(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2014 110 758 A1** 2015.01.29

(12) # Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 110 758.6**
(22) Anmeldetag: **29.07.2014**
(43) Offenlegungstag: **29.01.2015**

(51) Int Cl.: ***H02M 1/34*** (2007.01)
H02M 3/156 (2006.01)

(66) Innere Priorität:
10 2013 108 079.0 29.07.2013

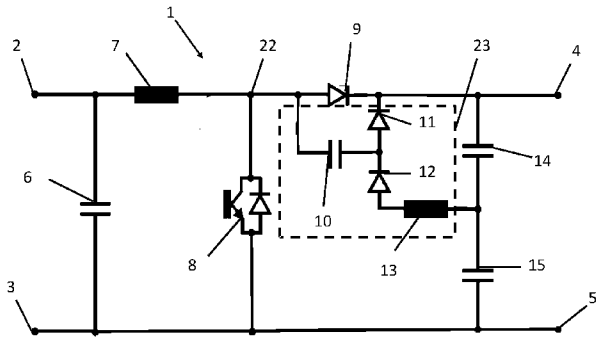
(71) Anmelder:
SMA Solar Technology AG, 34266 Niestetal, DE

(72) Erfinder:
Falk, Andreas, Dipl.-Ing., 34131 Kassel, DE; Willenberg, Mario, 34121 Kassel, DE; Knoke, Raphael, 33098 Paderborn, DE; Stala, Robert, Krakow, PL; Rylko, Marek, Bieslko-Biala, PL; Maslon, Jerzy, Chrzanow, PL; Mondzik, Andrzej, Skarysko Koscielne, PL; Szot, Slawomir, Krosno, PL; Penzcek, Adam, Krakow, PL

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **HOCHSETZSTELLER UND BETRIEBSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Es ist ein Hochsetzsteller (1) offenbart, der eine erste Induktivität (7), die einen ersten Gleichspannungseingang (2) des Hochsetzstellers (1) mit einem ersten Verbindungspunkt (22) elektrisch verbindet, einen Hochsetzstellerschalter (8), der den ersten Verbindungspunkt (22) mit einem zweiten Gleichspannungseingang (3) und einem zweiten Gleichspannungsausgang (5) des Hochsetzstellers (1) verbindet, eine erste Diode (9), die den ersten Verbindungspunkt (22) mit einem ersten Gleichspannungsausgang (4) des Hochsetzstellers (1) verbindet, und eine Ausgangskapazität (14, 15), die zwischen dem ersten und zweiten Gleichspannungsausgang (4, 5) angeordnet ist, umfasst. Der Hochsetzsteller (1) weist weiterhin eine Snubberschaltung (23) mit einem Ladepfad und einem Entladepfad auf, wobei der Entladepfad als Serienschaltung eines Kondensators (10) und einer zweiten Diode (11) vom ersten Verbindungspunkt (22) zum ersten Gleichspannungsausgang (4) verläuft und der Ladepfad von einem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator (10) und der zweiten Diode (11) ausgehend derart eingerichtet ist, dass der Kondensator (10) beim Einschalten des Hochsetzstellerschalters (8) aufgeladen wird. Weiterhin offenbart ist ein Betriebsverfahren für einen solchen Hochsetzsteller, sowie einen Wechselrichter, insbesondere ein photovoltaischer Wechselrichter, der einen solchen Hochsetzsteller aufweist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Hochsetzsteller, sowie ein Betriebsverfahren für einen Hochsetzsteller. Weiterhin betrifft die Erfindung einen Wechselrichter, insbesondere einen photovoltaischen Wechselrichter, mit einem solchen Hochsetzsteller.

[0002] Hochsetzsteller werden insbesondere in photovoltaischen Anlagen zur Anpassung der Gleichspannung einzelner Strings an die Gleichspannung eines gemeinsamen Zwischenkreises verwendet. Wünschenswert ist hierbei ein Betrieb des Hochsetzstellers mit bestmöglichem Wirkungsgrad, um Energieverluste zu vermeiden und den Aufwand zur Kühlung der Komponenten des Hochsetzstellers, insbesondere eines Halbleiterschalters des Hochsetzstellers, zu reduzieren. Es ist beispielsweise aus Resonanzwandlern bekannt, dass ein verlustarmes Schalten des Halbleiterschalters dadurch erreicht werden kann, dass der Schalter zu Zeitpunkten geschaltet wird, in denen der Schalter stromfrei oder spannungsfrei ist. Dies wird als sanftes Schalten bezeichnet.

[0003] Es ist demzufolge Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Hochsetzsteller bereitzustellen mit verbessertem Wirkungsgrad, der es insbesondere ermöglicht, einen Halbleiterschalter des Hochsetzstellers sanft zu schalten.

[0004] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß gelöst durch den Hochsetzsteller des unabhängigen Anspruches 1, sowie durch ein Betriebsverfahren eines Hochsetzstellers gemäß des nebengeordneten Verfahrensanspruches 10 und durch einen Wechselrichter mit erfindungsgemäßen Hochsetzsteller gemäß des nebengeordneten Vorrichtungsanspruches 11. Vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen wiedergegeben.

[0005] Ein erfindungsgemäßer Hochsetzsteller umfasst eine erste Induktivität, die einen ersten Gleichspannungseingang des Hochsetzstellers mit einem ersten Verbindungspunkt elektrisch verbindet, und einen Hochsetzstellerschalter, der den ersten Verbindungspunkt mit einem zweiten Gleichspannungseingang, sowie einem hiermit verbundenen zweiten Gleichspannungsausgang des Hochsetzstellers verbindet. Zusätzlich umfasst der Hochsetzsteller eine erste Diode, die den ersten Verbindungspunkt mit einem ersten Gleichspannungsausgang des Hochsetzstellers verbindet, und eine Ausgangskapazität, die zwischen dem ersten und zweiten Gleichspannungsausgang angeordnet ist. Der Hochsetzsteller weist weiterhin eine Snubberschaltung mit einem Ladepfad und einem Entladepfad auf, wobei der Entladepfad als Serienschaltung eines Kondensators und einer zweiten Diode vom ersten Verbindungspunkt zum ersten Gleichspannungsausgang verläuft und der Ladepfad von einem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode ausgehend derart eingerichtet ist, dass der Kondensator beim Einschalten des Hochsetzstellerschalters aufgeladen wird.

[0006] Durch den Entladepfad, der als Serienschaltung des Kondensators und der zweiten Diode ausgeführt ist, wird erreicht, dass der Strom durch die erste Induktivität zum Zeitpunkt des Ausscheidens des Hochsetzstellerschalters zunächst nicht auf die erste Diode kommutiert, wie dies bei einem konventionellen Hochsetzsteller der Fall wäre, sondern auf den Entladepfad, wodurch der Kondensator entladen wird. Erst nach vollständiger Entladung des Kondensators kommutiert der Strom auf die erste Diode. Durch die temporäre Überbrückung der ersten Diode über den Entladepfad wird ein spannungsfreies, also sanftes Ausschalten des Hochsetzstellerschalters erreicht, was die Schaltverluste erheblich reduziert.

[0007] Das erneute Aufladen des Kondensators erfolgt über den Ladepfad zu Beginn der Einschaltphase des Hochsetzstellerschalters. Je nach Dauer der Einschaltphase kann hierbei ein teilweises Aufladen oder ein vollständiges Aufladen bis auf den Spannungswert des Gleichspannungsausganges erfolgen. In einer vorteilhaften Ausführungsform erfolgt daher die Aufladung des Kondensators mithilfe der Energie der Ausgangskapazität. Es ist aber in einer weiteren Ausführungsform ebenfalls denkbar, die Energie zur Aufladung des Kondensators aus dem Gleichspannungseingang zu entnehmen.

[0008] Der Entladepfad kann parallel zur ersten Diode angeordnet sein. Alternativ ist es aber auch denkbar, dass die zweite Diode als Teil des Entladepfades zwischen dem ersten Gleichspannungsausgang und der ersten Diode angeordnet ist, so dass die erste Diode mit einem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode und damit mit dem ersten Gleichspannungsausgang über die zweite Diode verbunden ist.

[0009] In einer Ausführungsvariante des erfindungsgemäßen Hochsetzstellers umfasst der Entladepfad eine Serienschaltung eines Widerstandes und eines zweiten Schalters, und verbindet den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode mit dem ersten Gleichspannungsausgang. Der Widerstand dient hierbei zur Begrenzung des Ladestromes. In dieser Ausführungsvariante ist der zweite Schalter zum gemeinsamen Einschalten mit dem Hochsetzstellerschalter eingerichtet. In diesem Fall umfasst der Begriff gemeinsames Einschalten, dass der zweite Schalter während der Einschaltphase des Hochsetzstellerschalters zumindest zeitweise eingeschaltet wird. Es ist hierbei auch explizit nicht ausgeschlossen, dass das Einschalten des zweiten Schalters zu einer vorbestimmten Zeitdauer vor dem Einschalten des Hochsetzstellerschalters erfolgt. Bevor-

zugt erfolgt das Einschalten des zweiten Schalters zeitgleich mit dem Einschalten des Hochsetzstellerschalters.

[0010] In einer vorteilhaften Ausführungsform umfasst die Ausgangskapazität eine Serienschaltung eines ersten und eines zweiten Ausgangskondensators, die über einen Zwischenpunkt miteinander verbunden sind. Hierbei umfasst der Entladepfad eine Serienschaltung einer zweiten Induktivität und einer dritten Diode und verbindet den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode mit dem Zwischenpunkt der geteilten Ausgangskapazität. Die zweite Induktivität kann hierbei sowohl mit dem Zwischenpunkt der geteilten Ausgangskapazität als auch mit dem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode verbunden sein. In diesem Fall erfolgt die Aufladung des Kondensators mithilfe der Energie des Ausgangskondensators, der mit dem zweiten Gleichspannungsausgang des Hochsetzstellers verbunden ist. Im Folgenden wird auf diesen Ausgangskondensator als die der Snubberschaltung zugeordnete Ausgangskapazität Bezug genommen.

[0011] Da durch diese Energieentnahme eine ungleiche Spannungsverteilung zwischen dem ersten und dem zweiten Ausgangskondensator verursacht wird, kann der erfindungsgemäße Hochsetzsteller durch eine an steuerbare Ausgleichsschaltung ergänzt werden. Eine solche Ausgleichsschaltung kann mindestens einen Ausgleichsschalter umfassen, der den ersten Gleichspannungsausgang ansteuerbar über die zweite Induktivität mit dem Zwischenpunkt der geteilten Ausgangskapazität verbindet. Zusätzlich kann eine Freilaufdiode oder ein weiterer Schalter zwischen dem Verbindungspunkt der zweiten Induktivität und des Ausgleichsschalters, sowie dem zweiten Gleichspannungsausgang angeordnet sein.

[0012] In einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform, die ohne geteilte Ausgangskapazität auskommt, verbindet der Ladepfad über eine Serienschaltung einer zweiten Induktivität und einer dritten Diode den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der zweiten Diode mit dem zweiten Gleichspannungsausgang. Die zweite Induktivität ist mit der ersten Induktivität magnetisch gekoppelt, zum Beispiel weisen sie einen gemeinsamen Kern auf. Über die magnetische Kopplung erfolgt bei dieser Ausführungsform die Aufladung des Kondensators mithilfe der Energie aus dem Gleichspannungseingangs.

[0013] Um die ungleiche Energieentnahme aus einer geteilten Ausgangskapazität auszugleichen, ist es denkbar, dem Hochsetzsteller einen weiteren Wandler nachzuschalten, der so gesteuert wird, dass er aus dem Kondensator mit der höheren Spannung relativ zum andern Kondensator bevorzugt Energie entnimmt. In einer möglichen Ausführungsform der Erfindung ist beispielsweise am Gleichspannungsausgang des Hochsetzstellers eine sogenannte 3-Level-Brücke, beispielsweise eine NPC-Brücke, angeschlossen, die derart angesteuert wird, dass eine kompensierend Energieentnahme und damit eine Symmetrierung der Spannung zwischen den beiden Ausgangskapazitäten erreicht wird. Selbstverständlich sind auch andere Schaltungen denkbar, die eine kompensierende Energieentnahme aus dem geteilten Zwischenkreis ermöglichen, zum Beispiel eine Versorgungsschaltung für eine Steuereinrichtung des Hochsetzstellers oder eines elektronischen Gerätes, dessen Bestandteil der Hochsetzsteller ist.

[0014] Eine weitere Möglichkeit der Symmetrierung der Spannung an den beiden Ausgangskapazitäten besteht darin, den Hochsetzsteller als symmetrischen Hochsetzsteller mit einer ersten und einer zweiten Teileinheit vorzusehen. Jede der beiden Teileinheiten weist erfindungsgemäß eine Snubberschaltung auf, wobei die Teileinheiten jeweils einer der beiden Ausgangskapazitäten zugeordnet sind. Bei gleicher Dimensionierung des Kondensators und der zweiten Induktivität beider Teileinheiten ergibt sich eine Symmetrierung der Spannung auch bei unterschiedlichen Eingangsspannungen an den beiden Teileinheiten. Andernfalls kann durch eine geeignet gewählte Differenz der Ansteuerfrequenzen der beiden Teileinheiten eine Symmetrierung erreicht werden. Hierbei wird diejenige Teileinheit, die der Ausgangskapazität mit der geringeren Spannung zugeordnet ist, mit einer gegenüber der anderen Teileinheit verringerten Ansteuerfrequenz betrieben. Grundsätzlich kann ein solcher Hochsetzsteller in symmetrischer Ausführung dadurch betrieben werden, dass die Ansteuerfrequenz der ersten Teileinheit relativ zur Ansteuerfrequenz der zweiten Teileinheit in Abhängigkeit der zwischen der ersten und der zweiten Ausgangskapazität bestimmt wird. Auf diese Weise ist es ebenso möglich, anstatt einer Symmetrierung der Ausgangsspannung auch eine gezielte Asymmetrie der Ausgangsspannung einzustellen und aufrechtzuerhalten.

[0015] Es ist somit ein Aspekt der Erfindung, ein Betriebsverfahren des Hochsetzstellers so zu ergänzen, dass eine durch die Snubberschaltung verursachte ungleiche Energieentnahme durch geeignete, insbesondere durch die vorbeschriebenen Maßnahmen zu kompensieren. Idealerweise wird im Rahmen des angepassten Betriebsverfahrens eine Gleichverteilung der Spannung zwischen den in Reihe geschalteten Ausgangskondensatoren angestrebt.

[0016] In einer besonders vorteilhaften Ausführungsform umfasst ein Wechselrichter einen erfindungsgemäßen Hochsetzsteller. Hierbei kann der Wechselrichter insbesondere ein photovoltaischer Wechselrichter sein, der eine Leistung von einem oder mehreren photovoltaischen Generatoren, die

als Gleichspannung am Eingang oder an Eingängen des Hochsetzstellers anliegt, in eine netzkonforme Wechselspannung zur Einspeisung in ein Energieversorgungsnetz umwandelt. Hierbei ist es denkbar, den Hochsetzsteller als symmetrischen Hochsetzsteller mit einer ersten und einer zweiten Teileinheit auszuführen, wobei ein Gleichspannungseingang der ersten Teileinheit mit einem ersten Generator und ein Gleichspannungseingang der zweiten Teileinheit mit einem zweiten, vom ersten Generator unterschiedlichen Generator verbunden wird.

[0017] Wie im Folgenden anhand eines Tiefsetzstellers, eines bidirektionalen Wandlers und eines Inverswandlers beispielhaft gezeigt wird, ist die technische Lehre der Erfindung auf andere Wandlertypen übertragbar. Diese Wandlertypen umfassen als gemeinsame Merkmale eine Induktivität und zwei Schalter, von denen mindestens einer ein aktiver Halbleiterschalter ist. Der andere Schalter kann alternativ auch passiver Schalter, beispielsweise eine Diode, sein. Die Induktivität und die zwei Schalter sind in vorbekannter Weise zwischen den Gleichspannungseingangsanschlüssen und den Gleichspannungsausgangsanschlüssen angeordnet. Die Snubberschaltung umfasst jeweils einen Entladepfad mit einer Reihenschaltung eines Kondensators und einer Diode, und einen Ladepfad, der, ausgehend von einem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator und der Diode, über eine weitere Diode und eine Drossel zu einem Anschluss eines Ausgangskondensators verläuft. Der Entladepfad ist so angeordnet, dass einer der zwei Schalter, insbesondere ein vorhandener passiver Schalter, vom Entladepfad überbrückt wird, so dass beim Öffnen des anderen Schalters im Betrieb ein Wandlerstrom zunächst über den Kondensator statt des einen Schalters geleitet wird, und den Kondensator entlädt. Erst nach vollständiger Entladung des Kondensators wird der eine Schalter bestromt. Beim Schließen des anderen, aktiven Schalters ist der Ladepfad so angeordnet, dass der Kondensator über die Drossel wieder aus der Energie eines Eingangskondensators oder eines Ausgangskondensators geladen wird. Dies ergibt einen resonanzartigen Ladevorgang, bei dem der Stromverlauf eine Sinus-Halbwelle aufweist.

[0018] Im Folgenden wird die Erfindung anhand von Figuren näher erläutert. Die Figuren dienen hierbei der Veranschaulichung von Ausführungsformen der Erfindung, beschränken die Erfindung aber nicht auf die gezeigten Merkmale.

[0019] Fig. 1 zeigt erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers,

[0020] Fig. 2 zeigt eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers,

[0021] Fig. 3 zeigt eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers mit einer Ausgleichsschaltung,

[0022] Fig. 4 zeigt eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers mit magnetisch gekoppelten Induktivitäten

[0023] Fig. 5 zeigt eine fünfte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers mit einem resistiven Ladepfad,

[0024] Fig. 6 zeigt eine sechste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers in symmetrischer Ausführung,

[0025] Fig. 7 zeigt eine siebte Ausführungsform eines des erfindungsgemäßen Hochsetzstellers in symmetrischer Ausführung mit einer gemeinsam genutzten Induktivität,

[0026] Fig. 8 zeigt eine Übertragung der erfinderischen Lehre auf den Fall eines Tiefsetzstellers,

[0027] Fig. 9 zeigt die Übertragung der erfinderischen Lehre auf einen bidirektionale Wandler,

[0028] Fig. 10 zeigt eine symmetrische Ausführung des bidirektionale Wandlers mit zwei Teileinheiten,

[0029] Fig. 11 zeigt die Übertragung der erfinderischen Lehre auf den Fall eines Inverswandler und

[0030] Fig. 12 zeigt eine Ausführungsvariante eines Inverswandlers mit magnetisch gekoppelten Induktivitäten.

[0031] Fig. 1 zeigt eine Schaltungsanordnung für einen Hochsetzsteller **1** mit einem ersten Gleichspannungseingang **2** und einem zweiten Gleichspannungseingang **3**, zwischen denen eine Eingangskapazität **6** angeordnet ist. Zwischen einem ersten Gleichspannungsausgang **4** und einem zweiten Gleichspannungsausgang **5** ist eine Ausgangskapazität in Form einer Serienschaltung eines ersten Ausgangskondensators **14** und eines zweiten Ausgangskondensators **15** angeordnet. Der erste Gleichspannungseingang **2** ist, wie von konventionellen Hochsetzstellern bekannt, über eine erste Induktivität **7** und eine erste Diode **9** mit dem ersten Gleichspannungsausgang **4** verbunden. Ein Verbindungspunkt **22** zwischen der ersten Induktivität **7** und der ersten Diode **9** ist über einen Halbleiterschalter **8** sowohl mit dem zweiten Gleichspannungseingang **3** als auch mit dem zweiten Gleichspannungsausgang **5** verbunden. Zusätzlich weist der Hochsetzsteller **1** eine Snubberschaltung **23** auf, die einen Ladepfad und einen Entladepfad umfasst. Der Entladepfad verläuft ausgehend vom Verbindungspunkt **22** über eine Serienschaltung eines Kondensators **10** und einer zwei-

ten Diode **11** zum ersten Gleichspannungsausgang **4**. Der Ladepfad verbindet einen Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator **10** und der zweiten Diode **11** über eine Serienschaltung einer dritten Diode **12** und einer zweiten Induktivität **13** mit einem Zwischenpunkt zwischen dem ersten Ausgangskondensator **14** und dem zweiten Ausgangskondensator **15**. Die Reihenfolge der Serienschaltung der dritten Diode **12** und der zweiten Induktivität **13** ist beliebig.

[0032] Im Betrieb des Hochsetzstellers **1** ist der Kondensator **10** zu einem Zeitpunkt, zu dem der Halbleiterschalter **8** geöffnet wird, ungefähr auf die doppelte Spannung des Ausgangskondensators **15** geladen. Im Folgenden wird der Strom durch die erste Induktivität **7** über den Kondensator **10** und die zweite Diode **11** zum Gleichspannungsausgang **4** weitergeleitet und entlädt den Kondensator **10**. Wenn der Kondensator **10** entladen ist, kommutiert der Strom auf die erste Diode **9**. Wenn der Halbleiterschalter **8** geschlossen wird, wird der Kondensator **10** mithilfe der Spannung des zweiten Ausgangskondensators **15** über die zweite Induktivität **13**, die dritte Diode **12** und den Halbleiterschalter **8** wieder auf die doppelte Spannung des Kondensators **15** aufgeladen. Dies verläuft als resonanter Ladevorgang, wobei der Ladestrom in der Form etwa einer Sinushalbwelle entspricht. Auf diese Weise erreicht die Snubberschaltung **23**, dass der Halbleiterschalter **8** spannungsfrei oder zumindest mit gegenüber einem konventionellen Hochsetzsteller ohne Snubberschaltung **23** reduzierten Spannungsabfall über den Halbleiterschalter **8** geöffnet werden kann. Weiterhin wird ein verlangsamter Stromanstieg im Schalter **8** beim Einschaltvorgang erreicht. Demzufolge verringern sich die Schaltverluste des Halbleiterschalters **8** und der Wirkungsgrad des Hochsetzstellers **1** wird entsprechend verbessert.

[0033] Der Hochsetzsteller **1** gemäß der Ausführungsform von **Fig.** 2 unterscheidet sich von dem Hochsetzsteller gemäß **Fig.** 1 dadurch, dass anstelle der zweiten Diode **11** eine zweite Diode **16** eingesetzt wird, die zwischen der ersten Diode **9** und dem ersten Gleichspannungsausgang **4** angeordnet ist. Die Wirkungsweise dieser Schaltung ist im Wesentlichen identisch zu Wirkungsweise der Schaltung aus **Fig.** 1.

[0034] Der Hochsetzsteller **1** gemäß der Ausführungsform von **Fig.** 3 enthält zusätzlich zum Hochsetzsteller gemäß **Fig.** 1 eine Ausgleichsschaltung **17**, die einen ersten Ausgleichsschalter **18** und einen zweiten Ausgleichsschalter **19** aufweist, die zwischen dem ersten Gleichspannungsausgang **4** und dem zweiten Gleichspannungsausgang **5** als Serienschaltung angeordnet ist, und an ihrem Mittelpunkt mit der Verbindung mit dem Verbindungspunkt der dritten Diode **12** und der zweiten Induktivität **13** verbunden ist. Der Ausgleichsschalter **19** kann optional lediglich als Diode ausgebildet sein. Die Ausgleichsschaltung dient dazu, die Spannungsverteilung zwischen dem ersten Ausgangskondensator **14** und dem zweiten Ausgangskondensator **15** auf einen gewünschten Wert einzustellen, insbesondere eine Asymmetrie der Spannungsverteilung aufgrund des Betriebs der Snubberschaltung zu kompensieren. Die Ausgleichsschaltung kann statt der Drossel **13** auch eine separate, nicht gezeigte Drossel verwenden, die zusätzlich und unabhängig von der Drossel **13** nur für die Ausgleichsschaltung verwendet wird und über die Ausgleichsschalter **18**, **19** ansteuerbar mit dem Zwischenpunkt der Ausgangskondensatoren **14**, **15** verbunden ist. Alternativ zur gezeigten Schaltung ist es auch denkbar, den Ausgleichsschalter **18** mit dem ersten Gleichspannungseingang **2** zu verbinden und so den Kondensator **15** eingangsseitig nachzuladen.

[0035] Eine weitere, nicht gezeigte Art der Symmetrierung der Spannungsverteilung zwischen den Ausgangskondensatoren besteht darin, an den Ausgang des Hochsetzstellers **1** einen Verbraucher zu platzieren, der die Energie in ungleicher Weise aus den Ausgangskondensatoren entnimmt. In einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist am Ausgang des Hochsetzstellers **1**, inklusive des Verbindungspunktes zwischen den zwei Ausgangskondensatoren **14**, **15**, eine 3-Level-Brücke, beispielsweise ein so genannter NPC-Konverter, angeschlossen. Diese kann so angesteuert werden, dass die Energieentnahme aus den beiden Ausgangskondensatoren die ungleiche Energieverteilung zwischen den Kondensatoren durch den Betrieb des Hochsetzstellers kompensiert.

[0036] **Fig.** 4 zeigt eine Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers **1**, bei dem die Ausgangskapazität lediglich durch einen einzelnen Ausgangskondensator **14** gebildet wird. Der Entladepfad Fall vom Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator **10** und der zweiten Diode **11** über die dritten Diode **12** und die zweite Induktivität **13** zum zweiten Gleichspannungsausgang **5**. Die zweite Induktivität **13** ist mit der ersten Induktivität **7** magnetisch gekoppelt, beispielsweise über einen gemeinsamen Kern. Durch die magnetische Kopplung wird der Kondensator **10** in dieser Ausführungsform mit der Energie der Eingangsseite des Hochsetzstellers **1** während der Einschaltphase des Halbleiterschalters **8** geladen.

[0037] Die Schaltung eines erfindungsgemäßen Hochsetzstellers **1** entsprechend der **Fig.** 5 weist anstelle einer resonanten Snubberschaltung **23** einen Ladepfad auf, der durch die Serienschaltung eines Schalters **21** und eines Widerstandes **20** gebildet wird die Ladung des Kondensators **10** erfolgt in dieser Ausführung durch Schließen des Schalters **21** zu einem Zeitpunkt, zu dem der Halbleiterschalter **8** geschlossen ist. Der Widerstand **20** wird hierbei so dimensioniert, dass der Ladestrom des Kondensators **10** geeignet begrenzt wird, um eine Überlastung des

Schalters **21** oder des Halbleiterschalters **8** zu vermeiden.

[0038] **Fig.** 6 zeigt eine Ausführung eines Hochsetzstellers **1** als symmetrischer Hochsetzsteller mit einer ersten Teileinheit **24** und einer zweiten Teileinheit **25**. Die erste Teileinheit **24** entspricht hierbei der Ausführung gemäß **Fig.** 1. Die zweite Teileinheit **25** ist gegenüber der ersten Teileinheit **24** in Bezug auf den ersten und den zweiten Gleichspannungseingang gespiegelt. Entsprechend sind die Snubberschaltungen der ersten Teileinheit **24** und der zweiten Teileinheit **25** jeweils einem der beiden Ausgangskondensatoren **14**, **15** zugeordnet. Demzufolge kompensiert sich die selektive Energieentnahme der beiden Teileinheiten aus den entsprechend zugeordneten Ausgangskondensatoren, wie oben beschrieben, teilweise oder vollständig. Selbst im Fall, dass an den Gleichspannungseingängen **2**, **3** der ersten Teileinheit **24** bzw. den Gleichspannungseingängen **2'**, **3'** der zweiten Teileinheit **25** unterschiedliche Eingangsspannungen anliegen, ergibt sich diese Kompensation, weil die Asymmetrierung der beiden Kondensatoren **14** und **15** nicht durch einen unterschiedlichen Leistungsumsatz der Teilschaltungen **24** und **25**, sondern durch den Resonanzvorgang und damit durch die Bauteiltoleranzen von **10**, **10´**, **13** und **13´**, sowie durch die Wiederholungsrate des Resonanzvorganges verursacht wird. Der Grad der Kompensation lässt sich demzufolge durch die Wahl der Taktfrequenzen, mit der die beiden Teileinheiten **24**, **25** betrieben werden, einstellen, wobei die Teilschaltung, die dem Kondensator mit der höheren Spannung zugeordnet ist, mit einer größeren Taktfrequenz betrieben werden muss. Die Taktfrequenz der Teileinheit, deren Snubberschaltung dem Ausgangskondensator mit einer unerwünscht hohen Spannung zugeordnet ist, kann erhöht werden, um eine gewünschte Spannungsverteilung zwischen den Ausgangskondensatoren zu erreichen. Dies kann am Beispiel erforderlich werden, weil aufgrund der Bauteiletoleranzen insbesondere der Kondensatoren **10**, **10'** und der zweiten Induktivitäten **13**, **13'** eine ungleiche Energieentnahme aus den beiden Ausgangskondensatoren **14**, **15** im Betrieb entstehen kann.

[0039] **Fig.** 7 zeigt eine Ausführung eines symmetrischen Hochsetzstellers, bei der die zweite Induktivität **13** von beiden Teileinheit gemeinsam genutzt werden kann. Dies ist insbesondere möglich, wenn die beiden Teileinheiten derart versetzt zueinander getaktet werden, dass die Ladephasen der Kondensatoren **10**, **10'** zeitlich nicht überlappen.

[0040] In **Fig.** 8 ist die erfinderische Lehre auf den Fall eines Tiefsetzstellers **80** übertragen. Wie von konventionellen Tiefsetzstellern bekannt, wird ein erster Gleichspannungseingang **2** über eine Serienschaltung einer ersten Induktivität **7** und eines Halbleiterschalters **85** mit einem ersten Gleichspannungsausgang **4** verbunden. Der zweite Gleichspannungseingang **3** ist direkt mit dem zweiten Gleichspannungsausgang **5** verbunden. Zwischen einem Verbindungspunkt **22** zwischen der ersten Induktivität **7** und dem Halbleiterschalter **85** ist eine erste Diode **86** als Verbindung zum ersten Gleichspannungseingang **3** angeschlossen. Zusätzlich wird eine Snubberschaltung **87**, umfassend einen Kondensator **81**, eine zweite Diode **82**, eine dritte Diode **83**, und eine zweite Induktivität **84** in vergleichbarer Weise zum Fall des Hochsetzstellers gemäß **Fig.** 1 an den Verbindungspunkt **22**, den zweiten Gleichspannungseingang **3** und dem Zwischenpunkt der Serienschaltung der geteilten Eingangskondensatoren **14**, **15** angeschlossen. Auch diese Snubberschaltung **87** stellt über den Kondensator **81** und die zweite Diode **82** einen Entladepfad bereit, der parallel zur ersten Diode **86** angeordnet ist. Der Ladepfad verläuft entsprechend über die dritte Diode **83** und die zweite Induktivität **84**, so dass die Energie zur Ladung des Kondensators **81** aus dem der Snubberschaltung **87** zugeordneten Kondensator **14** entnommen wird. Der Betrieb des Tiefsetzstellers **80** entspricht in analoger Weise den Betrieb des Hochsetzstellers **1**. Der Kondensator **81** wird entladen, wenn der Halbleiterschalter **85** geöffnet wird und aus der Kapazität **14** geladen, wenn der Halbleiterschalter **85** geschlossen wird.

[0041] Selbstverständlich ist es möglich, die diversen Varianten, die am Beispiel des Hochsetzstellers **1** in den **Fig.** 2 bis **Fig.** 7 dargestellt sind, in analoger Weise auch auf den Fall des Tiefsetzstellers zu übertragen.

[0042] In **Fig.** 9 wurden die Komponenten des Hochsetzstellers **1** und des Tiefsetzstellers **80** zu einem bidirektionale Wandler **90** kombiniert, der es erlaubt, sowohl als Hochsetzsteller, als auch als Tiefsetzstellers betrieben zu werden. Im Fall des Hochsetzstellers fließt die Energie von den Gleichspannungsanschlüssen **2**, **3** zu den Gleichspannungsseite Schlüssen **4**, **5**, im Fall des Tiefsetzstellers in umgekehrter Richtung. Zwischen den beiden Betriebsmodi kann durch Umstellung der Taktung der Halbleiterschalter **8**, **85** gewechselt werden. In beiden Betriebsmodi kann eine sanfte Schaltung der Halbleiterschalter **8**, **85** erreicht werden. Besonders vorteilhaft ist der Einsatz des bidirektionale Wandlers **90** beispielsweise als hoch effizienter Batteriesteller innerhalb einer Photovoltaikanlage, bei der an den Gleichspannungsanschlüssen **4**, **5** der Zwischenkreis eines Wechselrichters oder ein Photovoltaikgenerator angeschlossen sind, während an den Anschlüssen **2**, **3** eine Batterie angeschlossen ist. Durch Wechsel des Betriebsmodus kann zwischen einer Ladung und einer Entladung der Batterie hin- und her geschaltet werden.

[0043] In **Fig.** 10 ist das Konzept des bidirektionalen Wandlers auf eine symmetrische Ausführungs-

form weiterentwickelt. Der bidirektionale Wandler **100** weist hierbei eine erste Teileinheit **101** und eine zweite Teileinheit **102** auf, die zueinander spiegelbildlich in Bezug auf die Gleichspannungsanschlüsse ausgebildet sind.

[0044] Die erfinderische Lehre ist ebenfalls auf den Fall eines Inverswandlers **110** anwendbar, wie dies in **Fig.** 11 gezeigt ist. Wie aus konventionellen Inverswandlern bekannt, wird ein erster Gleichspannungseingang **2** über eine Serienschaltung eines Halbleiterschalters **111** und einer ersten Diode **112** mit einem ersten Gleichspannungsausgang **4** verbunden. Der zweite Gleichspannungseingang **3** ist wiederum direkt mit dem zweiten Gleichspannungsausgang **5** verbunden. Eine erste Induktivität **114** verbindet den ersten Gleichspannungseingang **3** mit einem Verbindungspunkt **22** zwischen dem Halbleiterschalter **111** und der ersten Diode **112**. Zusätzlich sind zwei serienverschaltete Kapazitäten **115**, **116** zwischen dem ersten Gleichspannungseingang **2** und dem ersten Gleichspannungsausgang **4** angeordnet. Eine Snubberschaltung **121**, umfassend einen Kondensator **113**, eine zweite Diode **118** und eine dritte Diode **117**, ist wiederum zwischen dem Verbindungspunkt **22**, dem ersten Gleichspannungsausgang **4** und dem Zwischenpunkt zwischen den beiden Kapazitäten **115**, **116** angeordnet. Auch hier stellt die Snubberschaltung **23** einen Entladepfad über den Kondensator **113** und die zweite Diode **118**, sowie einen Ladepfad über die zweite Induktivität **119** und die dritte Diode **117** zur Verfügung. Der Kondensator **113** wird entladen durch Öffnen des Halbleiterschalters **111** und aus der Kapazität **115** wieder geladen, wenn der Halbleiterschalter **111** geschlossen wird.

[0045] In **Fig.** 12 ist schließlich eine Variante des Inverswandlers **110** mit magnetischer Kopplung zwischen der ersten Induktivität **114** und der zweiten Induktivität **120** gezeigt. Auch die Ausführung der erfindungsgemäßen technischen Lehre auf den Fall des Inverswandlers kann mit den für den Fall des Hochsetzstellers offenbarten weiteren Varianten ausgestaltet und ergänzt werden. Insbesondere die beschriebenen Verfahrensweisen zur Kompensation einer unerwünschten Kondensator-Spannungsverteilung lassen sich vorteilhaft auf diesen Anwendungsfall übertragen.

[0046] Die Erfindung ist hierbei nicht auf die explizit gezeigten Ausführungsformen beschränkt, sondern kann in vielfacher Art und Weise abgewandelt, insbesondere mit anderen gezeigten oder dem Fachmann bekannten Ausführungsformen kombiniert werden.

Bezugszeichenliste

1	Hochsetzsteller
2, 3, 2‘, 3‘	Gleichspannungseingang
4, 5	Gleichspannungsausgang
6, 6‘	Eingangskapazität
7, 7‘	Induktivität
8, 8‘	Halbleiterschalter
9, 9‘	Diode
10, 10‘	Kondensator
11, 12, 11‘, 12‘	Diode
13, 13‘	Induktivität
14, 15	Ausgangskondensator
16	Diode
17	Ausgleichsschaltung
18, 19	Ausgleichsschalter
20	Widerstand
21	Schalter
22, 22‘	Verbindungspunkt
23	Snubberschaltung
24,25	Teileinheit
80	Tiefsetzsteller
81	Kondensator
82, 83, 86	Diode
84	Induktivität
85	Halbleiterschalter
90, 100	Bidirektionaler Wandler
101, 102	Teileinheit
110	Inverswandler
111	Halbleiterschalter
112, 117, 118	Diode
113	Kondensator
114, 119, 120	Induktivität
115, 116	Kapazität
121	Snubberschaltung

Patentansprüche

1. Hochsetzsteller (**1**), umfassend:
– eine erste Induktivität (**7**, **7‘**), die einen ersten Gleichspannungseingang (**2**) des Hochsetzstellers (**1**) mit einem ersten Verbindungspunkt (**22**) elektrisch verbindet,
– einen Hochsetzstellerschalter (**8**), der den ersten Verbindungspunkt (**22**) mit einem zweiten Gleichspannungseingang (**3**) und einem zweiten Gleichspannungsausgang (**5**) des Hochsetzstellers (**1**) verbindet,
– einer ersten Diode (**9**), die den ersten Verbindungspunkt (**22**) mit einem ersten Gleichspannungsausgang (**4**) des Hochsetzstellers (**1**) verbindet, und
– eine Ausgangskapazität (**14**, **15**), die zwischen dem ersten und zweiten Gleichspannungsausgang (**4**, **5**) angeordnet ist,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Hochsetzsteller (**1**) weiterhin eine Snubberschaltung (**23**) mit einem Ladepfad und einem Entladepfad aufweist, wobei der Entladepfad als Serienschaltung

eines Kondensators (**10**) und einer zweiten Diode (**11**) vom ersten Verbindungspunkt (**22**) zum ersten Gleichspannungsausgang (**4**) verläuft und der Ladepfad von einem Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator (**10**) und der zweiten Diode (**11**) ausgehend derart eingerichtet ist, dass der Kondensator (**10**) beim Einschalten des Hochsetzstellerschalters (**8**) aufgeladen wird.

2. Hochsetzsteller nach Anspruch 1, wobei der Ladepfad zur Aufladung des Kondensators (**10**) aus der Ausgangskapazität (**14**, **15**) eingerichtet ist.

3. Hochsetzsteller nach Anspruch 1 oder 2, wobei die erste Diode (**9**) über die zweite Diode (**11**) mit dem ersten Gleichspannungsausgang (**4**) des Hochsetzstellers (**1**) verbunden ist.

4. Hochsetzsteller nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Entladepfad parallel zur ersten Diode (**9**) angeordnet ist.

5. Hochsetzsteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Ladepfad den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator (**10**) und der zweiten Diode (**11**) mit dem ersten Gleichspannungsausgang (**4**) über eine Serienschaltung eines Widerstandes (**20**) und eines zweiten Schalters (**21**) verbindet, wobei der zweite Schalter (**21**) zum gemeinsamen Einschalten mit dem Hochsetzstellerschalter (**8**) eingerichtet ist.

6. Hochsetzsteller nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Ausgangskapazität (**14**, **15**) eine Serienschaltung eines ersten und eines zweiten Ausgangskondensators (**14**, **15**) mit einem Zwischenpunkt umfasst, und wobei der Ladepfad eine Serienschaltung einer zweiten Induktivität (**13**) und einer dritten Diode (**12**) umfasst und den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator (**10**) und der zweiten Diode (**11**) mit dem Zwischenpunkt des ersten und zweiten Ausgangskondensators (**14**, **15**) verbindet.

7. Hochsetzsteller nach Anspruch 6, wobei ein Zwischenpunkt zwischen der zweiten Induktivität (**13**) und der dritten Diode (**12**) über eine ansteuerbare Ausgleichsschaltung (**17**) mit dem ersten und dem zweiten Gleichspannungsausgang (**4**, **5**) verbunden ist.

8. Hochsetzsteller nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei der Ladepfad eine Serienschaltung einer zweiten Induktivität (**13**) und einer dritten Diode (**12**) umfasst und den Verbindungspunkt zwischen dem Kondensator (**10**) und der zweiten Diode (**11**) mit dem zweiten Gleichspannungsausgang (**4**) verbindet, und wobei die erste Induktivität (**7**) mit der zweiten Induktivität (**13**) magnetisch gekoppelt ist.

9. Hochsetzsteller nach einem der vorangehenden Ansprüche, ausgeführt als symmetrischer Hochsetzsteller mit einer ersten und einer zweiten Teileinheit (**24**, **25**).

10. Betriebsverfahren für einen Hochsetzsteller nach Anspruch 9, wobei die Ausgangskapazität eine Serienschaltung eines ersten und eines zweiten Ausgangskondensators (**14**, **15**) mit einem Zwischenpunkt umfasst, und wobei eine Ansteuerfrequenz der ersten Teileinheit (**24**) relativ zu einer Ansteuerfrequenz der zweiten Teileinheit (**25**) in Abhängigkeit der Spannungsverteilung zwischen dem ersten Ausgangskondensator (**14**) und dem zweiten Ausgangskondensator (**15**) bestimmt wird.

11. Wechselrichter, insbesondere photovoltaischer Wechselrichter, umfassend einen Hochsetzsteller (**1**) nach einem der Ansprüche 1 bis 9.

12. Wechselrichter nach Anspruch 11, wobei der Hochsetzsteller (**1**) als symmetrischer Hochsetzsteller mit einer ersten und einer zweiten Teileinheit (**24**, **25**) ausgeführt ist, wobei ein Gleichspannungseingang (**2**, **3**) der ersten Teileinheit (**24**) zur Verbindung mit einem ersten Generator und ein Gleichspannungseingang (**2‘**, **3‘**) der zweiten Teileinheit (**25**) zur Verbindung mit einem zweiten, vom ersten Generator unterschiedlichen Generator eingerichtet ist.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

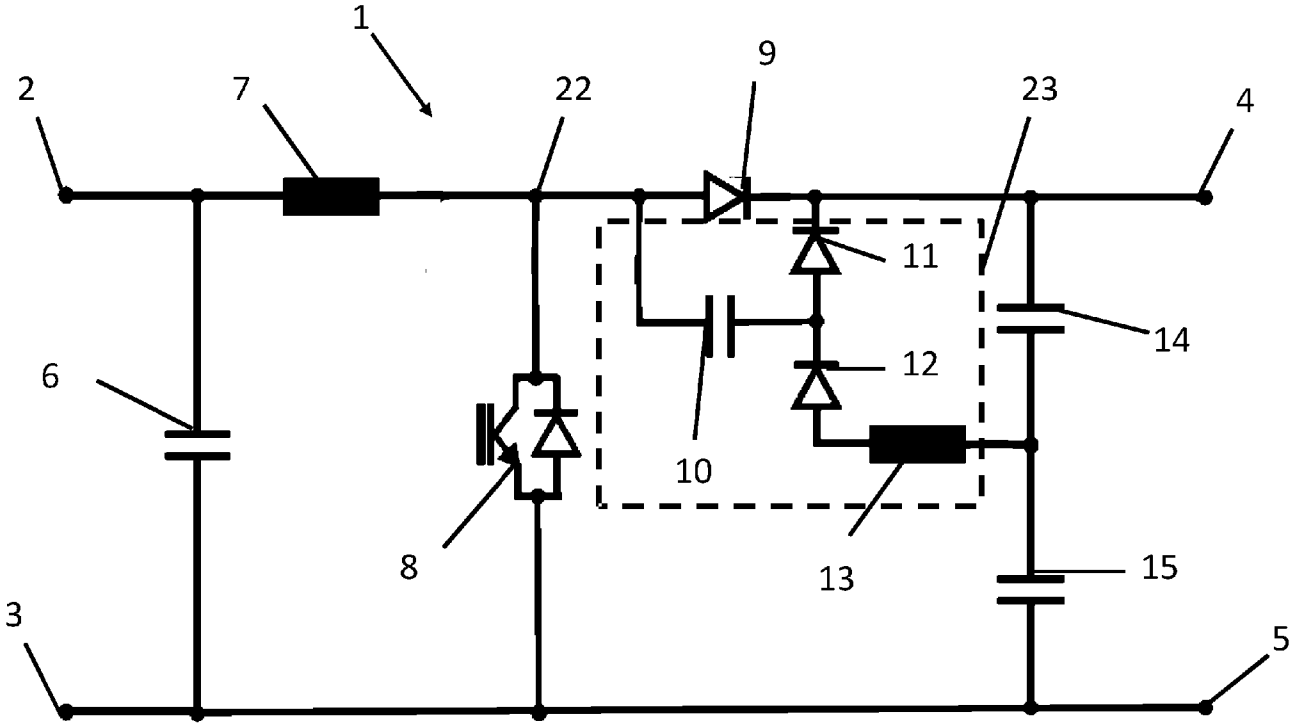


Fig. 1

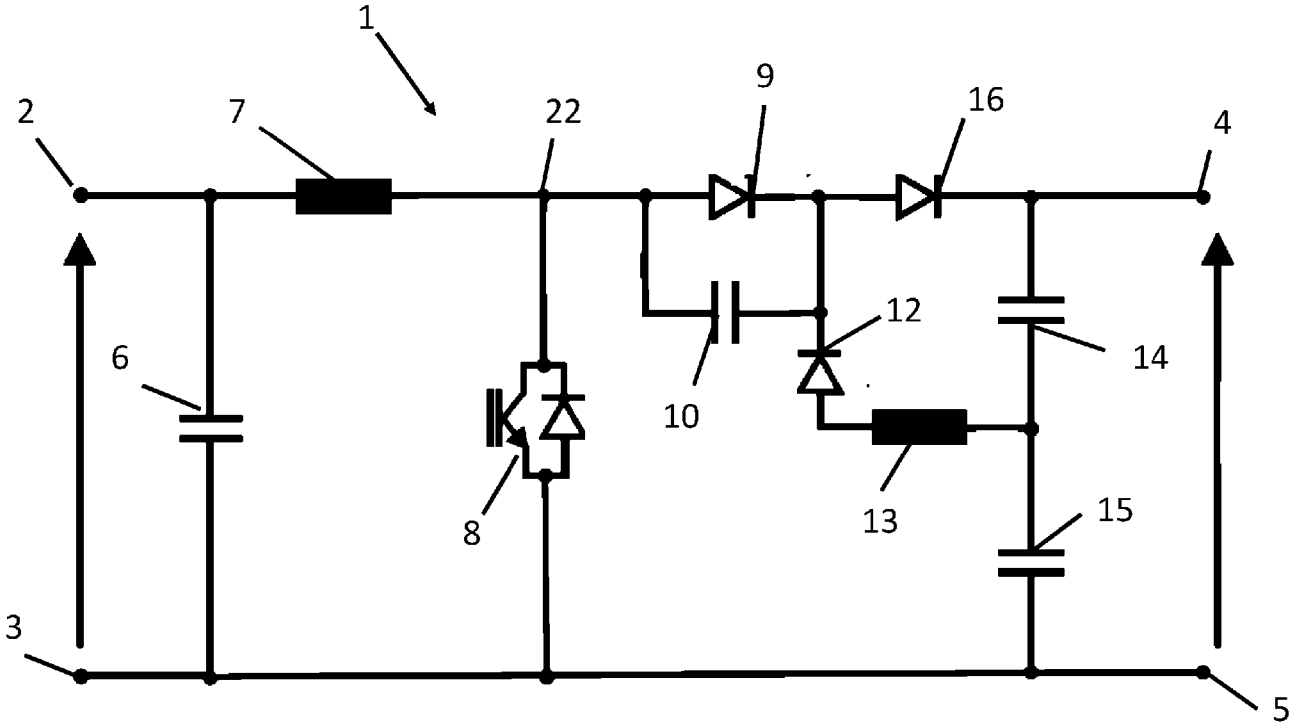


Fig. 2

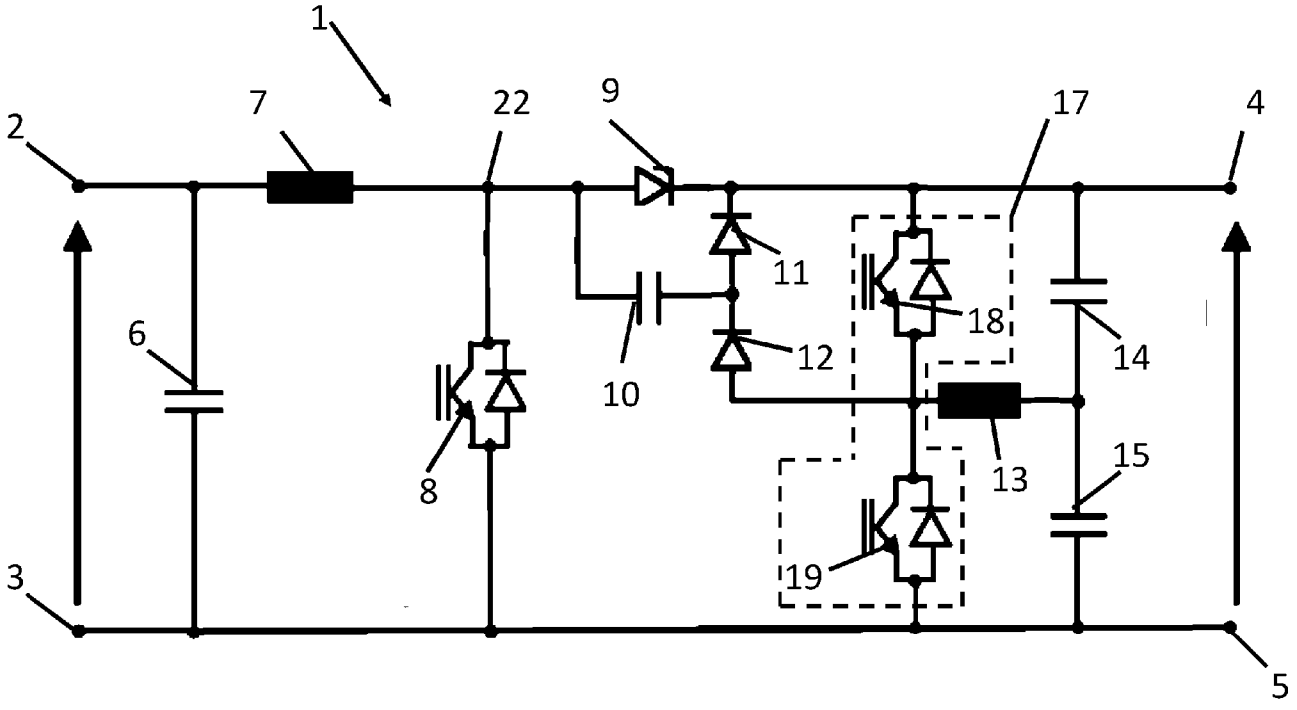


Fig. 3

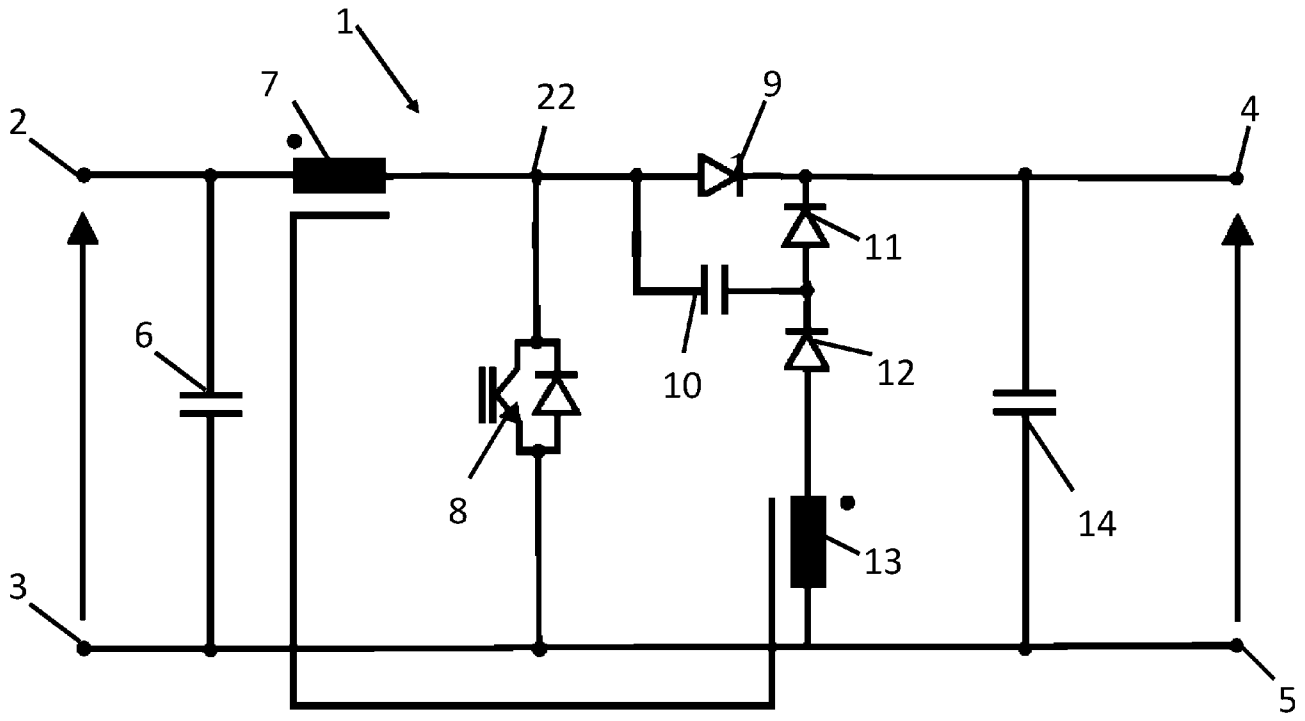


Fig. 4

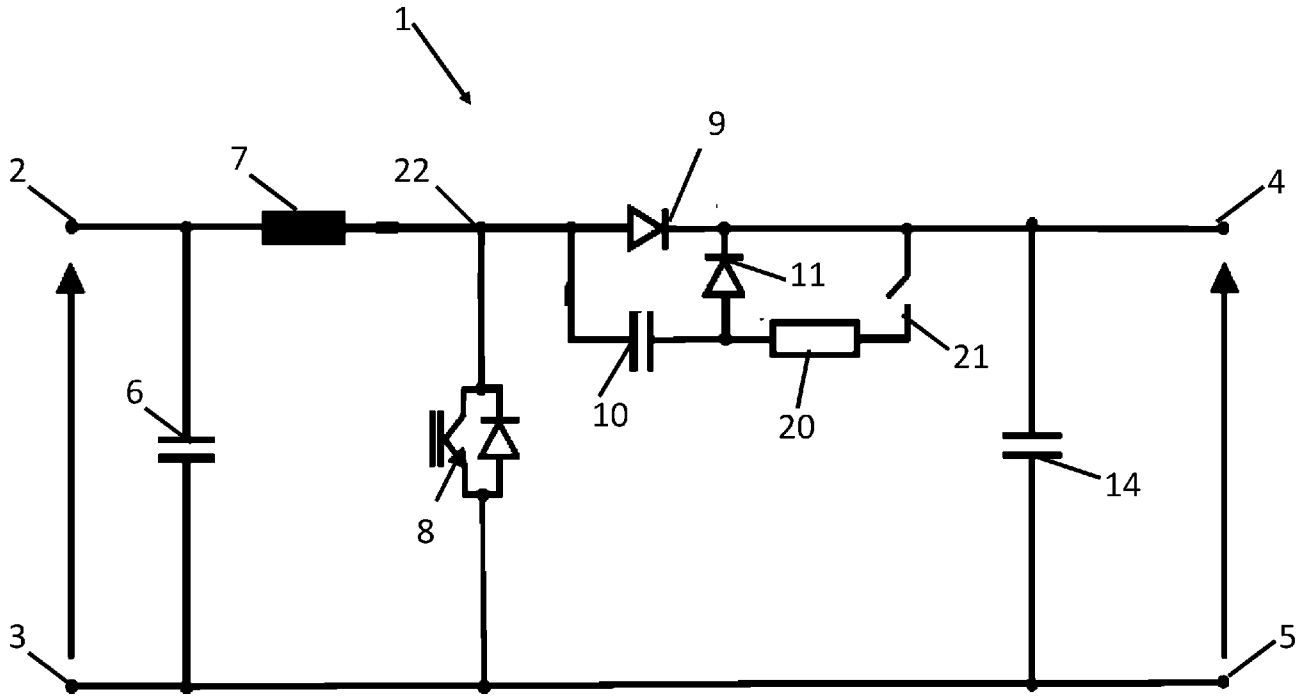


Fig. 5

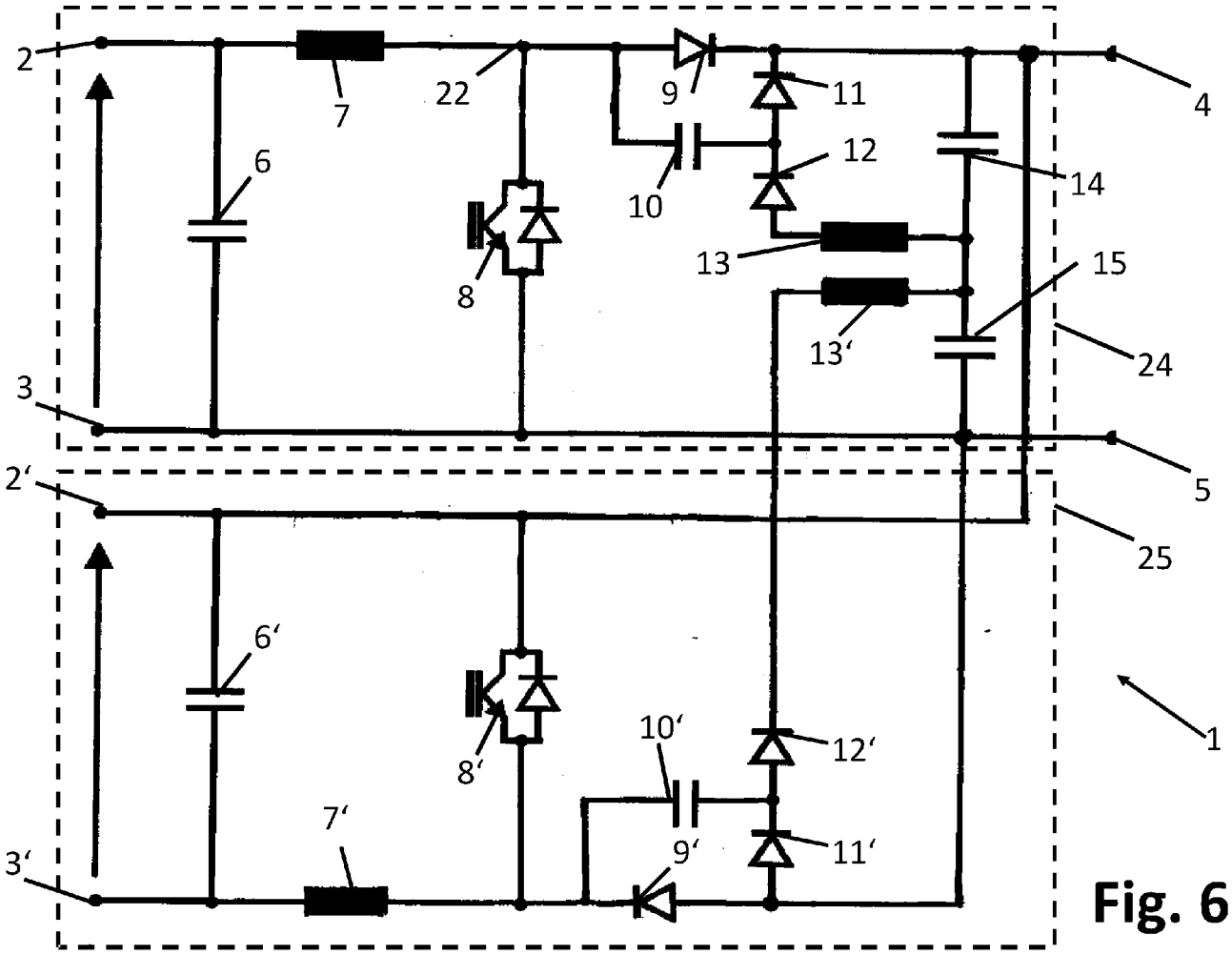


Fig. 6

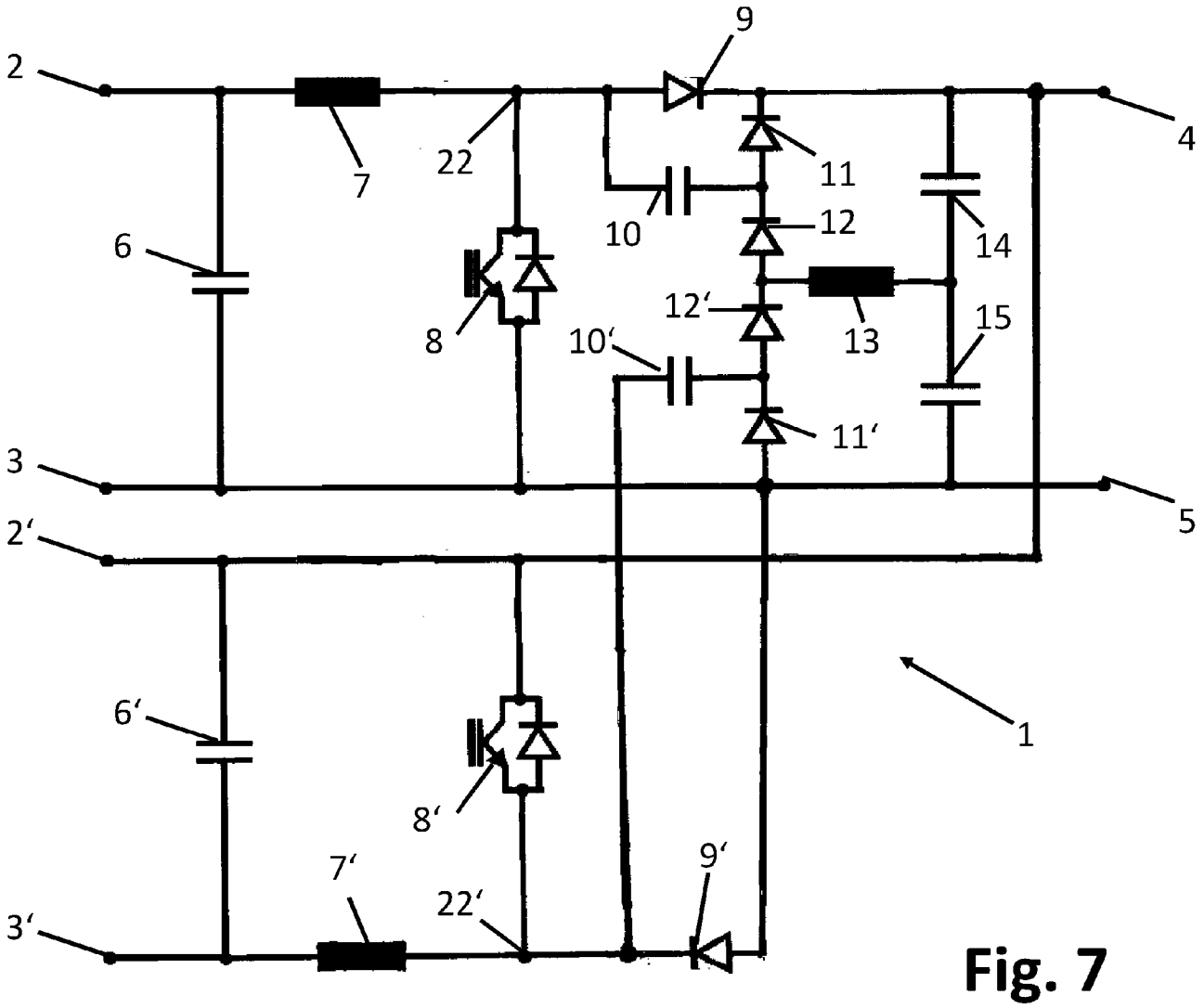


Fig. 7

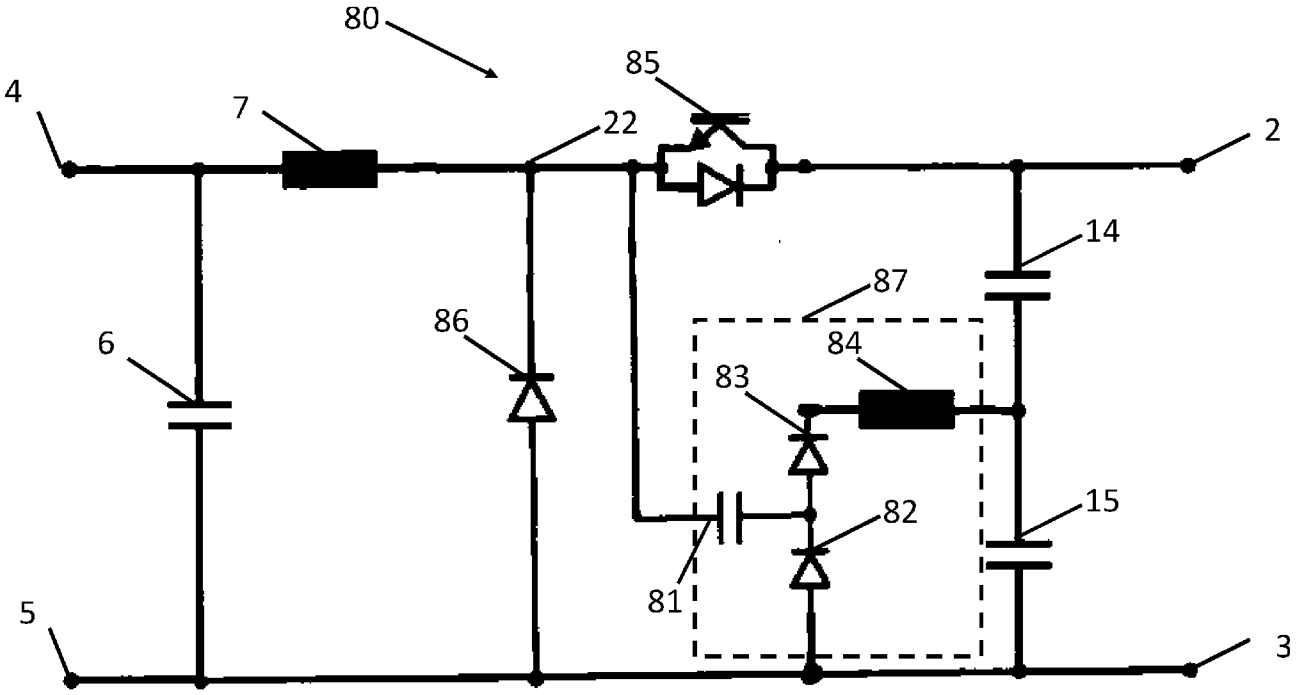


Fig. 8

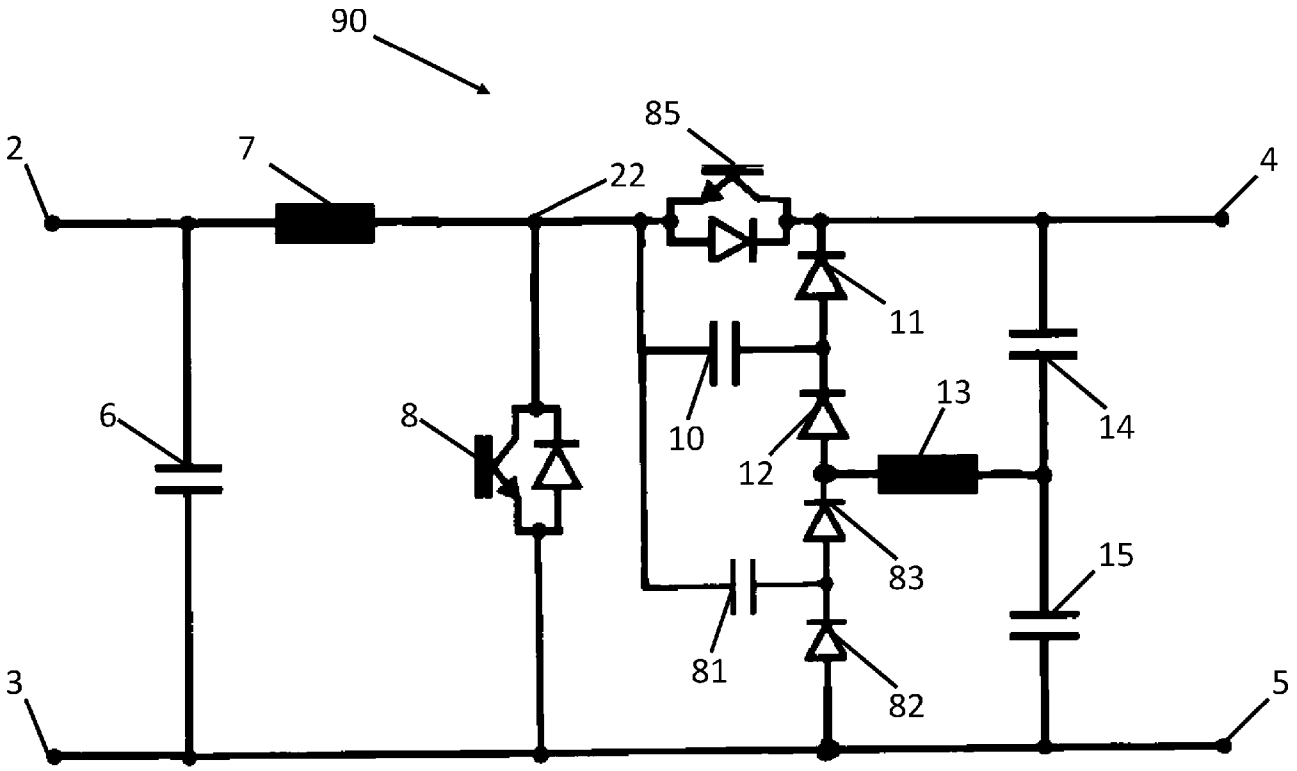


Fig. 9

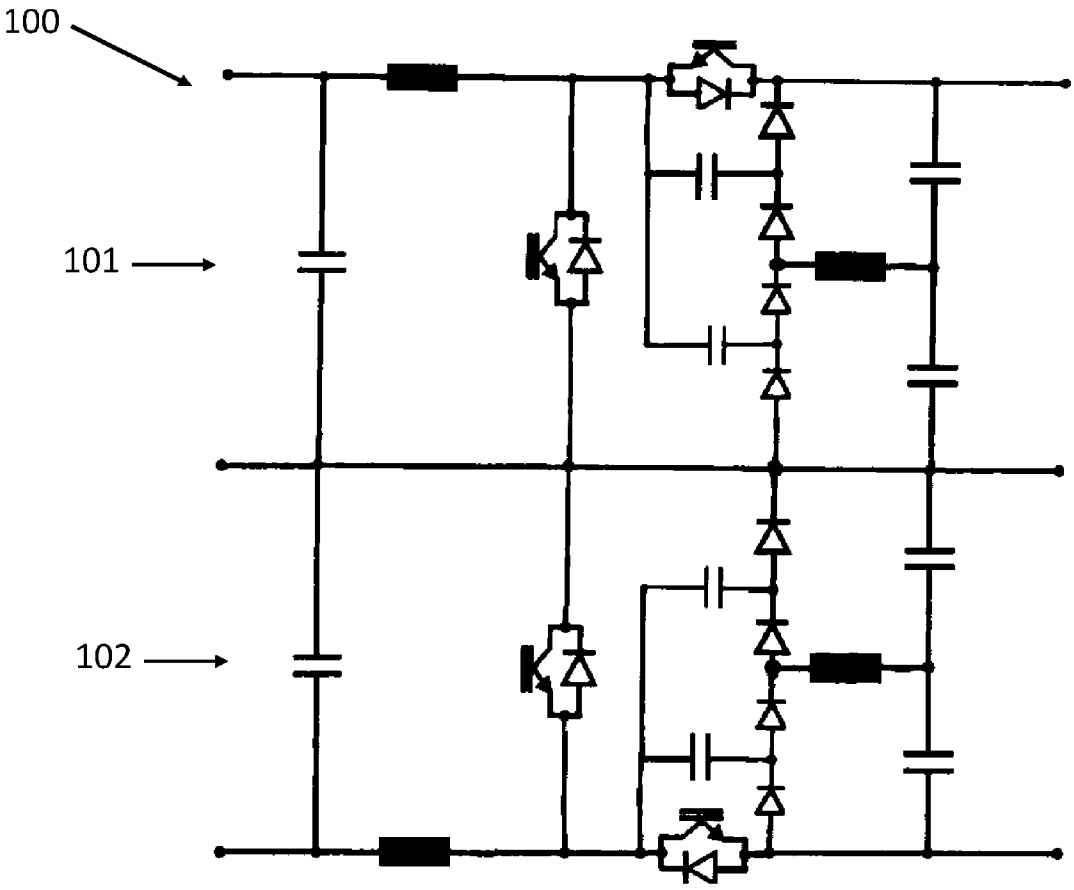


Fig. 10

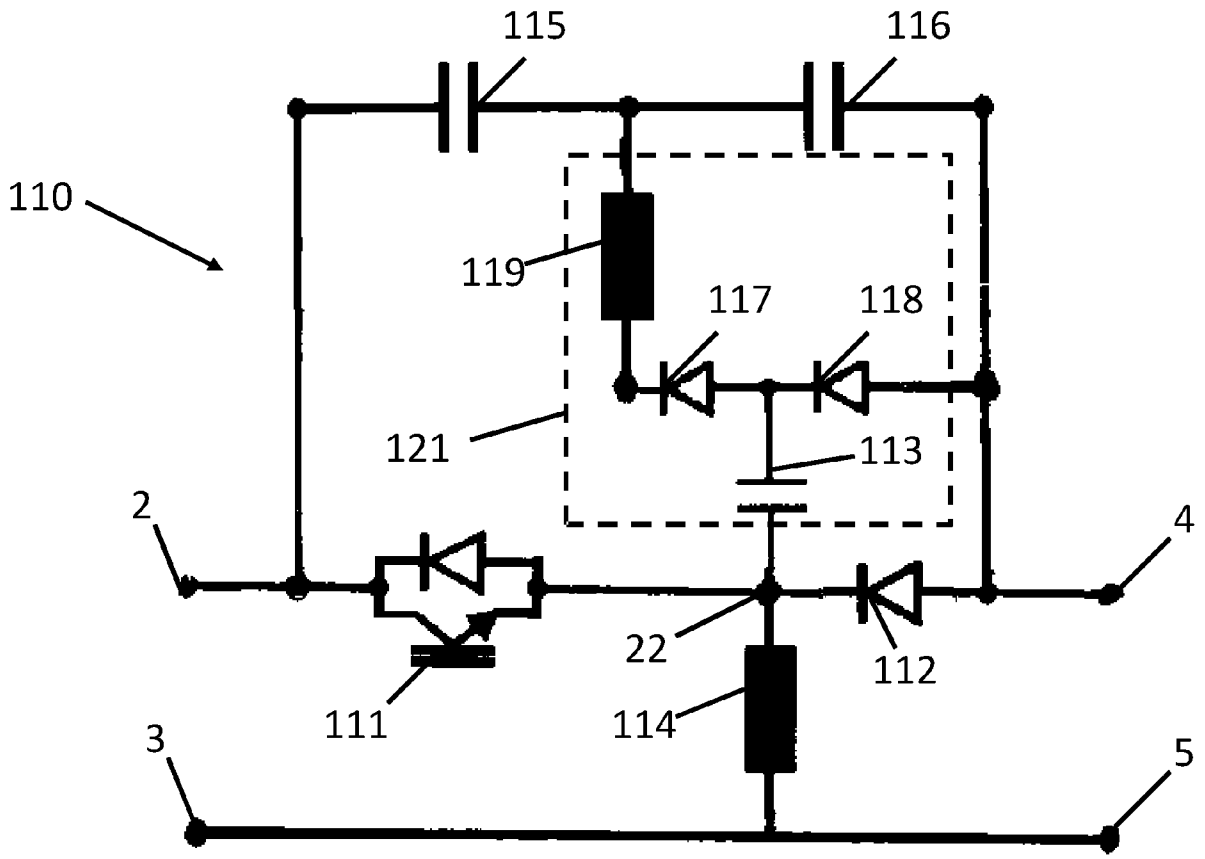


Fig. 11

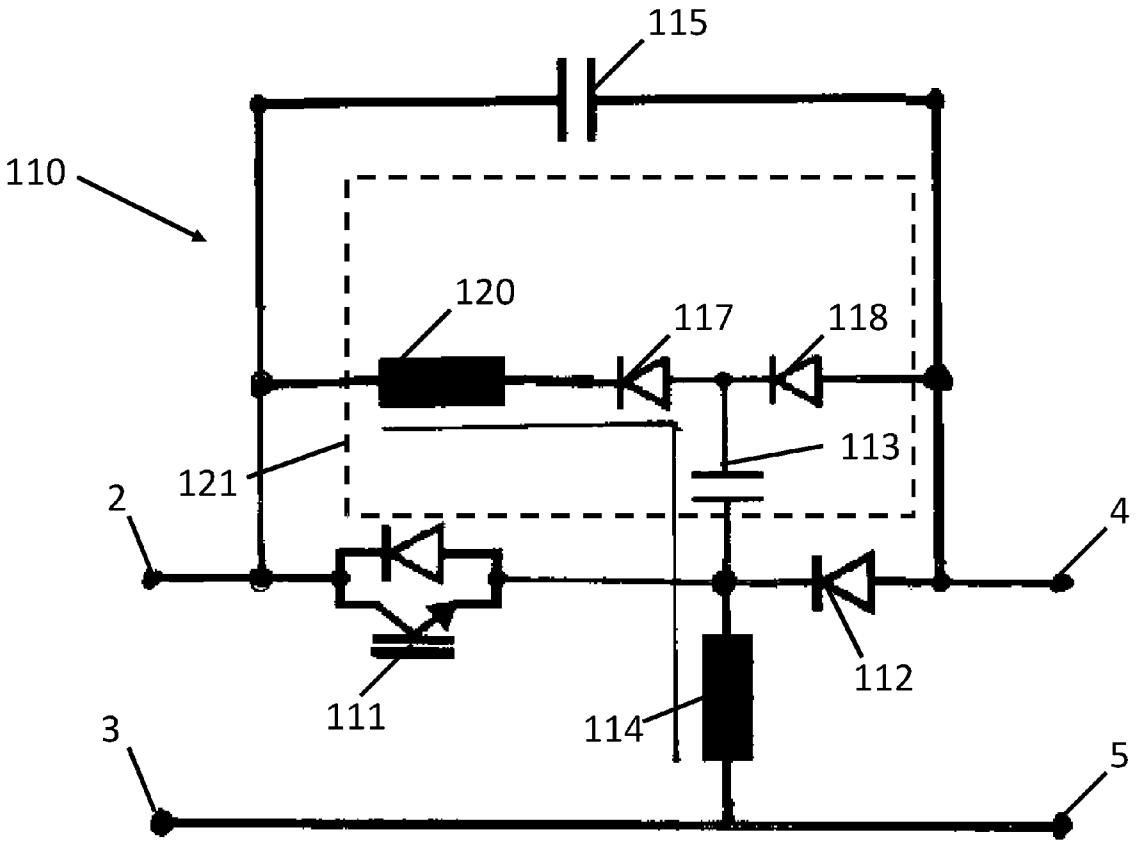


Fig. 12