. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Leistungswandler (100) aufweist

- einen Abwärtswandler, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem zweiten Anschluss (112) zu dem ersten Anschluss (111);
- einen Aufwärtswandler, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem ersten Anschluss (111) zu dem zweiten Anschluss (112); oder
- ein Abwärts-Aufwärts-Wandler, der konfiguriert ist zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem ersten Anschluss (111) zu dem zweiten Anschluss (112) oder zum Übermitteln von elektrischer Leistung von dem zweiten Anschluss (112) zu dem ersten Anschluss (111).

13. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Leistungsschalter (101, 201) und der Hilfsschalter (106) Metalloxidhalbleiterschalter (MOS - metal oxide semiconductor)-Schalter aufweisen, insbesondere MOS-Schalter vom n-Typ.

14. Der Schaltmodus-Leistungswandler (100) gemäß einem vorhergehenden Anspruch, wobei der Leistungswandler (100) aufweist

- einen zweiten Leistungsschalter (105, 205), der konfiguriert ist zum Koppeln oder Entkoppeln der zweiten Seite des kapazitiven Netzwerks (104) mit oder von dem zweiten Anschluss (112); und/oder
- die Steuereinheit (140) konfiguriert ist zum Steuern des Leistungsschalters (101, 201) und des zweiten Leistungsschalters (105, 205) derart, dass der Leistungsschalter (101, 201) und der zweite Leistungsschalter (105, 205) in einer sich gegenseitig ausschließenden Weise eingeschaltet werden.

15. Ein Verfahren (500) zum Steuern eines Schaltmodus-Leistungswandlers (100) gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Verfahren (500) aufweist:

- während eines Standardbetriebs, Kommutieren (501) des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106) zwischen einem Ein-Zustand und einem Aus-Zustand für eine Sequenz von Kommutierungszyklen;
- Erfassen (502) einer Kurzschlussituation an dem ersten oder zweiten Anschluss (111, 112) des Leistungswandlers (100); und
- in Reaktion darauf, Steuern (503) des Leistungsschalters (101, 201) und des Hilfsschalters (106), um das kapazitive Element (104) und das induktive Element (102) in Serie zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluss (111, 112) des Leistungswandlers (100) anzuordnen, um den ersten Anschluss (111) und den zweiten Anschluss (112) zu entkoppeln, für DC-Strom.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

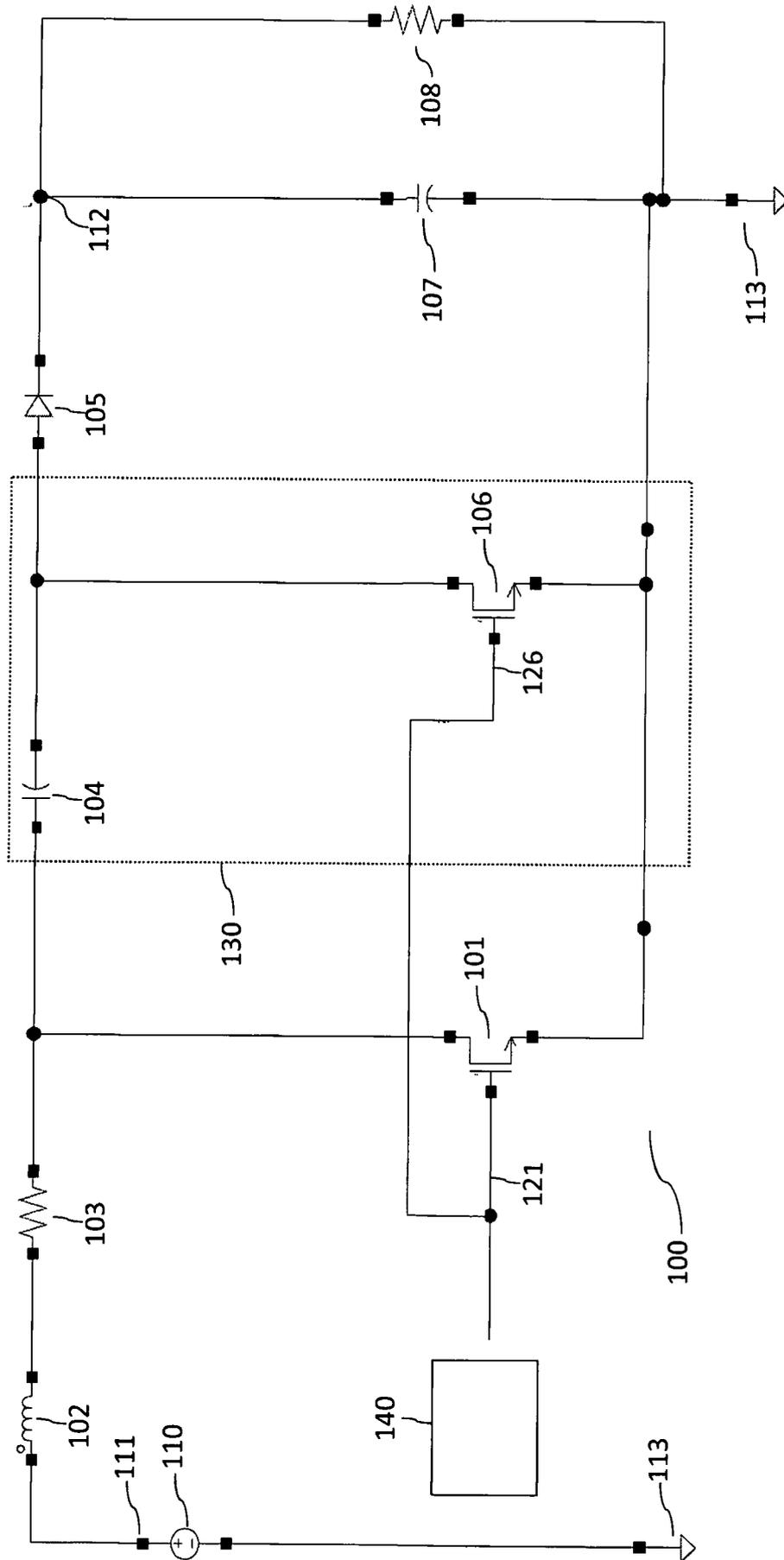


Fig. 1

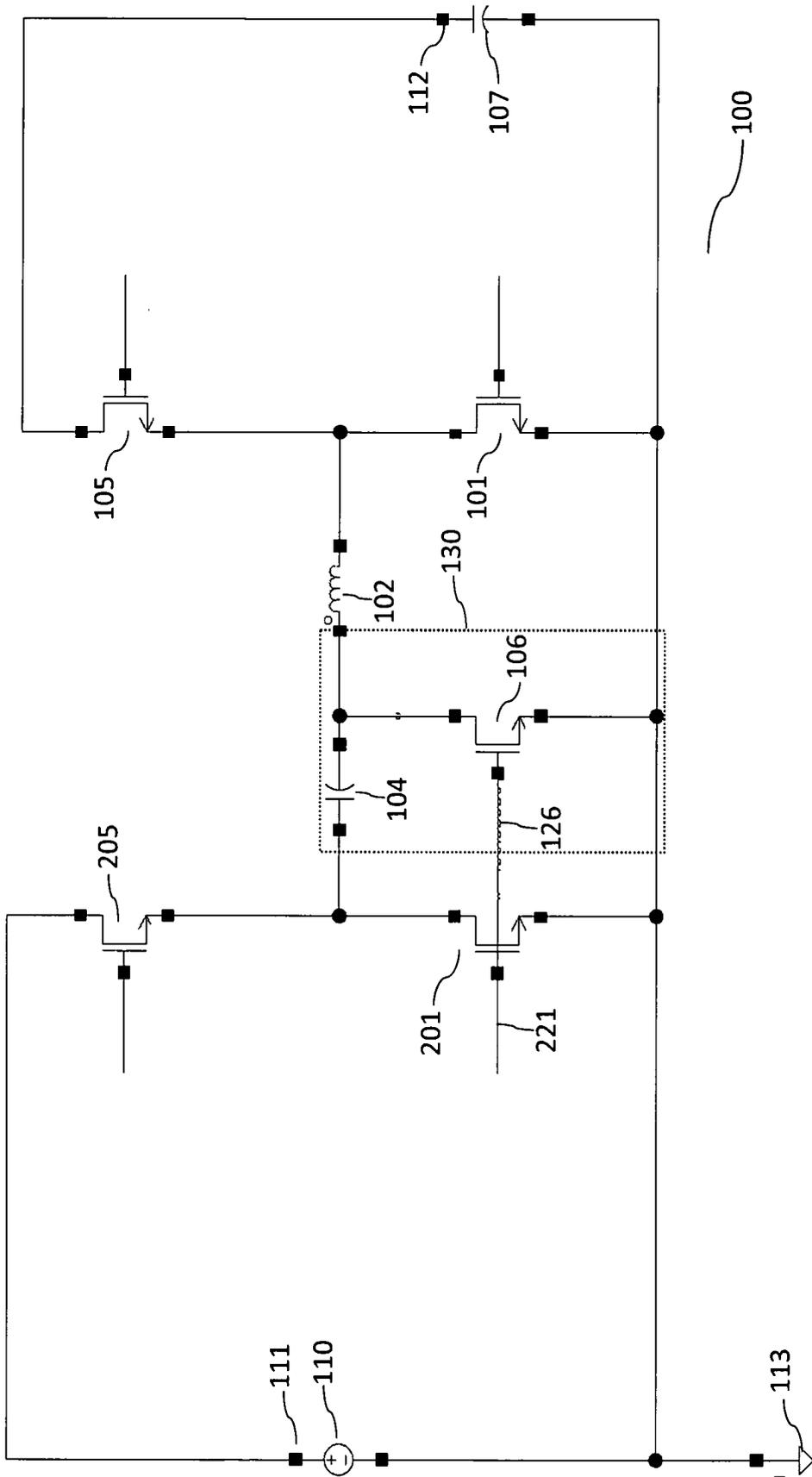


Fig. 3

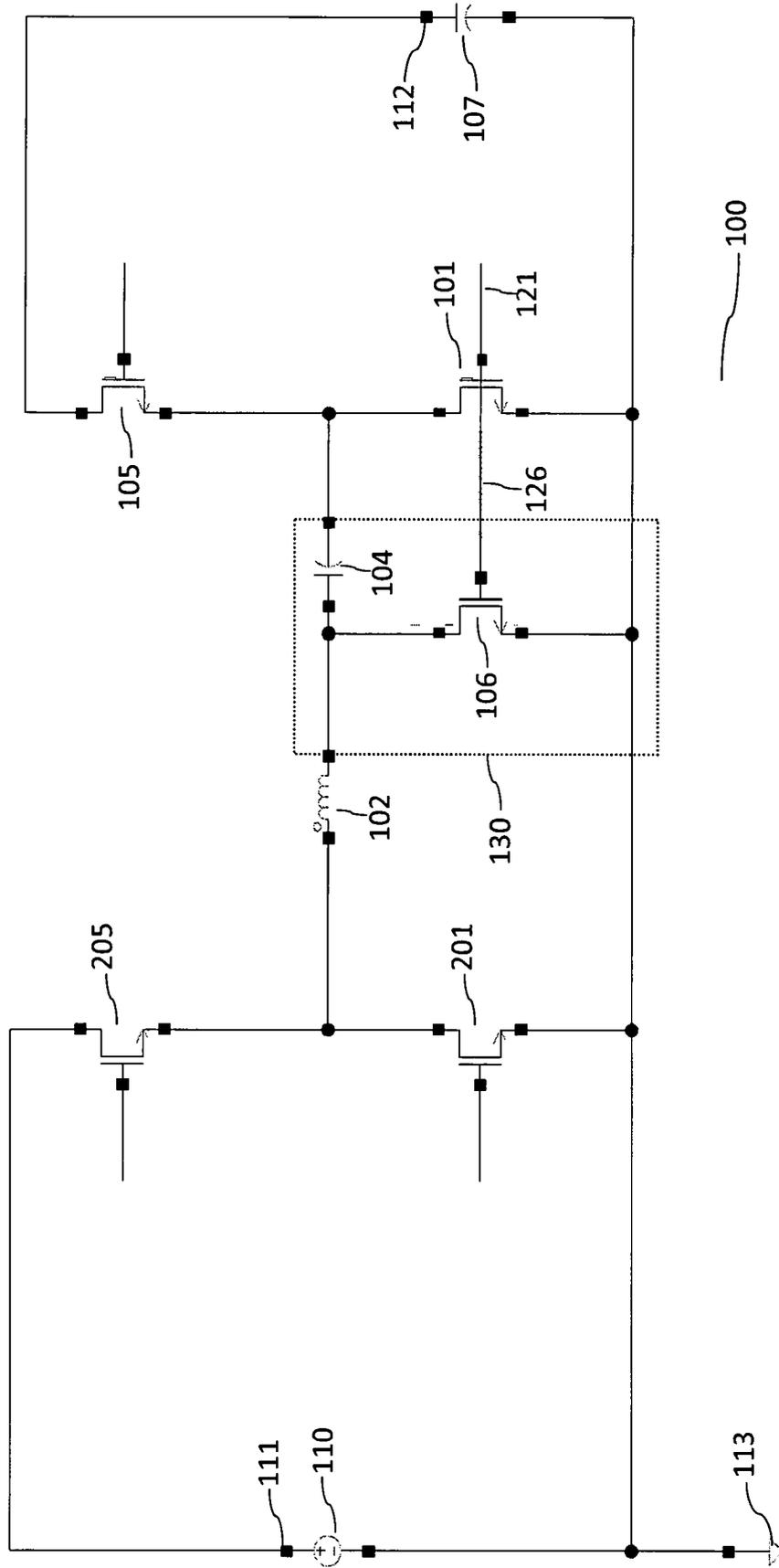


Fig. 4

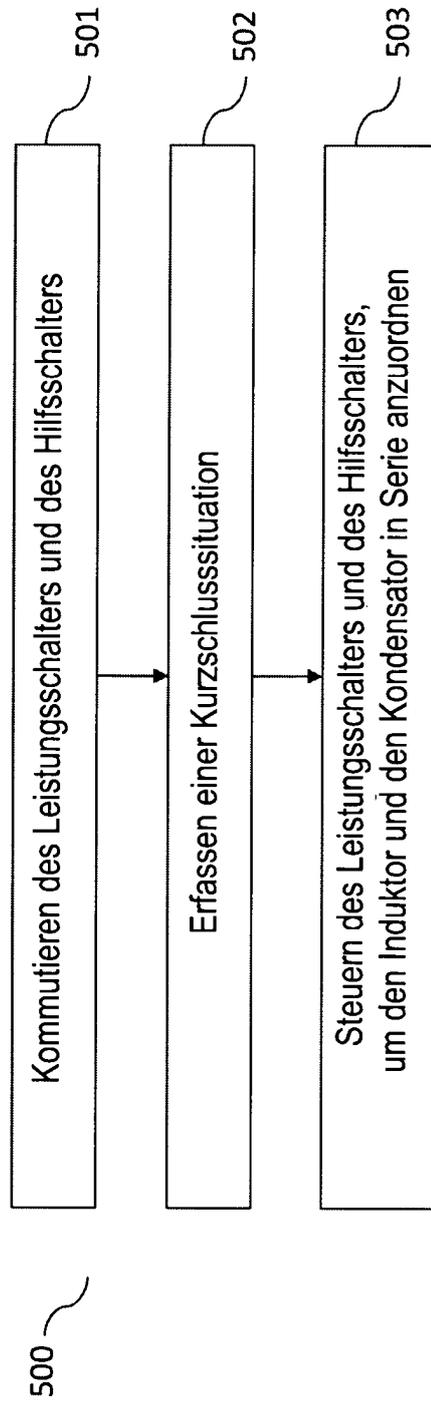


Fig. 5