



(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2011 051 482.1**

(22) Anmeldetag: **30.06.2011**

(43) Offenlegungstag: **03.01.2013**

(51) Int Cl.: **H02M 3/337 (2011.01)**

(71) Anmelder:  
**SMA Solar Technology AG, 34266, Niestetal, DE**

(74) Vertreter:  
**Patent- und Rechtsanwälte Loesenbeck, Specht,  
Dantz, 33602, Bielefeld, DE**

(72) Erfinder:  
**Müller, Burkhard, 34123, Kassel, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

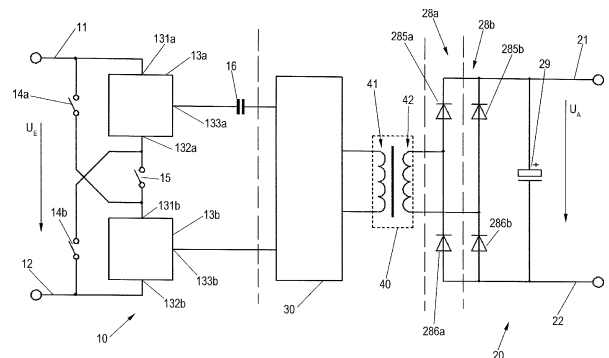
<b>DE</b>	<b>38 21 987</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2002 / 0 056 708</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2002 / 0 126 517</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2004 / 0 037 092</b>	<b>A1</b>
<b>US</b>	<b>2009 / 0 154 200</b>	<b>A1</b>

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

(54) Bezeichnung: **Brückenschaltungsanordnung und Betriebsverfahren für einen Spannungswandler und Spannungswandler**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Brückenschaltungsanordnung für einen Spannungswandler mit zwei Halbbrückenanordnungen (13a, 13b, 23a, 23b) und mit Anschlüssen (11, 12, 21, 22) zur Verbindung mit einer DC-Stromquelle oder einer Last. Die Brückenschaltungsanordnung weist Schaltelemente (14a, 14b, 15, 24a, 24b, 25) auf zur Umschaltung zwischen einer ersten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen (13a, 13b, 23a, 23b) parallel geschaltet mit den Anschlüssen (11, 12, 21, 22) verbunden sind, und einer zweiten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen (13a, 13b, 23a, 23b) zwischen den Anschlüssen (11, 12, 21, 22) in Serie geschaltet sind. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Spannungswandler mit einer solchen Brückenschaltungsanordnung und ein Betriebsverfahren für einen derartigen Spannungswandler.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Brückenschaltungsanordnung für einen Spannungswandler mit zwei Halbbrückenanordnungen und mit Anschlüssen zur Verbindung mit einer Gleichstromquelle oder einer Last. Die Erfindung betrifft weiterhin einen Spannungswandler und ein Betriebsverfahren für einen derartigen Spannungswandler.

**[0002]** Spannungswandler und insbesondere Gleichspannungswandler, im Folgenden auch als DC (Direct Current)/DC-Wandler bezeichnet, werden beispielsweise als Eingangsstufen eines Wechselrichters eingesetzt, zum Beispiel in einer Photovoltaikanlage, einem Brennstoffzellensystem oder für batteriegespeiste Ersatzstromanlagen für ein lokales Energieversorgungsnetz. Für DC/DC-Wandler sind grundsätzlich verschiedenste Topologien und Betriebsverfahren bekannt.

**[0003]** In vielen Einsatzfällen ist die Spannung einer den DC/DC-Wandler speisenden Stromquelle nicht konstant. Beispielsweise ändert sie sich bei einer Photovoltaikanlage, wenn einstrahlungs- und lastabhängig der Arbeitspunkt von Photovoltaikmodulen der Photovoltaikanlage variiert. Bei einer batteriegespeisten Ersatzstromanlage ist die Batteriespannung als Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers von der übertragenen Last und dem Ladezustand der Batterie abhängig. Ebenso variiert die Zellspannung einer Brennstoffzelle als Eingangsspannung des DC/DC-Wandlers gerade im Niederlastbereich in einem besonderen Maße. Hinzu kommt, dass man in vielen Fällen verschiedene Typen von PV-Modulen, Brennstoffzellen oder Batterien an einen Gleichspannungswandler anschließen können möchte, so dass ein möglichst großer Eingangsspannungsbereich des Wandlers eine größtmögliche Flexibilität ermöglicht. Demgegenüber ist es zumeist wünschenswert, am Ausgang des DC/DC-Wandlers eine möglichst konstante Spannung als Eingangsspannung für eine dem DC/DC-Wandler nachgeschaltete Schaltung, beispielsweise eine Wechselrichterbrücke des Wechselrichters, bereitzustellen. Bei variierender Eingangsspannung setzt dieses ein variables Spannungsübersetzungsverhältnis des DC/DC-Wandlers voraus.

**[0004]** Neben dem variablen Spannungsübersetzungsverhältnis eines DC/DC-Wandlers ist bei einem solchen Wandler, der für einen weiten Eingangsspannungsbereich geeignet sein soll, zu bedenken, dass die eingesetzten Leistungshalbleiter eine entsprechende Spannungsfestigkeit aufweisen müssen. In einem Eingangsspannungsbereich, der bis zu mehreren hundert Volt reicht, sind nicht nur die hohen Preise für geeignete Leistungshalbleiterschalter nachteilig, sondern auch, dass solche Halbleiterschalter oft einen hohen Innenwiderstand oder hohe

Durchlassspannungen aufweisen. Wenn bei niedrigeren Eingangsspannungen die Eingangsströme zur Übertragung gleicher Leistungen ansteigen, entstehen aufgrund des hohen Innenwiderstandes bzw. der hohen Durchlassspannung auch entsprechend hohe Durchlassverluste. Diese Verluste heizen die Leistungshalbleiterschalter auf, wodurch zum Beispiel bei MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor)-Halbleiterschaltern deren Innenwiderstand erhöht wird und damit die Verluste weiter ansteigen.

**[0005]** Bekannt zum Einsatz in DC/DC-Wandlern sind Brückenschaltungsanordnungen mit einer sogenannten Halbbrückenanordnung, die zwei Endanschlüsse als Eingangsanschlüsse und einen Mittenabgriff als Ausgangsanschluss aufweist, wobei der Ausgangsanschluss in verschiedenen Schaltzuständen mit einem der Eingangsanschlüsse oder einem Zwischenpotenzial verbunden ist. In Verbindung mit einer ausgangsseitigen Drossel stellt eine solche Brückenschaltungsanordnung mit einer Halbbrückenanordnung bereits einen vollständigen DC/DC-Wandler dar.

**[0006]** Wenn eine galvanische Trennung erwünscht ist, sind DC/DC-Wandler mit einer Halbbrückenanordnung bekannt, bei denen die Anschlüsse einer Primärwicklung eines Übertragers jeweils direkt oder über Kapazitäten einerseits mit dem Ausgang der Halbbrückenanordnung und andererseits mit einem oder beiden Eingangsanschlüssen verbunden sind. Durch einen Gleichrichter auf der Sekundärseite des Übertragers und evtl. zusätzliche Filterelemente wie Glättungsdrosseln oder -kondensatoren kann die gewünschte galvanisch getrennte Ausgangsspannung erzeugt werden. Solche DC/DC-Wandler sind in hartschaltenden, wie auch in resonanten bzw. quasiresonanten Ausführungen mit und auch ohne Stellfunktion gebräuchlich.

**[0007]** Weiterhin sind DC/DC-Wandler mit einer Brückenschaltungsanordnung mit zwei Halbbrückenanordnungen, auch Vollbrückenwandler genannt, bekannt, bei denen die Halbbrückenanordnungen bezüglich ihrer Endanschlüsse parallel angeordnet sind und die Anschlüsse einer Primärwicklung eines Übertragers jeweils direkt oder über Kapazitäten mit den Ausgängen der zwei Halbbrückenanordnungen verbunden sind. Gegenüber den zuvor genannten DC/DC-Wandlern mit einer Brückenschaltungsanordnung mit einer Halbbrückenanordnung, die auch als Halbbrückenwandler bezeichnet werden, ermöglichen sie es, bei gleicher Eingangsspannung den Übertrager mit der doppelten Primärspannung zu betreiben. Zur Übertragung der gleichen Leistung ist damit nur der halbe Übertragereingangsstrom erforderlich.

**[0008]** All diesen Wandlertypen ist gemein, dass ihr Betrieb über einen großen Eingangsspannungsbereich ungünstig ist. Die eingesetzten Halbleiter müssen nämlich nach der größten auftretenden Eingangsspannung ausgewählt werden, wodurch Halbleitertypen mit hoher Durchlassspannung erforderlich werden, die beim Betrieb mit der kleinsten Eingangsspannung, d. h. dem höchsten Eingangsstrom hohe Durchlassverluste verursachen.

**[0009]** Um den Einsatz von Halbleitern mit hoher Sperrspannung zu vermeiden, wird in dem Artikel „DC/DC Converter for High Input Voltage: Four Switches with Peak Voltage of  $V_{in}/2$ , Capacitive Turn-Off Snubbing, and Zero Voltage Turn-On“ von Barbi et al., PESO Record, IEEE 1998, vorgeschlagen, zwei Halbbrücken mit Halbleitern kleinerer Sperrspannung in Reihe zu schalten. Nachteilig ist hierbei, dass im Vergleich zu einer Vollbrücke nur die halbe Primärspannung am Übertrager anliegt, so dass zur Übertragung einer definierten Leistung der doppelte Strom benötigt wird.

**[0010]** Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Brückenschaltungsanordnung und ein Betriebsverfahren für einen Spannungswandler und einen Spannungswandler zu schaffen, bei denen eine Variation des Spannungsübertragungsverhältnisses möglich ist und die, gemessen an der Nominalspannung der eingesetzten Leistungshalbleiter, eine hohe Eingangsspannung erlauben, kombiniert mit geringen Durchlassverlusten.

**[0011]** Diese Aufgabe wird gelöst durch eine Brückenschaltungsanordnung, einen Spannungswandler und ein Verfahren zum Betreiben eines Spannungswandlers mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche.

**[0012]** Gemäß einem ersten Aspekt wird die Erfindung gelöst durch eine Brückenschaltungsanordnung mit zwei Halbbrückenanordnungen und mit Anschlüssen zur Verbindung mit einer DC-Stromquelle oder einer Last. Die Brückenschaltungsanordnung weist Schaltelemente auf zur Umschaltung zwischen einer ersten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen parallel geschaltet mit den Anschlüssen verbunden sind, und einer zweiten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen zwischen den Anschlüssen in Serie geschaltet sind.

**[0013]** Gemäß einem zweiten Aspekt wird die Erfindung gelöst durch ein Verfahren zum Betreiben eines Spannungswandlers mit zwei Schaltbrücken, von denen zumindest eine eine Brückenschaltungsanordnung mit zwei Halbbrückenanordnungen aufweist. Die zumindest eine Schaltbrücke wird zur Variation eines Spannungsübertragungsverhältnisses des Spannungswandlers wahlweise in einer ersten Konfiguration betrieben, in der die Halbbrückenanordnungen

parallel geschaltet sind, und in einer zweiten Konfiguration betrieben, in der die Halbbrückenanordnungen in Serie geschaltet sind.

**[0014]** Bei einer Serienschaltung der Halbbrückenanordnungen teilt sich eine Spannung, mit der die Brückenschaltungsanordnung beaufschlagt wird, im Wesentlichen gleichmäßig auf beide Halbbrücken auf. Durch die Serienschaltung der Halbbrückenanordnungen wird entsprechend der Betrieb der Brückenanordnung und eines mit dieser Brückenanordnung versehenen Spannungswandlers mit einer Spannung einer Höhe ermöglicht, die doppelt so hoch ist, wie die Spannung, mit der die einzelne Halbbrücke nominell beaufschlagt werden kann. Umgekehrt können dementsprechend die Halbbrücken und die darin enthaltenen Halbleiterschalter nominell für eine um den Faktor zwei geringere Spannung ausgelegt sein, als die Spannung, die bei Serienschaltung der Halbbrücken an der Brückenschaltungsanordnung maximal anliegt. Die geringere Spannungsfestigkeit der Halbleiterschalter senkt Kosten und kann, bedingt durch einen geringeren Innenwiderstand, zu geringeren Durchlassverlusten führen. Bei geringerer Eingangsspannung kann die Brückenschaltungsanordnung mit parallel geschalteten Halbbrücken betrieben werden, wodurch sich bei gleicher Eingangsspannung die Primärspannung des Übertragers verdoppelt, sodass die gleiche Leistung mit einem kleineren Strom übertragen werden kann und damit die Durchlassverluste der Halbleiter gesenkt werden können.

**[0015]** Gemäß einem dritten Aspekt wird die Erfindung durch einen Spannungswandler, insbesondere DC/DC-Spannungswandler, gelöst, der eine erste Schaltbrücke und eine zweite Schaltbrücke aufweist, von denen zumindest eine eine Brückenschaltungsanordnung der zuvor genannten Art aufweist. Es ergeben sich die gleichen Vorteile wie bei dem ersten und zweiten Aspekt. Wenn beide Schaltbrücken erfindungsgemäß ausgebildet sind, kann zusätzlich der Variationsbereich des Übertragungsverhältnisses durch getrennte Umschaltung der beiden Schaltbrücken zwischen den oben beschriebenen Anordnungen weiter erhöht werden.

**[0016]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Brückenschaltungsanordnung weisen die Halbbrückenanordnungen jeweils einen ersten Endanschluss, einen zweiten Endanschluss und einen Mittelabgriff auf. Sie sind mit jeweils dem ersten Endanschluss fest und mit dem zweiten Endanschluss über eines der Schaltelemente mit den Anschlüssen verbunden, wobei diese Schaltelemente der Parallelschaltung der Halbbrückenanordnungen in der ersten Konfiguration dienen. Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Brückenschaltungsanordnung sind die zweiten Endanschlüsse miteinander über ein weiteres der Schaltelemente verbunden, welches der Serienschaltung der Halbbrückenan-

ordnungen in der zweiten Konfiguration dient. Beide Ausgestaltungen ermöglichen eine einfache und elegante Realisierung einer Umschaltung der Schaltbrücke in die erste bzw. zweite Konfiguration.

**[0017]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Brückenschaltungsanordnung ist mindestens ein Trennkondensator mit den Halbbrücken anordnungen verbunden, über den elektrische Leistung zwischen der Brückenschaltungsanordnung und einem Übertragungsnetzwerk ausgetauscht wird. Auch dieses dient einer einfachen und eleganten Realisierung einer Umschaltung der Schaltbrücke in die erste bzw. zweite Konfiguration.

**[0018]** Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Spannungswandlers weist die erste Schaltbrücke die Brückenschaltungsanordnung auf und ist mit einer Eingangsspannung beaufschlagbar, wobei eine Steuereinrichtung vorhanden ist, die die Schaltelemente abhängig von der Höhe der Eingangsspannung ansteuert. Auf diese Weise wird eine geeignete Ansteuerung der Umschaltung zwischen den Konfigurationen erreicht.

**[0019]** Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung des Spannungswandlers sind zusätzliche Schaltungsanordnungen zur Variation eines Spannungsübertragungsverhältnisses des Spannungswandlers vorgesehen. Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden zusätzlich eine oder mehrere weitere Maßnahmen zur Änderung des Spannungsübersetzungsverhältnisses durchgeführt. Bei beiden Ausgestaltungen kann die durch die anmeldungsgemäße Umschaltung der Konfiguration erreichte Variation des Spannungsübertragungsverhältnisses weiter vergrößert werden.

**[0020]** Weitere Ausgestaltungen und vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

**[0021]** Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Ausführungsbeispielen mit Hilfe von acht Figuren näher erläutert.

**[0022]** Die Figuren zeigen:

**[0023]** [Fig. 1](#) ein erstes Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild,

**[0024]** [Fig. 2](#) ein Flussdiagramm eines Betriebsverfahrens für einen DC/DC-Wandler,

**[0025]** [Fig. 3](#) ein zweites Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild,

**[0026]** [Fig. 4](#) ein drittes Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild und

**[0027]** [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) jeweils ein Ausführungsbeispiel einer Halbbrückenanordnung zur Verwendung in einem DC/DC-Wandler.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild. Der DC/DC-Wandler weist eine erste Schaltbrücke **10** und eine zweite Schaltbrücke **20** auf, die über ein Übertragungsnetzwerk, umfassend ein Resonanznetzwerk **30** und einen Übertrager **40**, miteinander verbunden sind. Resonanznetzwerk **30** und Übertrager **40** sind jeweils nicht zwingend und können in anderen Ausführungen entfallen.

**[0029]** Wie im Folgenden noch detaillierter ausgeführt wird, ist im dargestellten Ausführungsbeispiel die erste Schaltbrücke **10** mit aktiven Brückenschaltelementen ausgestattet, wohingegen die zweite Schaltbrücke **20** mit passiven Brückenschaltelementen ausgeführt ist. Im Folgenden werden Brückenschaltelemente auch kurz als Brückenschalter bezeichnet. Der dargestellte DC/DC-Wandler arbeitet somit unidirektional mit einem Energiefluss von der ersten Schaltbrücke **10** über den Resonanzkreis **30** und den Übertrager **40** zur zweiten Schaltbrücke **20**. Zur einfacheren Darstellung wird im Folgenden die erste Schaltbrücke **10** auch als Primärschaltbrücke **10** und die zweite Schaltbrücke **20** auch als Sekundärschaltbrücke **20** bezeichnet. Entsprechend wird die Spannung, mit der die Primärschaltbrücke **10** an Eingangsanschlüssen **11**, **12** beaufschlagt wird, im Folgenden als Eingangsspannung  $U_E$  bezeichnet. Die an Ausgangsanschlüssen **21**, **22** der zweiten Schaltbrücke **20** vom DC/DC-Wandler bereitgestellte Spannung wird als Ausgangsspannung  $U_A$  bezeichnet. Es wird angemerkt, dass in alternativen Ausgestaltungen der DC/DC-Wandler auch als bidirektionaler DC/DC-Wandler ausgeführt sein kann, wenn beide Schaltbrücken mit aktiven Brückenschaltern ausgestattet sind.

**[0030]** Es wird weiter vorab angemerkt, dass im dargestellten Ausführungsbeispiel der [Fig. 1](#) nur die erste Schaltbrücke **10** von der anmeldungsgemäßen Brückenschaltungsanordnung Gebrauch macht. Auch dieses ist lediglich beispielhaft und nicht einschränkend. Es ist möglich, einen DC/DC-Wandler beidseitig mit Schaltbrücken aufzubauen, die eine anmeldungsgemäße Brückenschaltungsanordnung aufweisen.

**[0031]** Die Primärschaltbrücke **10** weist zwei Halbbrücken anordnungen **13a**, **13b**, im Folgenden abgekürzt als Halbbrücken **13a**, **13b** bezeichnet, auf, die jeweils zwei Endanschlüsse **131a**, **132a** bzw. **131b** und **132b** sowie einen Mittelabgriff **133a** bzw. **133b**. Die Funktion der Halbbrücken **13a**, **13b** besteht im einfachsten Fall im Wesentlichen darin, einen der Endanschlüsse **131a** oder **132a** bzw. **131b** oder **132b** wahlweise mit dem jeweiligen Mittelab-

griff **133a** bzw. **133b** zu verbinden. Für die Halbbrücken **13a**, **13b** können bekannte Halbbrückenschaltungsanordnungen unterschiedlichster Topologie eingesetzt werden, wobei die Halbbrückenanordnungen **13a** und **13b** eines DC/DC-Wandlers bevorzugt, aber nicht notwendigerweise, den gleichen Aufbau aufweisen.

[0032] In **Fig. 5** ist ein erstes Beispiel einer im DC/DC-Wandler der **Fig. 1** als Halbbrücke **13a**, **13b** einsetzbaren Halbbrücke **13** dargestellt. Zwischen den Endanschlüssen **131** und **132** ist ein Kondensator **134**, im Folgenden als Halbbrückenkondensator **134** bezeichnet, parallel zu einer Serienschaltung zweier Schalthalbleiterschalttransistoren **135** und **136** vorgesehen. Die Schalthalbleiterschalttransistoren **135**, **136** werden im Folgenden auch als Brückenschalter **135**, **136** bezeichnet. Beispielfähig sind in der **Fig. 3** IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) als Brückenschalter **135**, **136** eingesetzt. Zu jedem der Brückenschalter **135**, **136** ist antiparallel eine Freilaufdiode **137** angeordnet. Es versteht sich, dass alle bekannten Typen von ansteuerbaren Halbleiterschaltern, insbesondere Leistungshalbleiterschaltern, als Brückenschalter **135**, **136** verwendet werden können, insbesondere neben den genannten IGBTs auch MOSFETs (Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistors) oder bipolare Transistoren. Bei einigen Typen von Leistungshalbleiterschaltern, insbesondere bei MOSFETs, ist eine Freilaufdiode bereits integriert im Leistungshalbleiterschalter enthalten, wodurch die in **Fig. 5** separate Freilaufdiode **137** entfallen kann. Die in der **Fig. 5** dargestellte Topologie wird auch als „2-level“ Halbbrücke bezeichnet, da durch wahlweises Schalten der Brückenschalter **135**, **136** zwei verschiedene Spannungsniveaus an dem Ausgang **133** eingestellt werden können.

[0033] Beispielfähig und nicht einschränkend wird für die folgende Erläuterung der Funktion des DC/DC-Wandlers gemäß **Fig. 1** angenommen, dass die Halbbrücken **13a**, **13b** die in der **Fig. 5** gezeigte Topologie aufweisen. Der Endanschluss **131a** der Halbbrücke **13a** ist fest mit dem Eingangsanschluss **11** und der Endanschluss **132b** der Halbbrücke **13b** fest mit dem Eingangsanschluss **12** der ersten Schaltbrücke **10** verbunden. Die Primärschaltbrücke **10** weist Schaltelemente **14a**, **14b** auf, über die der Endanschluss **132a** der Halbbrücke **13a** und der Endanschluss **131b** der Schaltbrücke **13b**, also der jeweils nicht fest mit den Eingangsanschlüssen **11** bzw. **12** verbundene Endanschluss, mit dem jeweils anderen Eingangsanschluss **12** bzw. **11** verbunden werden. Zudem weist die Primärschaltbrücke **10** das Schaltelement **15** auf, über das der Endanschluss **132a** mit dem Endanschluss **131b** verbunden werden kann.

[0034] Die Schaltelemente **14a**, **14b**, **15** dienen der Einstellung von zwei unterschiedlichen Betriebszuständen der Primärbrücke **10**, wie weiter unten de-

taillierter ausgeführt wird. Im einfachsten Fall können diese als mechanische Schaltelemente ausgeführt sein, also in Form von mechanischen Schaltern oder steck- oder schraubbare Verbindungen. Damit kann bereits manuell der Eingangsspannungsbereich eines Geräts konfiguriert werden. Die Schaltelemente **14a**, **14b** und **15** können auch elektromagnetische Schalter sein, zum Beispiel Relais, oder auch Halbleiterschalter. Wenn der DC/DC-Wandler unidirektional ausgeführt ist, können auch die Schaltelemente **14a**, **14b** und **15** unidirektional ausgelegt sein. Bei einem bidirektionalen DC/DC-Wandler sind auch die Schaltelemente **14a**, **14b** und **15** bidirektional auszulegen, was beispielsweise durch den Einsatz eines unidirektionalen Halbleiterschalters mit einer antiparallel geschalteten Halbleiterdiode realisiert werden kann. Als Halbleiterschalter können die im Zusammenhang mit den Brückenschaltern **135**, **136** genannten IGBTs oder MOSFETs oder bipolare Transistoren eingesetzt werden. Bei unidirektional arbeitenden DC/DC-Wandlern ist es zudem möglich, je nach Stromflussrichtung, entweder die Schaltelemente **14a** und **14b** oder das Schaltelement **15** durch je eine bzw. eine Diode zu realisieren. Bei der im Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** vorliegenden Energieflussrichtung von der Primärschaltbrücke **10** zur Sekundärschaltbrücke **20** kann beispielsweise das Schaltelement **15** durch eine in Durchflussrichtung vom Endanschluss **132a** zum Endanschluss **131b** weisende Diode realisiert sein. Bei umgekehrter Energieflussrichtung können dagegen die Schaltelemente **14a** und **14b** durch Dioden ersetzt werden, die in Durchflussrichtung vom (dann Ausgangs-)Anschluss **12** zum (dann Ausgangs-)Anschluss **11** weisen.

[0035] Die Mittelabgriffe **133a**, **b** der Halbbrücken **13a**, **13b** sind über einen Trennkondensator **16**, dessen Funktion weiter unten näher erläutert wird, mit dem Übertragungsnetzwerk verbunden, wodurch die Primärbrücke mit der Sekundärbrücke **20** gekoppelt ist. Diese Verbindung kann, wie dargestellt, über das Resonanznetzwerk **30** erfolgen. Das Resonanznetzwerk **30** kann kapazitive und/oder induktive Elemente enthalten, durch die ein Serienresonanzkreis gebildet wird. Das Resonanznetzwerk **30** ist optional und kann in alternative Ausgestaltungen auch entfallen. Es ist auch denkbar, dass Streuinduktivitäten des Übertragers **40** zusammen mit dem Trennkondensator **16** bereits einen Serienresonanzkreis bilden oder Teil eines Serienresonanzkreises sind. Auch können kapazitive und/oder induktive Elemente des Resonanzkreises auf der der zweiten Schaltbrücke **20** zugewandten Seite des Übertragers **40** angeordnet sein, die Teil eines Serien- oder Parallelresonanzkreises bilden. Wenn ein Resonanzkreis gebildet ist, wird der DC/DC-Wandler bevorzugt resonant bei einer Resonanzfrequenz des Resonanzkreises oder in deren Nähe, insbesondere mit einer Frequenz, die nicht mehr als 20% von der Resonanzfrequenz abweicht,

betrieben. Um eine effektive Leistungsübertragung zu erreichen, werden die Brückenschalter der Primärbrücke **10** bevorzugt "weich" geschaltet, worunter ein Schalten ohne fließenden Strom (Zero Current Switching; ZCS) und/oder ohne eine am Brückenschalter anliegende Spannung (Zero Voltage Switching; ZVS) zu verstehen ist. In alternativen Ausgestaltungen ist es zudem möglich, den Wandler nicht resonant zu betreiben und ohne Resonanznetzwerk und ohne Resonanzkreis auszugestalten.

**[0036]** Ebenso ist es denkbar, den Resonanzkreis mit mehreren Resonanzfrequenzen auszulegen, wobei die Betriebsfrequenz in der Nähe einer der Resonanzfrequenzen gewählt wird.

**[0037]** Der Übertrager **40** ist im dargestellten Ausführungsbeispiel galvanisch trennend als Hochfrequenztransformator mit einer Primärwicklung **41** und einer Sekundärwicklung **42** ausgeführt. Der Übertrager **40** kann ein Übersetzungsverhältnis von 1:1 haben oder auch spannungstransformierend mit einem davon abweichenden Übersetzungsverhältnis ausgebildet sein. Auf die Variation des Spannungsübersetzungsverhältnisses des DC/DC-Wandlers, also das Verhältnis der minimalen zur maximalen Ausgangsspannung  $U_A$  bei gleichbleibender Eingangsspannung  $U_E$  (bzw. umgekehrt), hat das in diesem Ausführungsbeispiel als fest angenommene Übersetzungsverhältnis des Übertragers **40** keinen Einfluss.

**[0038]** Alternativ ist es ebenso möglich, statt des Übertragers **40** eine nicht galvanisch trennende Übertragungsanordnung einzusetzen (nicht dargestellt). Eine solche Übertragungsanordnung weist beispielsweise zwei Strompfade zwischen der Primärbrücke **10** und der Sekundärbrücke **20** auf, sowie eine Anordnung aus mindestens zwei Induktivitäten, wobei eine der Induktivitäten als Serieninduktivität in einem der Strompfade angeordnet ist, während die andere Induktivität als Parallelinduktivität zwischen den beiden die Brücken verbindenden Strompfaden liegt. Letztere kann zur Schallentlastung der Brückenschalter verwendet werden, ohne dass sie Teil eines Resonanzkreises wäre. Im Hinblick auf DC/DC-Wandler mit Resonanzkreis sei darauf hingewiesen, dass auch im Fall eines galvanisch trennenden Übertragers, wie dem gezeigten Übertrager **40**, Streuinduktivitäten der Wicklungen **41**, **42** einen Resonanzkreis beeinflussen und in diesem Sinne als Teil des Resonanzkreises angesehen werden können. Es ist bekannt, dass die Streuinduktivität eines Transformators durch bauliche Maßnahmen auf einen vorbestimmten Wert eingestellt wird, so dass auf die Verwendung einer separaten Drossel zur Bildung einer Resonanzinduktivität für den Resonanzkreis unter Umständen sogar ganz verzichtet werden kann. Auch die nicht galvanisch trennende Übertragungsanordnung kann komplett entfallen (**30** und **40** werden dann nur durch zwei Verbindungen ersetzt).

**[0039]** Die zweite Schaltbrücke **20** ist im dargestellten Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** als Vollbrücke mit zwei Gleichrichterhalbbrücken **28a**, **28b** ausgeführt, wobei die Gleichrichterhalbbrücken **28a**, **28b** Dioden **285a**, **b** und **286a**, **b** als Brückenschalter aufweisen. Wie bereits erwähnt, arbeitet der DC/DC-Wandler der **Fig. 1** aufgrund der passiven Brückenschalter unidirektional. In einer alternativen Ausgestaltung, in der auch die Sekundärbrücke **20** zumindest teilweise aktive Brückenschalter aufweist, beispielsweise realisiert durch Transistoren, kann der DC/DC-Wandler auch bidirektional betrieben werden. Die Halbbrücken **23a**, **23b** sind mit ihren Mittelabgriffen mit der Sekundärwicklung **42** des Übertragers **40** verbunden. Mit ihren Endanschlüssen sind die Halbbrücken **23a**, **23b** parallel geschaltet und mit den Ausgangsanschlüssen **21** und **22** verbunden, wobei ein paralleler Pufferkondensator **29** vorgesehen ist. Als Ausgangsspannung  $U_A$  des DC/DC-Wandlers stellt sich zwischen den Ausgangsanschlüssen **21** und **22** der Scheitelwert der Spannung über der Sekundärwicklung **42** des Übertragers **40** ein. Die Schaltbrücke **20** kann auch als Halbbrückengleichrichter ausgeführt werden, indem z. B. die Dioden **285b**, **286b** durch Kondensatoren ersetzt werden.

**[0040]** In **Fig. 2** ist ein Verfahren zum Betreiben eines DC/DC-Wandlers schematisch in einem Flussdiagramm dargestellt, wie es beispielsweise von dem in **Fig. 1** gezeigten DC/DC-Wandler ausgeführt werden kann. Im Folgenden wird das Verfahren beispielhaft mit Bezug auf **Fig. 1** beschrieben. Benutzte Bezugszeichen beziehen sich entsprechend auf **Fig. 1**.

**[0041]** Ausgehend von einer Ausgangskonfiguration (nicht gezeigt) für die Schaltelemente **14a**, **14b**, **15** wird in einem ersten Schritt S1 die am DC/DC-Wandler anliegende Eingangsspannung  $U_E$  gemessen. In einem zweiten Schritt S2 wird die Eingangsspannung mit einer vorgegebenen Schwellenwertspannung  $U_S$  verglichen.

**[0042]** Wenn die Eingangsspannung  $U_E$  kleiner als der Schwellenwert  $U_S$  ist, wird in einem Schritt S3 eine erste Konfiguration eingestellt, bei der die Schaltelemente **14a** und **14b** geschlossen sind, wohingegen das Schaltelement **15** geöffnet ist. In dieser ersten Konfiguration sind die Halbbrücken **13a**, **13b** parallel geschaltet und mit ihren Endpunkten **131a** und **131b** mit dem Eingangsanschluss **11** und mit den Endpunkten **132a** und **132b** mit dem Eingangsanschluss **12** verbunden. Die Anordnung der Halbbrücken **13a**, **13b** entspricht somit der einer Voll- oder H-Brücke. Der DC/DC-Wandler wird sodann in dieser ersten Konfiguration in einem ersten Betriebszustand betrieben. Im Betrieb werden die Brückenschalter **135a**, **136a** bzw. **135b**, **136b** in bekannter Weise im Gegentaktbetrieb angesteuert, derart, dass jeweils der obere Brückenschalter **135a** bzw. **135b** gleichzeitig mit dem unteren Brückenschalter **136b**

bzw. **136a** der anderen Halbbrücke leitend ist. Die dazu eingesetzte und mit den Steuereingängen der Brückenschalter **135**, **136** verbundene Steuereinrichtung ist aus Gründen der Übersichtlichkeit in der **Fig. 1** nicht dargestellt. Die Ansteuerung der Halbbrücken **13a**, **13b** kann dabei in bekannter Weise zum Beispiel in einem PWM(Pulsweitenmodulations)-Verfahren erfolgen. Nach dem Einstellen der ersten Konfiguration im Schritt S3 springt das Verfahren erneut zu Schritt S1 zur Messung der Eingangsspannung  $U_E$  und Wiederholung der dem Schritt S1 nachfolgenden Schritte, wobei der DC/DC-Wandler weiterhin im ersten Betriebszustand betrieben wird.

**[0043]** Falls in dem Schritt S2 festgestellt wurde, dass die Eingangsspannung  $U_E$  nicht kleiner als die Schwellenwertspannung  $U_S$  ist, wird das Verfahren mit einem Schritt S4 fortgesetzt, in dem die gemessene Eingangsspannung  $U_E$  mit der Summe aus der vorgegebenen Schwellenwertspannung  $U_S$  und einer Schalthysteresespannung  $\Delta U$  verglichen wird.

**[0044]** Wenn die Eingangsspannung  $U_E$  größer oder gleich der Schwellenwertspannung  $U_S$  zuzüglich der Schalthysteresespannung  $\Delta U$  ist, wird in einem Schritt S5 eine zweite Konfiguration eingestellt, in der die Schaltelemente **14a** und **14b** geöffnet sind, wohingegen das Schaltelement **15** geschlossen ist. In dieser zweiten Konfiguration sind die beiden Halbbrücken **13a**, **13b** der Primärschaltbrücke **10** in Serie geschaltet. Über jeder der beiden Halbbrücken **13a**, **13b** liegt folglich die halbe Eingangsspannung  $U_E$  an, die innerhalb jeder der Halbbrücken **13a**, **13b** durch den Halbbrückenkondensator **134** bzw. die Halbbrückenkondensatoren **1341**, **1342** gepuffert wird. Zwischen den Mittelabgriffen **133a** und **133b** liegt im Betrieb eine Wechselspannung an, deren Amplitude halb so groß ist, wie sie es bei gleicher Eingangsspannung  $U_E$  in der ersten Konfiguration wäre, und die einer Gleichspannungskomponente überlagert ist. Diese Gleichspannungskomponente wird durch den Trennkondensator **16** von der Primärwicklung **41** des Übertragers **40** fern gehalten. Der DC/DC-Wandler wird sodann in dieser zweiten Konfiguration in einem zweiten Betriebszustand betrieben.

**[0045]** Durch den im zweiten Betriebszustand um den Faktor 2 kleineren Wechselspannungsanteil zwischen den Mittelabgriffen **133a** und **133b** weist der DC/DC-Wandler in diesem zweiten Betriebszustand auch ein um den Faktor 2 kleineres Spannungsübertragungsverhältnis auf als im ersten Betriebszustand.

**[0046]** Bei der Serienschaltung der Halbbrücken **13a**, **13b** teilt sich die Eingangsspannung  $U_E$  im Wesentlichen gleichmäßig auf beide Halbbrücken **13a**, **13b** auf. Die Eingangsspannung  $U_E$ , mit der die Primärbrücke **10** beaufschlagt ist, kann somit doppelt so hoch sein, wie die Spannung, mit der die Halbbrücken **13a**, **13b** nominell beaufschlagt werden können. Um-

gekehrt können dementsprechend die Halbbrücken **13a**, **13b** und die darin enthaltenen Brückenschalter **135a**, **136a** bzw. **135b**, **136b** nominell für eine um den Faktor zwei geringere Spannung ausgelegt sein, als die im zweiten Betriebszustand maximal an der Brückenschaltungsanordnung anliegende Spannung. Die geringere Spannungsfestigkeit der Brückenschalter senkt die Herstellungskosten des DC/DC-Wandlers und bedingt einen geringeren Durchlasswiderstand und geringere Durchlassverluste.

**[0047]** Nach dem Einstellen der zweiten Konfiguration im Schritt S5 springt das Verfahren erneut zu Schritt S1 zur Messung der Eingangsspannung  $U_E$  und Wiederholung der dem Schritt S1 nachfolgenden Schritte, wobei der DC/DC-Wandler weiterhin im zweiten Betriebszustand betrieben wird.

**[0048]** Bevorzugt ist eine Steuereinrichtung zur Ansteuerung der Schaltelemente **14a**, **14b** und **15** vorgesehen, die abhängig von der Höhe der Eingangsspannung  $U_E$  die Schaltelemente **14a**, **14b** und **15** so ansteuert, dass die Schaltbrücke **10** im ersten bzw. zweiten Betriebszustand betrieben wird. Die Schwellenwertspannung  $U_S$  kann dabei beispielsweise gleich der halben maximalen Betriebsspannung sein. Als Schalthysteresespannung  $\Delta U$  wird bevorzugt ein kleiner positiver Spannungswert eingesetzt. Die über die Schalthysteresespannung  $\Delta U$  realisierte Schalthysterese verhindert einen unkontrollierten Wechsel zwischen dem ersten und dem zweiten Betriebszustand, falls die Eingangsspannung  $U_E$  im Bereich der Schwellenwertspannung  $U_S$  liegt. Eine solche Schalthysterese ist jedoch optional und kann ggf. entfallen (entspricht  $\Delta U = 0$ ).

**[0049]** Aufgrund der unterschiedlichen Spannungsübertragungsverhältnisse in den beiden Betriebszuständen variiert die Ausgangsspannung  $U_A$  bereits ohne weitere Maßnahmen beim Durchfahren des gesamten Eingangsspannungsbereichs von der minimalen bis zur maximalen Betriebsspannung nur halb so viel, wie sie es ohne diese Bereichsumschaltung tun würde. Dies schließt nicht aus, dass mittels weiterer Maßnahmen, auf die in der folgenden Beschreibung Bezug genommen wird, innerhalb des jeweiligen Spannungsbereiches das Übertragungsverhältnis zusätzlich angepasst wird, zum Beispiel, um die Ausgangsspannung beim gesamten Durchfahren des Eingangsspannungsbereichs konstant oder zumindest innerhalb eines vorgegebenen Toleranzbereiches zu halten.

**[0050]** Es versteht sich, dass auch andere Kriterien als die Höhe der Eingangsspannung  $U_E$  bei einem anmeldungsgemäßen Verfahren zur Umschaltung zwischen der ersten und der zweiten Konfiguration bzw. zum Umschalten zwischen einem ersten bzw. zweiten Betriebszustand herangezogen werden können.

[0051] **Fig. 3** zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild analog zu **Fig. 1**. Gleiche Bezugszeichen kennzeichnen in diesem Ausführungsbeispiel gleiche oder gleichwirkende Elemente wie in dem in **Fig. 1** gezeigten Ausführungsbeispiel.

[0052] Das in **Fig. 3** gezeigte Ausführungsbeispiel unterscheidet sich von dem in **Fig. 1** dargestellten durch eine andere Art der Anbindung des Übertragungsnetzwerkes (Resonanznetzwerk **30**, Übertrager **40**) an die Halbbrücken **13a**, **13b** der Primärbrücke **10**. Vorliegend sind beide Mittelabgriffe **133a** und **133b** über jeweils einen Trennkondensator **16a**, **16b** zusammen auf einen Eingang des Übertragungsnetzwerkes geschaltet, wohingegen der andere Eingang des Übertragungsnetzwerkes über weitere Trennkondensatoren **17a**, **17b** an jeweils den Endanschluss **132a** bzw. **132b** angeschlossen ist. Alternativ wäre hier ebenso eine Verbindung über die weiteren Trennkondensatoren **17a**, **17b** an dem jeweils anderen Endanschluss, also **131a** bzw. **131b** möglich.

[0053] Im Gegensatz zum Ausführungsbeispiel der **Fig. 1** werden bei dem hier dargestellten Ausführungsbeispiel die Brückenschalter **135a**, **135b**, **136a**, **136b** nicht kreuzweise, sondern gleichphasig geschaltet. Es sind also jeweils die oberen Brückenschalter **135a** und **135b** sowie die unteren Brückenschalter **136a**, **136b** gleichzeitig leitend. Dieses gilt für den ersten und auch den zweiten Betriebszustand. An den Auswirkungen der Betriebszustände auf das Spannungsübertragungsverhältnis und die Vorteile im Bezug auf die Spannungsfestigkeit der eingesetzten Halbleiterschalter haben die Unterschiede zwischen den Ausführungsbeispielen der **Fig. 1** und **Fig. 3** keinen Einfluss, weswegen diesbezüglich auf die Ausführungen im Zusammenhang mit **Fig. 1** verwiesen wird. Gleiches gilt für die Auslegung der Schaltelemente **14a**, **14b** und **15**.

[0054] Bei beiden dargestellten Ausführungsbeispielen kann die durch die anmeldungsgemäße Brückenschaltungsanordnung erreichte Variation des Spannungsübertragungsverhältnisses des DC/DC-Wandlers durch Betrieb im ersten bzw. zweiten Betriebszustand mit weiteren Methoden zur Variation des Spannungsübertragungsverhältnis kombiniert werden. Beispielsweise ist es möglich, die zweite Schaltbrücke **20** mit einer statischen Umschaltung zwischen einem Voll- und einem Halbbrückenbetrieb zu versehen, durch die eine weitere stufenweise Variation des Spannungsübertragungsverhältnis um einen Faktor 2 erreicht wird. Zudem kann, wie in der Patentanmeldung mit der Anmeldenummer PCT/EP2011/052544 ausgeführt ist, eine Umschaltung zwischen einem Halb- und einem Vollbrückenbetrieb dynamisch innerhalb einer jeden Periodendauer des Schaltens der Brückenschalter einer

Schaltbrücke vorgenommen werden, wodurch sich das Spannungsübertragungsverhältnis kontinuierlich um einen Faktor zwischen 1 und 2 variieren lässt. Weitere bekannte Methoden zur stufenweisen und/oder kontinuierlichen Variation des Spannungsübertragungsverhältnisses können alternativ oder zusätzlich eingesetzt werden, beispielsweise eine Variation einer Schaltfrequenz des DC/DC-Wandlers und/oder eines Tastverhältnisses der Brückenschalter sowie eine Variation einer Phasenverschiebung der Schaltzeitpunkte von aktiven Brückenschaltern einer primärseitigen und einer sekundärseitigen Schaltbrücke.

[0055] In **Fig. 4** ist ein drittes Ausführungsbeispiel eines DC/DC-Wandlers in einem Prinzipschaltbild analog zu den **Fig. 1** und **Fig. 3** wiedergegeben. Gleiche Bezugszeichen kennzeichnen auch diesem Ausführungsbeispiel gleiche oder gleichwirkende Elemente wie bei den zuvor beschriebenen Ausführungsbeispielen.

[0056] Im Unterschied zu den Beispielen der **Fig. 1** und **Fig. 3** weisen vorliegend beide Schaltbrücken **10** und **20** anmeldungsgemäß wahlweise seriell bzw. parallel verschaltbaren Halbbrückenanordnungen **13a**, **13b** bzw. **23a**, **23b** auf. Sowohl die Halbbrückenanordnungen **13a**, **13b** als auch die Halbbrückenanordnungen **23a**, **23b** können wie in **Fig. 5** dargestellt aufgebaut sein.

[0057] Zur Beschreibung der Schaltbrücke **10** wird auf die ersten beiden Ausführungsbeispiele verwiesen. Die Schaltbrücke **20** ist analog dazu aufgebaut. Es sind Schaltelemente **24a**, **24b**, **25** vorgesehen, die in entsprechender Weise mit Endanschlüssen **232a** und **231b** der Halbbrückenanordnungen **23a**, **23b** und den Anschlüssen **21**, **22** der Schaltbrücke **20** verbunden sind. Die an den Anschlüssen **21**, **22** anliegende Spannung wird auch in diesem Beispiel als Ausgangsspannung  $U_A$  bezeichnet, obwohl der DC/DC-Wandler grundsätzlich auch bidirektional betrieben werden kann. Die Halbbrückenanordnungen **23a**, **23b** sind über ihre Mittenabgriffe **233a**, **233b** wiederum über einen Trennkondensator **26** mit der Sekundärwicklung **42** des Übertragers **40** und damit mit dem Übertragungsnetzwerk verbunden.

[0058] Bei dem in **Fig. 4** gezeigten DC/DC-Wandler kann jede der beiden Schaltbrücken **10**, **20** in der ersten bzw. zweiten Konfiguration im ersten bzw. zweiten Betriebszustand betrieben werden, woraus insgesamt eine Variation des Spannungsübertragungsverhältnisses um einen Faktor 4 resultiert. Zudem ergeben sich für beide Schaltbrücken **10**, **20** die zuvor genannten Vorteile im Hinblick auf die Spannungsfestigkeit und die Durchlassverluste der als Brückenschalter eingesetzten Leistungshalbleiter.

[0059] In den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) sind in gleicher Weise wie in [Fig. 5](#) weitere Ausführungsbeispiele von Halbbrücken dargestellt, die innerhalb einer anmeldungsgemäßen Brückenschaltanordnung eingesetzt werden können, beispielsweise als Halbbrücken **13a**, **13b** in den Ausführungsbeispielen der [Fig. 1](#), [Fig. 3](#) und [Fig. 4](#) oder auch als Halbbrücken **23a**, **23b** in dem Ausführungsbeispiel der [Fig. 4](#).

[0060] Im Unterschied zu der in [Fig. 5](#) dargestellten Halbbrücke, bei der durch wahlweises Schalten der Brückenschalter **135** und **136** an dem Mittelabgriff **133** zwei verschiedene Spannungsniveaus einstellbar sind, sind die in den [Fig. 6](#) bis [Fig. 8](#) dargestellten Halbbrückenordnungen, sogenannte "3-level" Schaltbrücken, die das Einstellen von drei verschiedenen Spannungsniveaus an dem Mittelabgriff **133** ermöglichen. In dem oberen, zwischen dem Endanschluss **131** und dem Mittelabgriff **133** angeordneten Brückenabschnitt sind zu diesem Zweck zwei Brückenschalter **1351** und **1352** vorgesehen und im unteren, zwischen dem Mittelabgriff **133** und dem Endanschluss **132** liegenden Brückenabschnitt ebenfalls zwei Brückenschalter **1361**, **1362**.

[0061] Weiterhin sind statt des einen Halbbrücken-kondensators **134** jeweils zwei Halbbrücken-kondensatoren **1341** und **1342** vorhanden, entweder in einer Reihenschaltung wie bei den [Fig. 7](#) und [Fig. 8](#), oder in der Anordnung gemäß [Fig. 6](#), bei der der zweite Halbbrücken-kondensator **1342** als sogenannter „flying capacitor" bezeichnet wird. Beim Ausführungsbeispiel der [Fig. 7](#) ist der Mittelabgriff zwischen den Halbbrücken-kondensatoren **1341** und **1342** über sogenannten Klemmdioden **138** mit den Brückentransistoren **1351**, **1352**, **1361**, **1362** verbunden, weswegen diese Topologie auch als „3-level diode clamped converter" bezeichnet wird.

[0062] Beim Ausführungsbeispiel der [Fig. 8](#) ist der Mittelabgriff zwischen den Halbbrücken-kondensatoren **1341** und **1342** mit dem Mittelabgriff **133** über einen aus zwei antiseriell angeordneten Schaltern **1352** und **1362** aufgebauten bidirektionalen Schalter verbunden, weswegen die dargestellte Topologie auch als "3-level bidirectional switch neutral-point clamped converter" (BS-NPC) bezeichnet wird. Es wird angemerkt, dass die Aufzählung von geeigneten Halbbrücken in den [Fig. 5](#) bis [Fig. 8](#) lediglich beispielhaft ist und nicht einschränkend. Weitere Typen (Topologien) von Halbbrücken können im Rahmen der Anmeldung Verwendung finden.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b>	erste Schaltbrücke (Primärschaltbrücke)	
<b>11, 12</b>	Eingangsanschluss	
<b>13a, b</b>	Halbbrücken-anordnung	
<b>14a, 14b, 15</b>	Schaltelement	
<b>16, 16a, b</b>	Trennkondensator	
<b>17a, b</b>	Trennkondensator	
<b>20</b>	zweite Schaltbrücke (Sekundärschaltbrücke)	
<b>21, 22</b>	Ausgangsanschluss	
<b>23a, b</b>	Halbbrücken-anordnung	
<b>24a, 24b, 25</b>	Schaltelement	
<b>26</b>	Trennkondensator	
<b>28a, b</b>	Gleichrichterhalbbrücken	
<b>285a, b</b>	Diode	
<b>286a, b</b>	Diode	
<b>29</b>	Pufferkondensator	
<b>30</b>	Resonanznetzwerk	
<b>40</b>	Übertrager	
<b>41</b>	Primärwicklung	
<b>42</b>	Sekundärwicklung	
<b>131a, b</b>	Endanschluss	
<b>132a, b</b>	Endanschluss	
<b>133a, b</b>	Mittelabgriff	
<b>134, 1341, 1342</b>	Halbbrücken-kondensator	
<b>135, 1351, 1352</b>	Brückenschalter (oberer)	
<b>136, 1361, 1362</b>	Brückenschalter (unterer)	
<b>137</b>	Freilaufdiode	
<b>138</b>	Klemmdiode	
<b>231a, b</b>	Endanschluss	
<b>232a, b</b>	Endanschluss	
<b>233a, b</b>	Mittelabgriff	
$U_E$	Eingangsspannung	
$U_A$	Ausgangsspannung	
$U_S$	Schwellenwertspannung	
$\Delta U$	Schalthysteresespannung	
<b>S1–S5</b>	Verfahrensschritte	

## ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

### Zitierte Patentliteratur

- EP 2011/052544 [[0054](#)]

### Zitierte Nicht-Patentliteratur

- Artikel „DC/DC Converter for High Input Voltage: Four Switches with Peak Voltage of  $V_{in}/2$ , Capacitive Turn-Off Snubbing, and Zero Voltage Turn-On“ von Barbi et al., PESO Record, IEEE 1998 [[0009](#)]

## Patentansprüche

1. Brückenschaltungsanordnung für einen Spannungswandler mit zwei Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) und mit Anschlüssen (**11, 12, 21, 22**) zur Verbindung mit einer DC-Stromquelle oder einer Last, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Brückenschaltungsanordnung Schaltelemente (**14a, 14b, 15, 24a, 24b, 25**) aufweist zur Umschaltung zwischen einer ersten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) parallel geschaltet mit den Anschlüssen (**11, 12**) verbunden sind, und einer zweiten Konfiguration, in der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) zwischen den Anschlüssen (**11, 12, 21, 22**) in Serie geschaltet sind.
2. Brückenschaltungsanordnung nach Anspruch 1, bei der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) jeweils einen ersten Endanschluss (**131a, 132b, 231a, 232b**), einen zweiten Endanschluss (**132a, 131b, 232a, 231b**) und einen Mittelabgriff (**133a, 133b, 233a, 233b**) aufweisen und mit jeweils dem ersten Endanschluss (**131a, 132b, 231a, 232b**) fest und mit dem zweiten Endanschluss (**132a, 131b, 232a, 231b**) über eines der Schaltelemente (**14a, 14b, 24a, 24b**) mit den Anschlüssen (**11, 12, 21, 22**) verbunden sind, wobei diese Schaltelemente (**14a, 14b, 24a, 24b**) der Parallelschaltung der Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) in der ersten Konfiguration dienen.
3. Brückenschaltungsanordnung nach Anspruch 2, bei der die zweiten Endanschlüsse (**132a, 131b, 232a, 231b**) miteinander über ein weiteres der Schaltelemente (**15, 25**) verbunden sind, welches der Serienschaltung der Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) in der zweiten Konfiguration dient.
4. Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, bei der die Schaltelemente (**14a, 14b, 15, 24a, 24b, 25**) mechanische oder elektromechanische Schalter oder Halbleiterschalter sind.
5. Brückenschaltungsanordnung nach Anspruch 3 und 4, bei der das weitere der Schaltelemente (**15, 25**) zur Serienschaltung eine Diode ist.
6. Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, bei der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) zwischen den Endanschlüssen (**131a, 132a, 131b, 132b, 231a, 232a, 231b, 232b**) mindestens zwei in Serie geschaltete Brückenschalter (**135, 136, 1351, 1352, 1361, 1362**) aufweisen.
7. Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 2 bis 6, bei der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) zwischen den Endanschlüssen (**131a, 132a, 131b, 132b, 231a, 232a, 231b, 232b**) mindestens je einen Halbbrückenkondensator (**134, 1341, 1342**) aufweisen.
8. Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, bei der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) eine 2- oder 3-level Halbbrücke ist.
9. Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, bei der mindestens ein Trennkondensator (**16, 16a, 16b, 17a, 17b, 26**) mit den Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) verbunden ist, über den elektrische Leistung zwischen der Brückenschaltungsanordnung und einem Übertragungsnetzwerk ausgetauscht wird.
10. Spannungswandler, insbesondere DC/DC-Spannungswandler, aufweisend eine erste Schaltbrücke (**10**) und eine zweite Schaltbrücke (**20**), von denen zumindest eine der Schaltbrücken (**10, 20**) eine Brückenschaltungsanordnung nach einem der Ansprüche 1 bis 9 aufweist.
11. Spannungswandler nach Anspruch 10, bei dem die erste Schaltbrücke (**10**) mit einer Eingangsspannung ( $U_E$ ) beaufschlagbar ist und die Brückenschaltungsanordnung aufweist, wobei eine Steuereinrichtung vorhanden ist, die die Schaltelemente (**14a, 14b, 15**) abhängig von der Höhe der Eingangsspannung ( $U_E$ ) ansteuert.
12. Spannungswandler nach Anspruch 10 oder 11, bei dem zusätzliche Schaltungsanordnungen zur Variation eines Spannungsübertragungsverhältnisses des Spannungswandlers vorgesehen sind.
13. Verfahren zum Betreiben eines Spannungswandlers mit zwei Schaltbrücken (**10, 20**), von denen zumindest eine der Schaltbrücken (**10, 20**) eine Brückenschaltungsanordnung mit zwei Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) aufweist, dadurch gekennzeichnet, dass die zumindest eine Schaltbrücke (**10, 20**) zur Variation eines Spannungsübertragungsverhältnisses des Spannungswandlers wahlweise in einer ersten Konfiguration betrieben wird, in der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) parallel geschaltet sind, und in einer zweiten Konfiguration betrieben wird, in der die Halbbrückenanordnungen (**13a, 13b, 23a, 23b**) in Serie geschaltet sind.
14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem zusätzlich eine oder mehrere weitere Maßnahmen zur Änderung des Spannungsübersetzungsverhältnisses des durchgeführt werden.
15. Verfahren nach Anspruch 14, bei dem ein Übertragungsverhältnis eines zwischen den beiden

Schaltbrücken (10, 20) angeordneten Übertragers (40) des Spannungswandlers geändert wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, wobei zumindest eine der Schaltbrücken (10, 20) als umschaltbare Schaltbrücke ausgeführt ist, die statisch oder dynamisch entweder als Vollbrücke oder als Halbbrücke betrieben wird.

17. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 16, bei dem als zusätzliche weitere Maßnahme eine statische Änderung eines Tastverhältnisses zwischen einer Einschaltdauer und einer Ausschaltdauer von Brückenschaltern einer oder beider Schaltbrücken (10, 20) erfolgt.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

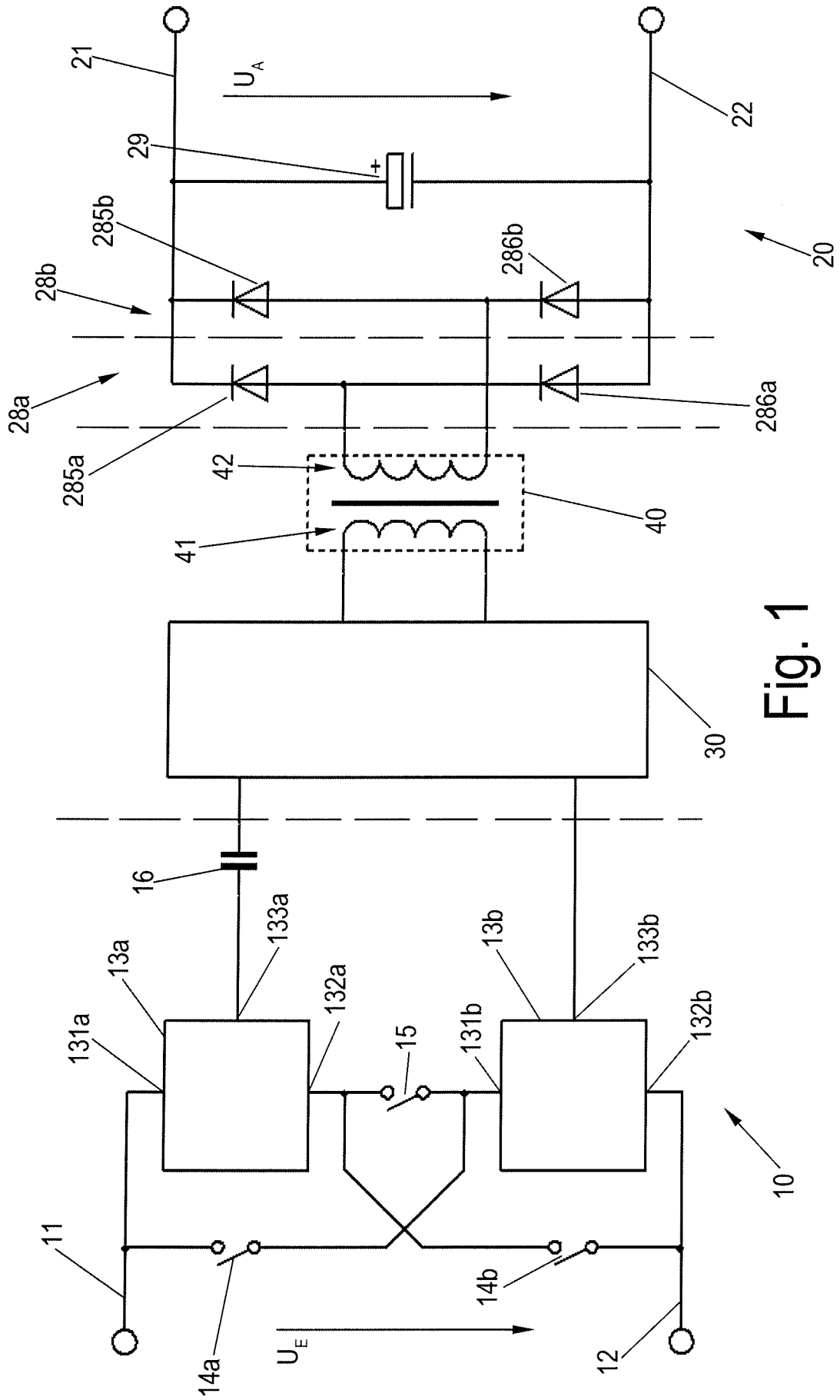


Fig. 1

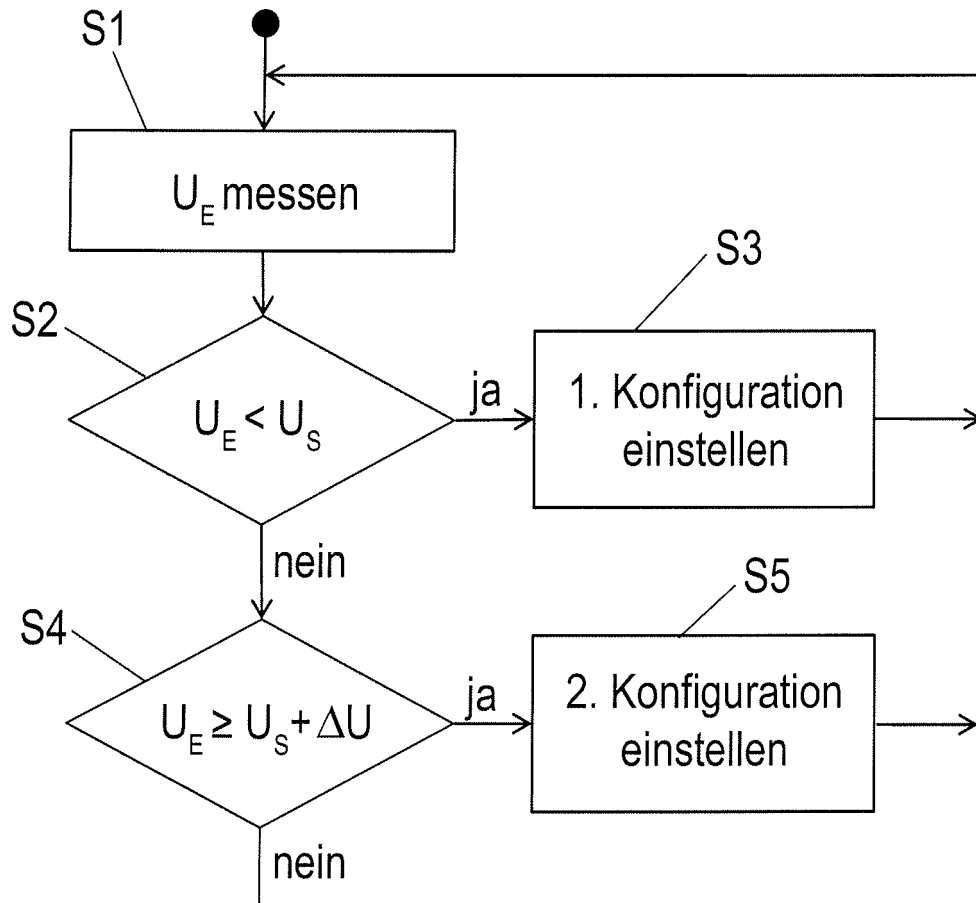


Fig. 2

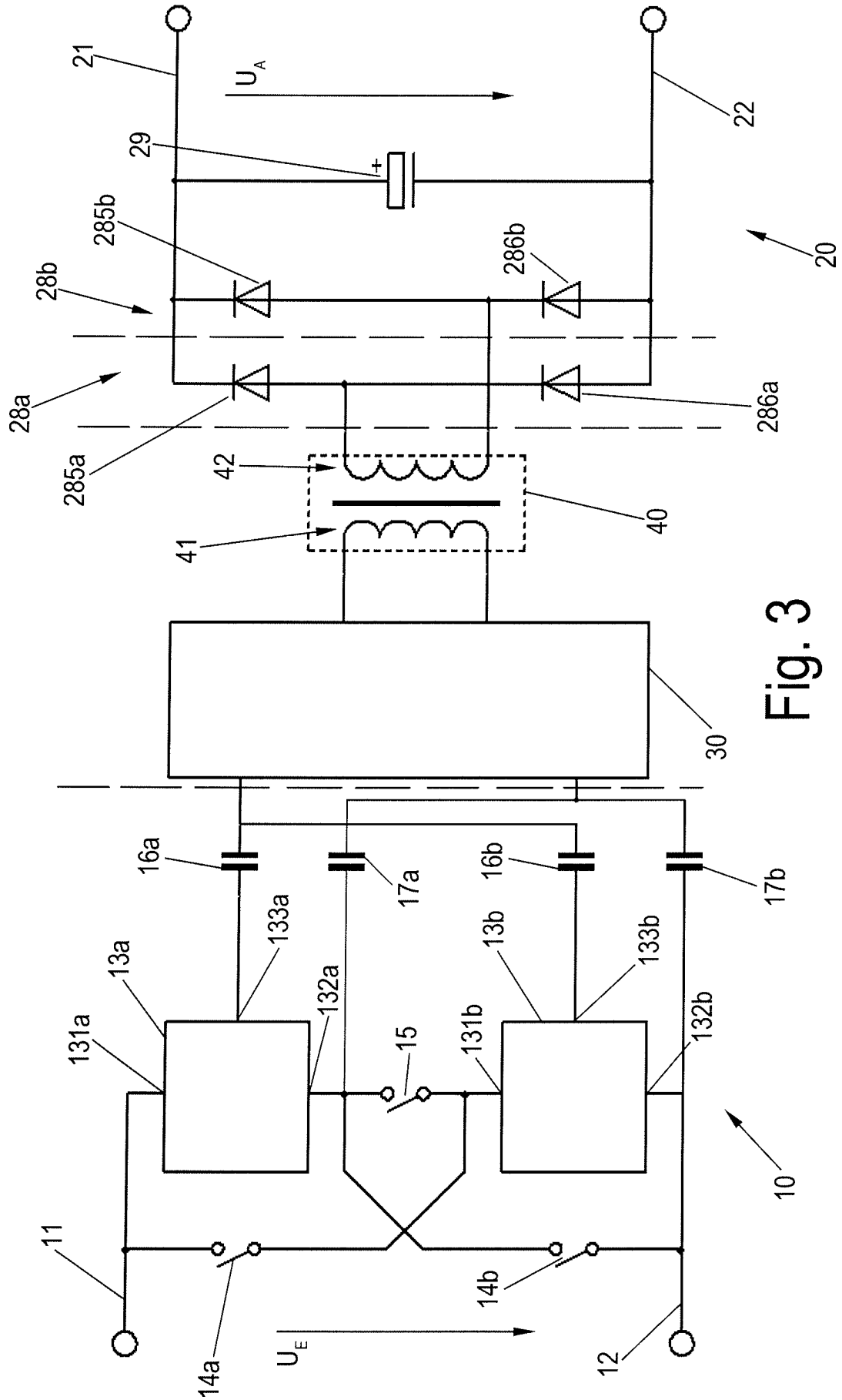


Fig. 3

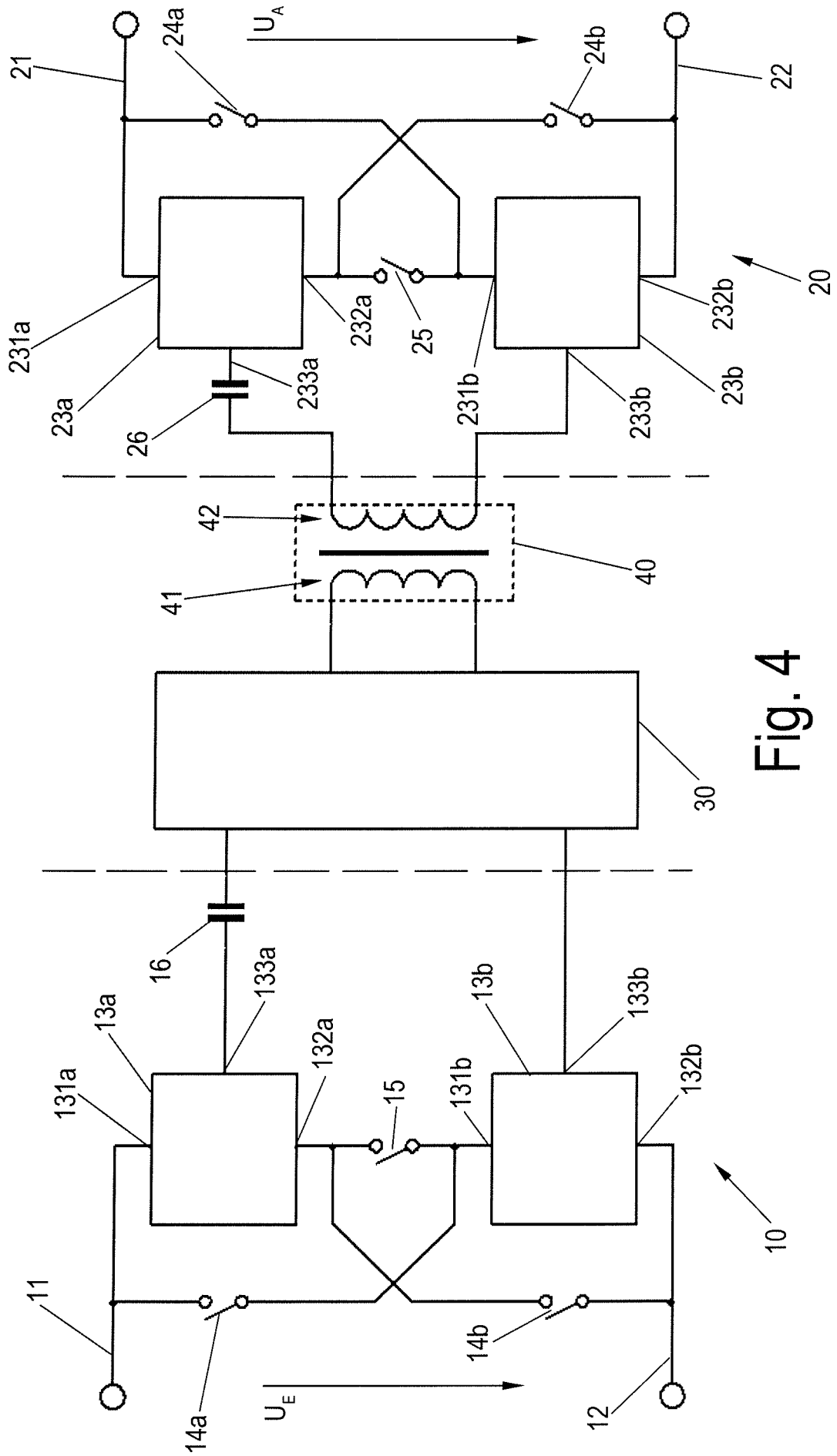
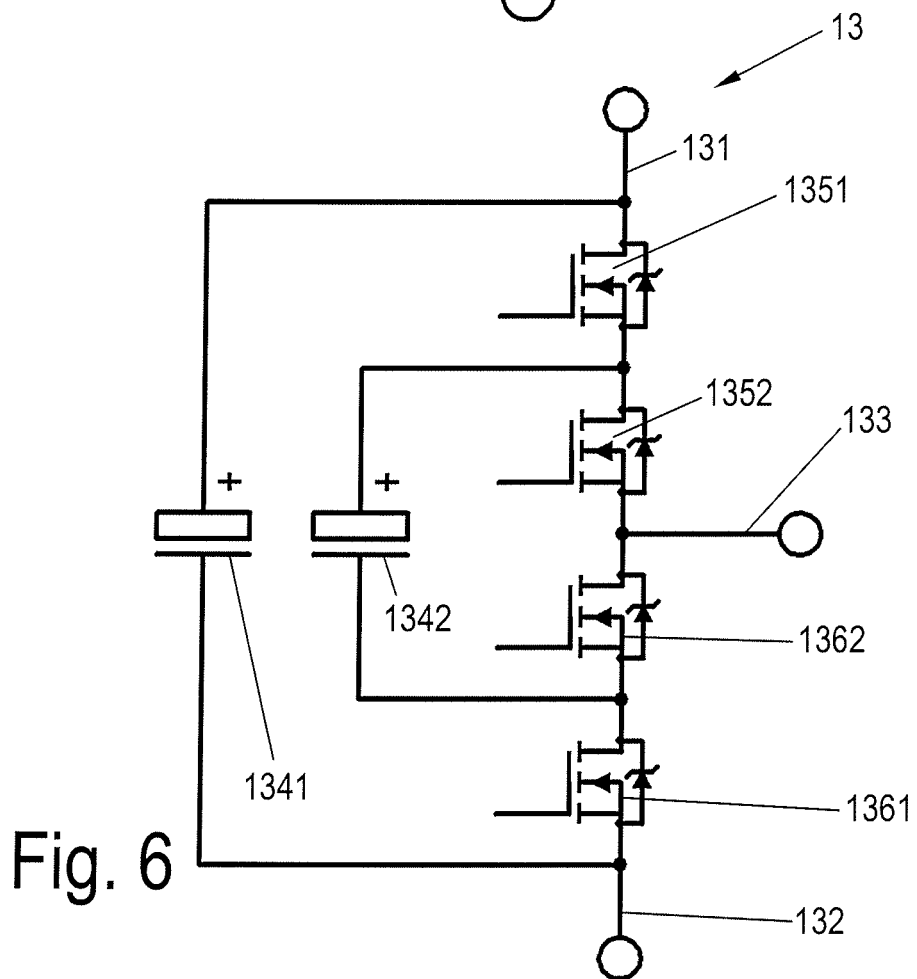
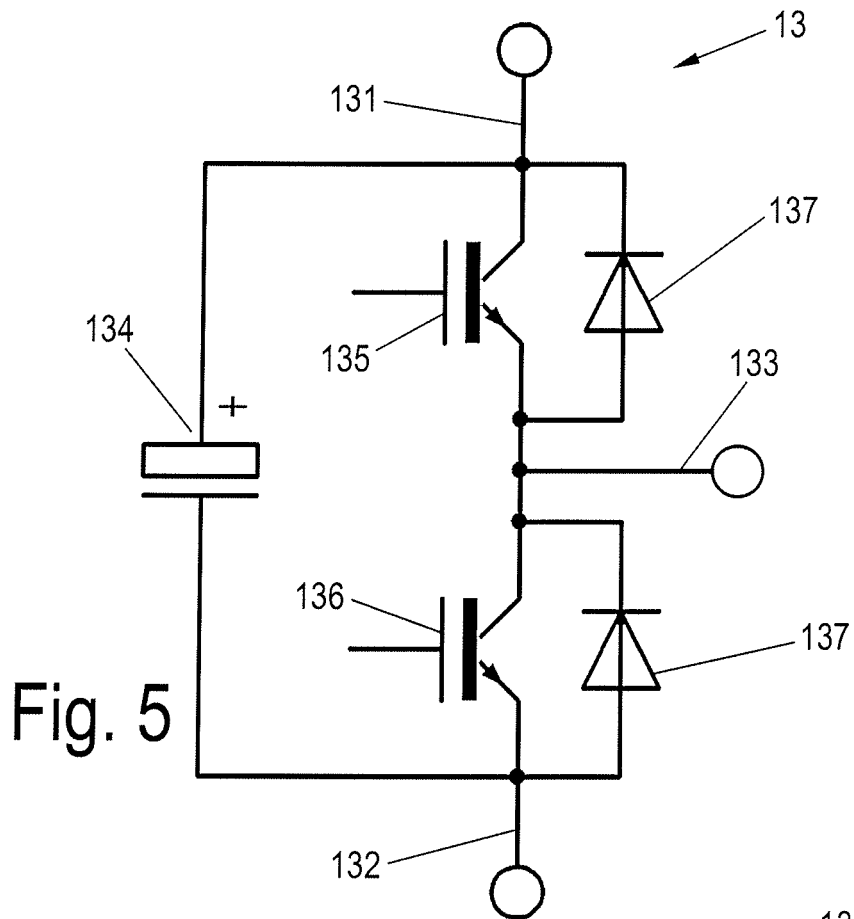


Fig. 4



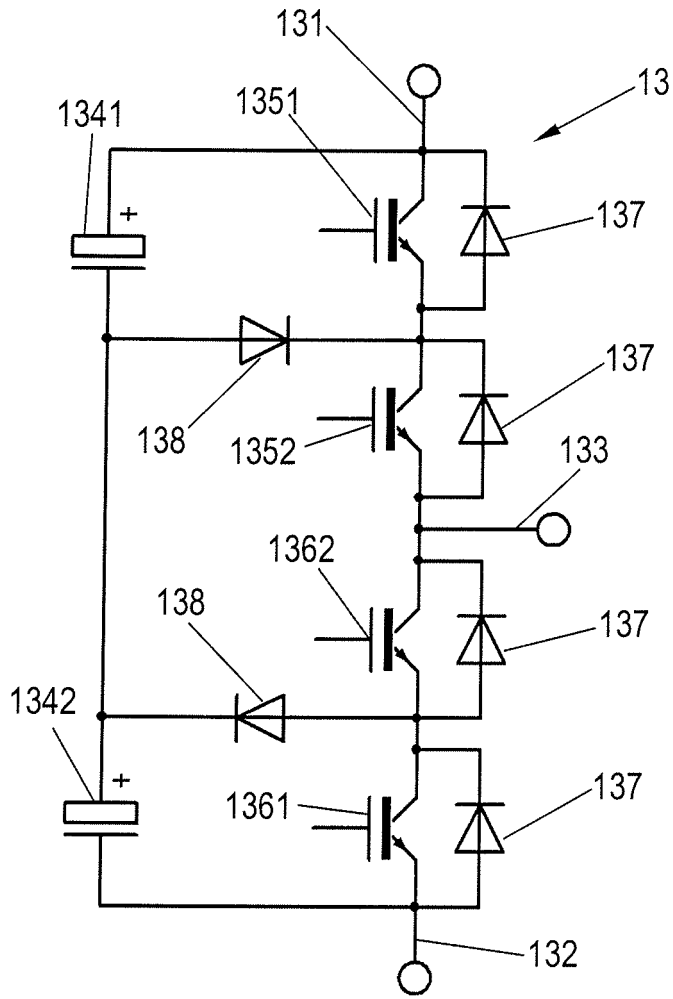


Fig. 7

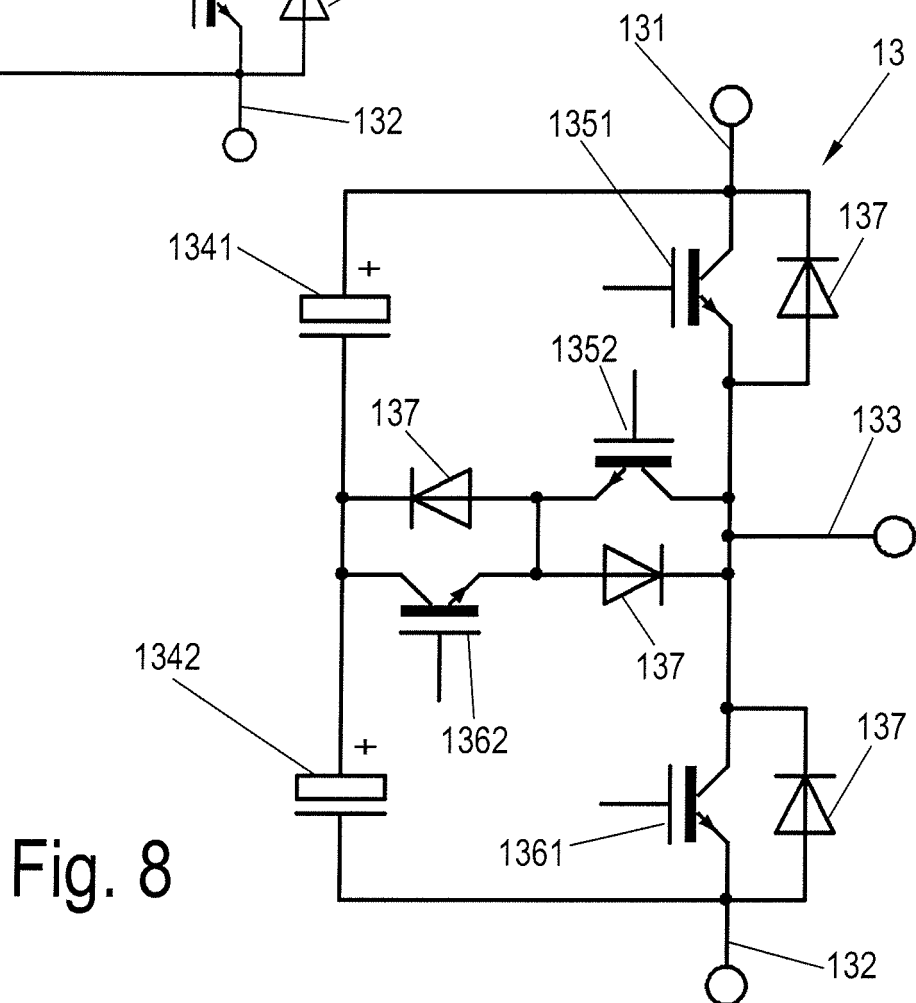


Fig. 8