



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

704 460 A2

(51) Int. Cl.: H02M 1/32 (2007.01)
H02M 3/26 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00246/11

(22) Anmeldedatum: 11.02.2011

(43) Anmeldung veröffentlicht: 15.08.2012

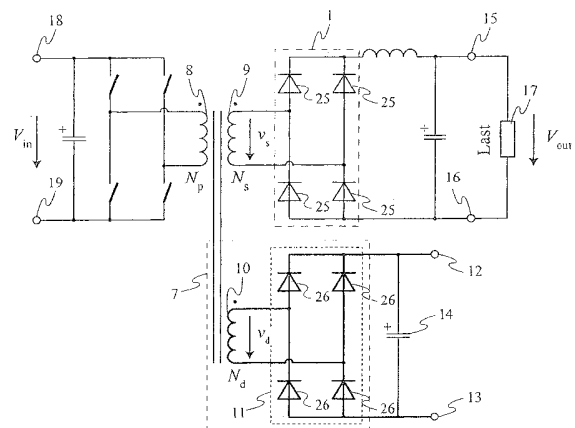
(71) Anmelder:
ETH Zürich ETH Transfer, HG E 47-49 Rämistrasse 101
8092 Zürich ETH-Zentrum (CH)

(72) Erfinder:
Uwe Badstübner, 8006 Zürich (CH)
Johann Miniböck, 3752 Walkenstein (AU)
Johann Walter Kolar, 8044 Zürich (CH)

(74) Vertreter:
Frei Patentanwaltsbüro, Postfach 1771
8032 Zürich (CH)

(54) Verfahren zur Begrenzung von Überspannungen an den Ausgansdioden eines potentialgetrennten DC/DC-Konverter.

(57) Ein Zweipulsleichrichter (1) ist durch mindestens eine Sekundärwicklung (9) eines Transformators gespeist, weist mindestens zwei Gleichrichterelemente (25) auf und ist zum Speisen einer Last (17) mit Gleichspannung angeordnet. Dabei weist der Zweipulsleichrichter (1) eine Entlastungsschaltung (7) zur Reduktion von Überspannungen an den Gleichrichterelementen (25) auf, wobei die Begrenzungsschaltung (7) eine Begrenzungswicklung (10) und einen Begrenzungsbrückengleichrichter (11) aufweist, die Begrenzungswicklung (10) mit der mindestens einen Sekundärwicklung (9) magnetisch gekoppelt ist, und der Gleichspannungsausgang (12, 13) des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) an eine Gleichspannungssenke geschaltet ist.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft das Gebiet der Überspannungsbegrenzung bei Gleichrichterelementen des Ausgangsgleichrichters eines potentialgetrennten DC/DC-Konverters resultierend aus Diodenrückströmen, Trafo-Streuinduktivitäten und parasitären Dioden-Sperrschichtkapazitäten. Die Erfindung bezieht sich auf eine Begrenzungsschaltung und ein Verfahren gemäss den Oberbegriff der entsprechenden unabhängigen Patentansprüche.

STAND DER TECHNIK

[0002] Überspannungsbegrenzungsschaltungen werden in leistungselektronischen Systemen eingesetzt, um das Überspringen der Sperrspannung nach dem Abkommutieren von Gleichrichterelementen, d.h. nach dem Abriss des Rückstromes, zu limitieren. Diese Limitierung ist insbesondere für Gleichrichterschaltungen wichtig, welche ein- und ausgangsseitig mit eingepprägtem Strom arbeiten, womit die an den Dioden auftretende Sperrspannung transient hohe Werte annehmen kann. Eine derartige Situation ist beispielsweise für eine ausgangsseitige Diodenbrücke eines potentialgetrennten Vollbrücken-DC/DC-Konverters gegeben, an welcher wechsellspannungsseitig die Trafosekundärwicklung anliegt (Stromeinprägung durch die Streuinduktivität) und welche gleichspannungsseitig mit der Ausgangsinduktivität des Konverters verbunden ist. Bei Wechsel des Leitzustandes der Diodenbrücke tritt in den zuletzt stromführenden Dioden ein Rückstrom auf, welcher sich, wenn die Dioden ihre Sperrfähigkeit erreichen, nur mehr über deren Sperrschichtkapazitäten schliessen kann. Es resultiert somit eine Schwingung zwischen Streuinduktivität und den parasitären Sperrschichtkapazitäten und typischerweise eine hohe Amplitude der Spannung an den Sperrschichtkapazitäten, was direkt einer hohen Sperrspannungsbelastung der Dioden entspricht und ohne weitere Massnahmen eine spannungsmässige Überdimensionierung der Dioden erfordern würde. Die Überdimensionierung findet in einem schlechteren Rückwärtserholverhalten der Dioden Ausdruck, d.h. in höheren Schaltverlusten und einem höheren Durchlassspannungsabfall, und ist daher vorteilhaft durch geeignete Schaltungsmassnahmen, d.h. Spannungsbegrenzungsschaltungen (im Weiteren kurz als Begrenzungsschaltung bezeichnet), zu unterbinden. Die Funktion der Spannungsbegrenzung kann dabei auch durch Entlastungsschaltungen übernommen werden, deren Hauptfunktion die Schaltentlastung von Leistungshalbleitern ist.

[0003] Prinzipiell gibt es zwei Kategorien von Begrenzungsschaltungen. Zu der ersten Kategorie zählen Begrenzungsschaltungen, bei denen die Schwingungsenergie in Wärme umgewandelt wird, beispielsweise mittels eines elektrischen Widerstandes in einer RCD-Begrenzungsschaltung. Die zweite Kategorie umfasst (quasi) verlustfreie Begrenzungsschaltungen, bei denen die Schwingungsenergie abgebaut wird und zur weiteren Verwendung zur Verfügung steht, beispielsweise zum Ausgang des Systems transferiert wird.

[0004] Bei leistungselektronischen Systemen mittlerer und höherer Leistung werden bevorzugt verlustfreie Begrenzungsschaltungen eingesetzt, um die Systemeffizienz zu erhöhen und das Kühlervolumen zu verringern.

[0005] Überspannungen infolge nicht-idealer Stromkommutierung treten insbesondere auch an den Gleichrichterelementen eines Zweipulsleichrichters auf, welche beispielsweise in potentialgetrennten DC/DC-Konvertern mit LC-Ausgangsfiler 3 weit verbreitet sind. Dieser Zweipulsleichrichter kann, wie in Fig. 1 gezeigt, als Brückengleichrichter 1 oder, wie in Fig. 2 gezeigt, durch einen Mittelpunktleichrichter 2 realisiert sein.

[0006] In Fig. 3 ist eine Begrenzungs- bzw. Entlastungsschaltung 4 für die Gleichrichterdioden eines Zweipulsleichrichters, bestehend aus einem Kondensator, einer Diode und einem aktiv steuerbaren Leistungsschalter, gemäss des Europäischen Patents EP0 614 267 B1 «Lossless Active Snubber for Half-Bridge Output Rectifiers» gezeigt. Der Zweipulsleichrichter wurde in EP0614267B1 als Mittelpunktleichrichter 2 ausgeführt.

[0007] Eine Begrenzungsschaltung 5 zur Reduzierung von Überspannungen gemäss Fig. 4 wurde in J. G. Cho et al. «Zero-voltage and zero-current-switching full-bridge PWM Converter using secondary active clamp», IEEE Transactions on Power Electronics (1998, Seiten 601-607), vorgestellt. Der Zweipulsleichrichter ist als Brückengleichrichter 1 ausgeführt. Die Begrenzungsschaltung 5 besteht aus einem Kondensator und einem aktiv gesteuerten Leistungsschalter.

[0008] Für die bisher beschriebenen Methoden wird die Schwingungsenergie rein elektrisch gedämpft. Die Begrenzungsschaltungen weisen mindestens einen Kondensator und einen aktiv angesteuerten leistungselektronischen Schalter auf.

[0009] In CH 700 418 A2 wird eine magnetische gekoppelte Entlastungsschaltung 6 zur Reduktion von Überspannungen an einem Gleichrichterelement bestehend aus einer Diode und einer zusätzlichen Wicklung beschrieben. Das bevorzugte Einsatzgebiet ist ein DC/DC-Konverter mit ausgangseitiger Strom-Verdopplerschaltung und integrierten magnetischen Komponenten, wie in Fig. 5 dargestellt. Mit dieser Begrenzungsschaltung können insbesondere die erste Überspannungsspitze der Diodensperrspannung wirksam begrenzt werden.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Die Aufgabe der Erfindung ist es, die Überspannung an den Gleichrichterelementen eines Zweipulsleichrichters quasi verlustfrei zu begrenzen, wobei die Höhe der Begrenzungsspannung, auch Klemmspannung genannt, eingestellt werden kann.

[0011] Diese Aufgabe lösen eine Begrenzungsschaltung und ein Verfahren mit den Merkmalen der entsprechenden unabhängigen Patentansprüche.

[0012] Der Zweipulsleichrichter, welcher durch mindestens eine Sekundärwicklung eines Transformators gespeist ist, weist also mindestens zwei Gleichrichterelemente auf und ist zum Speisen einer Last mit Gleichspannung angeordnet. Dabei weist der Zweipulsleichrichter eine Begrenzungsschaltung zur Reduktion von Überspannungen an den Gleichrichterelementen auf, wobei die Begrenzungsschaltung eine Begrenzungswicklung und einen durch diesen gespeisten Begrenzungsbrückengleichrichters aufweist, die Begrenzungswicklung mit der mindestens einen Sekundärwicklung magnetisch gekoppelt ist, und der Gleichspannungsausgang des Begrenzungsbrückengleichrichters an eine Gleichspannungssenke geschaltet ist.

[0013] Es führt dadurch das Auftreten einer Überspannung an einem der Gleichrichterelemente im Begrenzungsbrückengleichrichter zu einem erhöhten Stromfluss, was dem Magnetfeld des Transformators Energie entzieht und dadurch wiederum die Überspannung begrenzt. Dabei definiert das Verhältnis der Windungszahlen der mindestens einen Sekundärwicklung und der Begrenzungswicklung das Verhältnis zwischen einer Maximalspannung an den Gleichrichterelementen und der Begrenzungsspannung.

[0014] Damit steht die entnommene Schwingungsenergie galvanisch getrennt zur weiteren Verwendung zur Verfügung.

[0015] Zum Erzeugen einer alternierenden Spannung an einer Primärwicklung des Transformators ist ein Halbbrücken-DC/DC-Konverter oder ein Vollbrücken-DC/DC-Konverter oder ein Gegentaktwandler angeordnet und von einem Gleichspannungseingang gespeist.

[0016] Die Gleichrichterelemente des Zweipulsleichrichters sind beispielsweise Dioden oder aktiv gesteuerte Schalter, z.B. MOSFETs. Grundsätzlich können auch Gleichrichterelemente des Begrenzungsbrückengleichrichters Dioden oder aktiv gesteuerte Schalter sein.

[0017] Vorzugsweise wird die erfindungsgemässe Begrenzungsschaltung zur Limitierung der Überspannung an den Gleichrichterelementen einer Zweipulsleichrichterschaltung eingesetzt. Dabei ist die Zweipulsleichrichterschaltung wechsellspannungsseitig mit mindestens einer ersten Wicklung, z.B. der Sekundärwicklung eines Hochfrequenztransformators verbunden und speist DC-seitig ein LC-Tiefpassfilter (über dessen Kondensator z.B. ein Lastwiderstand geschaltet ist); arbeitet also mit eingepprägtem Ausgangs- bzw. DC-Strom. Die Begrenzungsschaltung weist eine Begrenzungswicklung auf, welche mit der ersten Wicklung oder den ersten Wicklungen magnetisch gekoppelt und des Weiteren an den Wechsellspannungseingang eines Begrenzungsbrückengleichrichters geführt ist, dessen DC-Anschlüsse an spannungseinprägende Schaltungspunkte gelegt sind. Mit diesem wird zwischen den DC-Anschlüssen eine Spannung, die Begrenzungsspannung respektive Klemmspannung, eingepragt. Unabhängig von den in dem Begrenzungsbrückengleichrichter verwendeten Gleichrichterelementen, d.h. Dioden oder gesteuerte Leistungsschalter, wird im Folgenden der Begrenzungsbrückengleichrichter als Begrenzungsdiodenbrücke bezeichnet.

[0018] Die Zweipulsleichrichterschaltung kann als Brückengleichrichter oder Mittelpunktgleichrichter ausgeführt sein, deren Gleichrichterelemente Dioden oder gesteuerte Leistungsschalter, beispielsweise FET oder IGBT, sein können. Zwei Gleichrichterelemente werden für den Aufbau als Mittelpunktgleichrichter benötigt; vier Gleichrichterelemente sind in einer Brückenschaltung angeordnet. Im Folgenden wird der Brückengleichrichter unabhängig von den verwendeten Gleichrichterelementen als Diodenbrücke und die Gleichrichterelemente allgemein als Dioden bezeichnet. Es versteht sich dabei, dass die Erfindung sich auch allgemein auf die Verwendung gesteuerter Leistungsschalter anstelle von Dioden erstreckt.

[0019] Ist nun die Zweipulsleichrichterschaltung als Diodenbrücke ausgeführt und tritt an einer der Dioden der Diodenbrücke eine hohe Sperrspannung auf, kommt diese, da zufolge des eingepprägten Ausgangsstromes stets zwei Dioden der Diodenbrücke leiten, direkt auch an der ersten Wicklung zu liegen und wird transformatorisch entsprechend des Windungszahlverhältnisses auch in die Begrenzungswicklung eingekoppelt. Steigt diese Spannung, z.B. in Form einer Schwingung, auf den Wert der Begrenzungsspannung, werden zwei Dioden der Begrenzungsdiodenbrücke leitend, d.h. die eingekoppelte Spannung wird auf die Begrenzungsspannung geklemmt, womit über die magnetische Kopplung von Begrenzungswicklung und erster Wicklung auch eine Klemmung der Diodensperrspannung, d.h. die gewünschte Limitierung der Sperrspannungsbeanspruchung der Dioden der Diodenbrücke, gegeben ist.

[0020] Die Energie aus der Dioden-Sperrspannungsschwingung wird also nach dem Leitendwerden der Begrenzungsdiodenbrücke an deren Ausgang transferiert, d. h. in die Begrenzungsspannung gespeist; die Spannungsbegrenzung erfolgt also prinzipbedingt verlustfrei. Der Ausgang der Begrenzungsschaltung kann z.B. an den Kondensator des LC-Tiefpassfilters, also an die Last des leistungselektronischen Systems gelegt sein, oder alternativ mit dem Eingang des leistungselektronischen Systems verbunden werden oder zur Speisung einer weiteren Last dienen, z.B. einer Hilfsspannungsversorgung des leistungselektronischen Systems.

[0021] Für potentialgetrennte DC/DC-Konverter ist bei Verbindung des Ausgangs der die Sperrspannung der Dioden der sekundärseitigen Zweipulsleichrichterschaltung limitierenden Begrenzungsschaltung (der Begrenzungsdiodenbrücke) mit dem Eingang des DC/DC-Konverters der Vorteil gegeben, dass das Begrenzungsspannungsniveau sich stets proportional mit der Eingangsspannung ändert, welche die an den Gleichrichterelementen der Zweipulsleichrichterschaltung nach Abklingen der transienten Überspannungen auftretende ideale Sperrspannung definiert. Es kann also stets eine prozentual gleiche Überspannung sichergestellt werden, bzw. kann im Gegensatz zu einer konstanten, d. h. nicht eingangsspannungsabhängigen Begrenzungsspannung, ein fehlerhaftes Ansprechen der Begrenzungsschaltung bei hohen Eingangsspannungswerten unterbunden werden. Weiters ist auch bei der Inbetriebnahme des Systems ein Vorteil gege-

ben, da dabei die Eingangsspannung bereits anliegt und somit ein definierter Begrenzungsspannungswert vorliegt, wohingegen bei der Verwendung der DC/DC-Konverterausgangsspannung als Begrenzungsspannung initial sehr tiefe Ausgangsspannungswerte auftreten, was zu einer zu tiefen Ansprechschwelle des Begrenzungsschaltung bzw. ggf. zu deren strommässiger Überlastung führen würde, falls nicht zusätzliche Gegenmassnahmen getroffen würden.

[0022] Die Begrenzungsschaltung wird vorzugsweise als Brückenschaltung ausgeführt und die Gleichrichterelemente sind vorzugsweise Dioden. Es können aber auch gesteuerte Leistungshalbleiter verwendet werden.

[0023] In der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Wicklungen(en) der Zweipulsgleichrichterschaltung und die Begrenzungswicklung der Begrenzungsschaltung ineinander auf einen gemeinsamen Schenkel des Kerns gewickelt.

[0024] Weitere bevorzugte Ausführungsformen gehen aus den abhängigen Patentansprüchen hervor.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0025] Im Folgenden werden die zur Erläuterung der Erfindung herangezogenen Abbildungen kurz beschrieben:

- Fig. 1: Potentialgetrennte Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit sekundärseitigem Brückengleichrichter und LC-Ausgangfilter gemäss dem Stand der Technik.
- Fig. 2: Potential getrennte - Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit sekundärseitigem Mittelpunktgleichrichter und LC-Ausgangfilter gemäss dem Stand der Technik.
- Fig. 3: Mittelpunktgleichrichterschaltung mit Entlastungsschaltung gemäss Stand der Technik.
- Fig. 4: Potentialgetrennte Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit sekundärseitigem Brückengleichrichter und Klemmschaltung gemäss Stand der Technik.
- Fig. 5: Potential getrennte Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit Strom-Verdoppler-Gleichrichterschaltung und integrierten magnetischen Komponenten, sowie eine Entlastungsschaltung gemäss Stand der Technik.
- Fig. 6: Potentialgetrennte Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit sekundärseitigem Brückengleichrichter und LC-Ausgangfilter, erweitert durch eine erfindungsgemässe Begrenzungsschaltung zur Limitierung der maximalen Sperrspannung an den Gleichrichterelementen des Brückengleichrichters.
- Fig. 7: Begrenzungsschaltung gemäss Erfindung zur Speisung eines von der Last verschiedenen Verbrauchers.
- Fig. 8: Potentialgetrennte Vollbrücken-DC/DC-Konverterschaltung mit sekundärseitigem Mittelpunktgleichrichter und LC-Ausgangfilter, erweitert durch eine erfindungsgemässe Begrenzungsschaltung.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0026] Fig. 6 zeigt eine Begrenzungsschaltung 7 gemäss der Erfindung beispielhaft für die Dioden 25 der Diodenbrücke 1 von Fig. 1. Die Begrenzungsschaltung 7 besteht aus einer Begrenzungswicklung 10, die mit der primärseitigen Wicklung 8 und sekundärseitigen Wicklung 9 des Transformators magnetisch gekoppelt ist, und einer Begrenzungsdiodenbrücke 11 mit Gleichrichterelementen 26, typischerweise Dioden oder schaltbaren Elementen. Vorzugsweise werden die Windungen der sekundärseitigen Wicklung 9 und der Begrenzungswicklung 10 ineinander gewickelt, um eine sehr gute magnetische Kopplung zu erzielen. Die Begrenzungsschaltung 7 bildet demnach eine weitere Gleichrichterschaltung zusätzlich zu dem bestehenden Zweipulsgleichrichter des DC/DC-Konverters, beispielsweise aus Fig. 1 oder Fig. 2, an deren Ausgang (Klemmen 12 und 13) eine DC-Spannung anliegt (symbolisch dargestellt durch einen Glättungskondensator 14).

[0027] Wird der Betrag der Spannung v_d über der Begrenzungswicklung 10 der Begrenzungsschaltung 7 grösser als die Spannung am Glättungskondensator 14, wird die Begrenzungsdiodenbrücke 11 leitend und die Spannung v_d über der Begrenzungswicklung 10 wird auf die am Kondensator 14 anliegende Spannung (Begrenzungsspannung) geklemmt.

[0028] Die mit dem Windungszahlverhältnis, welches sich aus der Windungszahl der Sekundärwicklung 9, N_s , und der Begrenzungswicklung 10, N_d , ergibt, transformierte Begrenzungsspannung stellt nun auch die maximale Spannung über der Sekundärwicklung 9 dar.

[0029] Eine Ausführungsform der Erfindung ist die Verbindung der Ausgangsklemmen 12, 13 der Begrenzungsschaltung 7 mit Klemmen 15, 16 des Lastausgangs (Lastklemmen) des DC/DC-Konverters, wobei jeweils die positiven Klemmen 12, 15 miteinander und die negativen Klemmen 13, 16 miteinander verbunden sind. In Folge ist der Betrag der maximalen Spannung über der Begrenzungswicklung 10, $|V_{d,max}|$, gleich der Ausgangsspannung V_{out} über der Last 17. Aufgrund der magnetischen Kopplung ist der Betrag der maximalen Spannung über der Sekundärwicklung 9, $|V_{s,max}|$, gegeben durch:

$$|V_{s,max}| = |V_{d,max}| \cdot \frac{N_s}{N_d} = V_{out} \cdot \frac{N_s}{N_d}$$

[0030] Bei der bevorzugten Ausführungsform der Erfindung soll die Begrenzungsschaltung 7 nicht aktiv am Leistungstransfer teilnehmen, das heisst, die Gleichrichterelemente 26 der Begrenzungsschaltung 7 werden nur leitend, wenn eine transiente Überspannung an den Gleichrichterelementen 25 des Zweipulsleichrichters auftritt. Für den Fall, dass die Ausgangsklemmen der Begrenzungsschaltung 12, 13 mit den Lastklemmen 15, 16 verbunden sind, ist die Anzahl der Windungen N_d der Begrenzungswicklung 10 so zu wählen, dass gilt:

$$N_d \leq V_{out}/V_{in} \cdot N_p.$$

mit der Windungszahl N_p der Primärwicklung 8 und der Eingangsspannung V_{in} des DC/DC-Konverters.

[0031] Tritt nun aufgrund der nicht-idealen Kommutierung eine Überspannung an den Dioden 25 der Diodenbrücke 1 auf, und übersteigt die Überspannung die mit dem Windungszahlverhältnis N_s/N_d eingestellte maximale Spannung $|V_{s,max}|$, wird die Begrenzungsschaltung 7 aktiv, transferiert die Energie der Schwingung zum Ausgang der Begrenzungsschaltung (12, 13) und klemmt die Spannung an der Sekundärseite auf $|V_{s,max}|$. Die maximale Sperrspannung einer Diode 25 der Diodenbrücke 1 in Fig. 6 ist somit aufgrund der Begrenzungsschaltung 7 gemäss Erfindung auch $|V_{s,max}|$, also die mit dem Windungszahlverhältnis N_s/N_d transformierte Begrenzungsspannung.

[0032] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist die Verbindung der Ausgangsklemmen 12, 13 der Begrenzungsschaltung 7 mit Eingangsklemmen 18, 19 des DC/DC-Konverters, d.h. jeweils die positiven Klemmen 12, 18, sowie die negativen Klemmen 13, 19 sind miteinander verbunden. Die maximale Spannung $|V_{s,max}|$ über der Sekundärwicklung 9 und somit über den Dioden 25 der Diodenbrücke 1 ist dann:

$$|V_{s,max}| = V_{in} \cdot N_s/N_d.$$

[0033] Soll nun auch bei dieser Ausführungsform die Begrenzungsdiodenbrücke 11 nur dann leitend werden, wenn eine Überspannung an den Dioden 25 der Diodenbrücke 1 auftritt, muss für die Begrenzungswindungszahl N_d gelten:

$$N_d \leq N_p$$

[0034] In Fig. 7 ist die Begrenzungsschaltung 7 gemäss Erfindung dargestellt zur Speisung eines von der Last verschiedenen Verbrauchers 20 mit der Eingangsspannung V_{aux} , wie zum Beispiel eine Hilfsspannungsversorgung. Die maximal an der Sekundärwicklung 9 und Dioden 25 auftretende Spannung ist dann:

$$|V_{s,max}| = V_{aux} \cdot N_s/N_d.$$

[0035] Mit der Bedingung für die Begrenzungswindungszahl N_d der Begrenzungswicklung 10 der Begrenzungsschaltung 7:

$$N_d \leq V_{aux}/V_{in} \cdot N_p$$

kann sichergestellt werden, dass nur bei einer auftretenden Überspannung an den Dioden 25 die Begrenzungsschaltung 7 aktiv wird.

[0036] In Fig. 8 ist der DC/DC-Konverter mit Mittelpunktgleichrichter 2 mit den Gleichrichterelementen 27, typischerweise Dioden oder schaltbaren Elementen, aus Fig. 2 erweitert um die Begrenzungsschaltung 7 gemäss der Erfindung. Die Primärwicklung 8, die beiden Sekundärwicklungen 21, 22 und die Begrenzungswicklung 10 der Begrenzungsschaltung 7 sind magnetisch gekoppelt, wobei auch hier die Sekundärwicklungen 21, 22 sowie die Begrenzungswicklung 10 der Begrenzungsschaltung 7 vorteilhaft zum Erreichen einer engen magnetischen Kopplung ineinander gewickelt werden.

[0037] Die Spannung v_{DR} über dem Gleichrichterelement 27 des Mittelpunktgleichrichters 2, welches sich im Sperrzustand befindet, ist gleich der doppelten Spannung v_s , welche an den Sekundärwicklungen 21 und 22 anliegt, während das andere Gleichrichterelement leitet und die Spannung über diesem somit annähernd Null ist.

[0038] Ist der Ausgang respektive sind die Ausgangsklemmen 12, 13 der Begrenzungsschaltung 7 mit den Ausgangsklemmen 23, 24 des DC/DC-Konverters verbunden, wobei jeweils die positiven Klemmen 12, 23 sowie die negativen Klemmen 13, 24 miteinander verbunden sind, so ist die Schwingungsamplitude der Sperrspannung aufgrund der Begrenzungsschaltung 7 gemäss der Erfindung limitiert auf:

$$V_{DR,max} = 2 \cdot V_{s,max} = 2 \cdot V_{out} \cdot N_s/N_d$$

[0039] Analog zum potentialgetrennten Vollbrücken-DC/DC-Konverter mit sekundärseitiger Diodenbrücke 1 in Fig. 6 werden auch beim potentialgetrennten Vollbrücken-DC/DC-Konverter mit sekundärseitigem Mittelpunktgleichrichter 2 in Fig. 8 die Gleichrichterelemente 26 der Begrenzungsschaltung 7 nur bei Überspannungen an den Gleichrichterelementen 27 leitend, wenn für die Windungszahl der Begrenzungswicklung 10 der Begrenzungsschaltung 7 gilt:

$$N_d \leq V_{out}/V_{in} \cdot N_p.$$

[0040] Eine weitere bevorzugte Ausführungsform ist die Verbindung des Ausgangs respektive der Ausgangsklemmen 12, 13 der Begrenzungsschaltung 7 mit dem Eingang respektive den Eingangsklemmen 18, 19 des DC/DC-Konverters, sodass jeweils die positiven Klemmen 12, 18 und die negativen Klemmen 13, 19 miteinander verbunden sind. Dadurch wird die Spannung über den Gleichrichterelementen 2 begrenzt auf:

$$V_{DR,max} = 2 \cdot V_{in} \cdot N_s / N_d$$

[0041] Für

$$N_d \leq N_p$$

ist die Begrenzungsschaltung 7 nur im Fall einer Überspannung an den Gleichrichterelementen 27 aktiv.

[0042] Wird die Begrenzungsschaltung 7 in Fig. 8 wie in Fig. 7 mit einem von der Last 17 verschiedenen Verbraucher 20 mit der Eingangsspannung V_{aux} verbunden, so ist die Spannung über den Gleichrichterelementen 27 des Mittelpunktleichrichters 2 beschränkt auf:

$$V_{DR,max} = 2 \cdot V_{aux} \cdot N_s / N_d$$

[0043] Mit der Wahl der Windungszahl N_d der Begrenzungswicklung 10

$$N_d \leq V_{aux} / V_{in} \cdot N_p$$

wird die Begrenzungsschaltung 7 nur im Fall einer Überspannung an den Gleichrichterelementen 27 aktiv.

Patentansprüche

1. Zweipulsleichrichter (1; 2), welcher durch mindestens eine Sekundärwicklung (9; 21, 22) eines Transformators gespeist ist, mindestens zwei Gleichrichterelemente (25; 27) aufweist und zum Speisen einer Last (17) mit Gleichspannung angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass der Zweipulsleichrichter (1; 2) eine Begrenzungsschaltung (7) zur Reduktion von Überspannungen an den Gleichrichterelementen (25; 27) aufweist, wobei die Begrenzungsschaltung (7) eine Begrenzungswicklung (10) und einen durch dieser gespeisten Begrenzungsbrückengleichrichter (11) aufweist, die Begrenzungswicklung (10) mit der mindestens einen Sekundärwicklung (9; 21, 22) magnetisch gekoppelt ist, und der Gleichspannungsausgang (12, 13) des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) an eine Gleichspannungssenke, genannt Begrenzungsspannung, geschaltet ist.
2. Zweipulsleichrichter gemäss Anspruch 1, bei welchem das Verhältnis der Windungszahlen der mindestens einen Sekundärwicklung (9; 21, 22) und der Begrenzungswicklung (10) das Verhältnis zwischen einer Maximalspannung an den Gleichrichterelementen (25; 27) und der Begrenzungsspannung definiert.
3. Zweipulsleichrichter gemäss Anspruch 1 oder 2, bei welchem der Gleichspannungsausgang (12, 13) des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) parallel zum Ausgang (15, 16; 23, 24) des Zweipulsleichrichters (1; 2) an eine vom Zweipulsleichrichter (1; 2) gespeiste Last (17) geschaltet ist.
4. Zweipulsleichrichter gemäss Anspruch 1 oder 2, bei welchem der Gleichspannungsausgang (12, 13) des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) an einen Gleichspannungseingang einer Hilfsspannungsversorgung (20) geschaltet ist, welche galvanisch von der mindestens einen Sekundärwicklung (9; 21, 22) wie auch von einer Primärwicklung (8) des Transformators getrennt ist.
5. Zweipulsleichrichter gemäss Anspruch 1 oder 2, bei welchem der Gleichspannungsausgang (12, 13) des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) an einen Gleichspannungseingang (18, 19) eines Konverters, welcher eine Primärwicklung (8) des Transformators speist, geschaltet ist.
6. Zweipulsleichrichter gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem zum Erzeugen einer alternierenden Spannung an einer Primärwicklung (8) des Transformators ein Halbbrücken-DC/DC-Konverter oder ein Vollbrücken-DC/DC-Konverter oder ein Gegentaktwandler angeordnet und von einem Gleichspannungseingang (18, 19) gespeist ist.
7. Zweipulsleichrichter gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem die Gleichrichterelemente (25; 27) des Zweipulsleichrichters (1; 2) Dioden oder aktiv gesteuerte Schalter sind.
8. Zweipulsleichrichter gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Zweipulsleichrichter ein von einer Sekundärwicklung (9) mit Windungszahl N_s gespeister Vollbrückengleichrichter (1) ist, die Windungszahl der Begrenzungswicklung (10) N_d beträgt, die Begrenzungsspannung V_B beträgt und die Spannung v_s über die Gleichrichterelemente (25) des Vollbrückengleichrichters (1) dadurch begrenzt ist auf

$$V_{s,max} = V_B \cdot N_s / N_d$$

9. Zweipulsleichrichter gemäss einem der vorangehenden Ansprüche, bei welchem der Zweipulsleichrichter ein von zwei Sekundärwicklungen (21, 22) mit jeweils Windungszahl N_s gespeister Mittelpunktgleichrichter (2) ist, die Windungszahl der Begrenzungswicklung (10) N_d beträgt, die Begrenzungsspannung V_B beträgt und die Spannung v_{DR} über die Gleichrichterelemente (27) des Mittelpunktgleichrichters (2) dadurch begrenzt ist auf $V_{DR,max} = 2 \cdot V_B \cdot N_s / N_d$.
10. Verfahren zur Reduktion von Überspannungen an einem Gleichrichterelement (25; 27) eines Zweipulsleichrichters (1; 2), welcher durch mindestens eine Sekundärwicklung (9; 21, 22) eines Transformators gespeist ist, mindestens zwei Gleichrichterelemente (25; 27) aufweist und zum Speisen einer Last (17) mit Gleichspannung angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Auftreten einer Überspannung an einem der Gleichrichterelemente (25; 27) in einem Begrenzungsbrückengleichrichter (11), welcher von einer Begrenzungswicklung (10) gespeist ist, welche mit der mindestens einen Sekundärwicklung (9; 21, 22) magnetisch gekoppelt ist, zu einen erhöhten Stromfluss führt, und dadurch dem Magnetfeld des Transformators Energie entzieht und dadurch wiederum die Überspannung begrenzt.
11. Verfahren gemäss Anspruch 10, wobei eine Ausgangsspannung des Begrenzungsbrückengleichrichters (11) an eine Gleichspannung als Begrenzungsspannung geklemmt ist, und die Begrenzungsspannung sich proportional zu einer Eingangsgleichspannung eines Wechselrichters, welcher eine Primärwicklung (8) des Transformators speist, verhält.

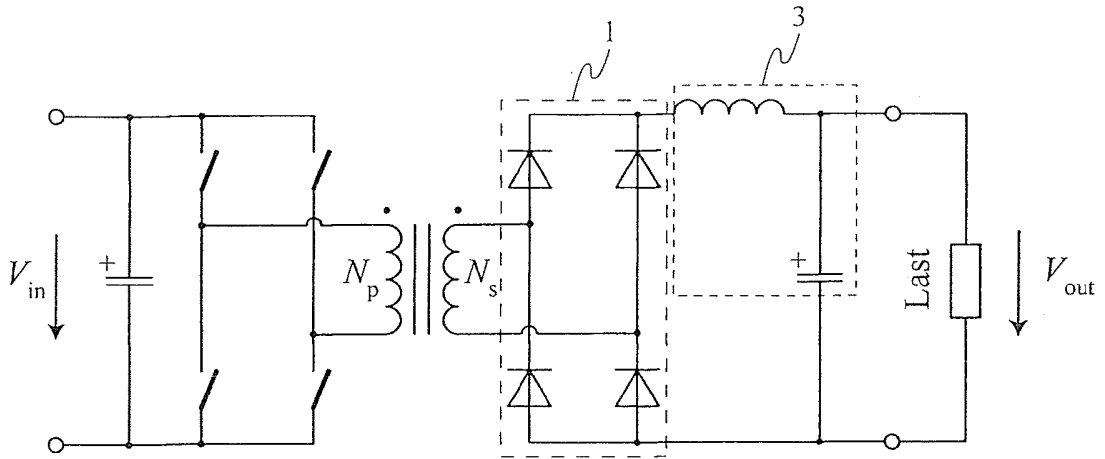


Fig. 1

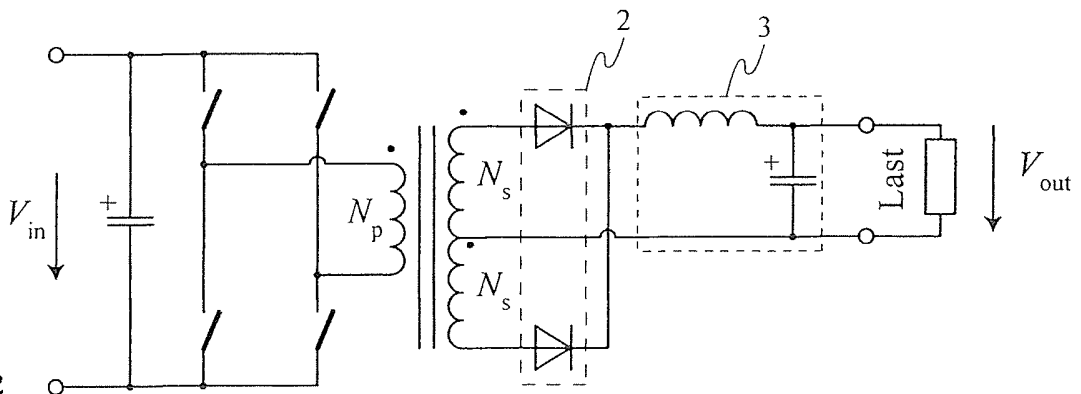


Fig. 2

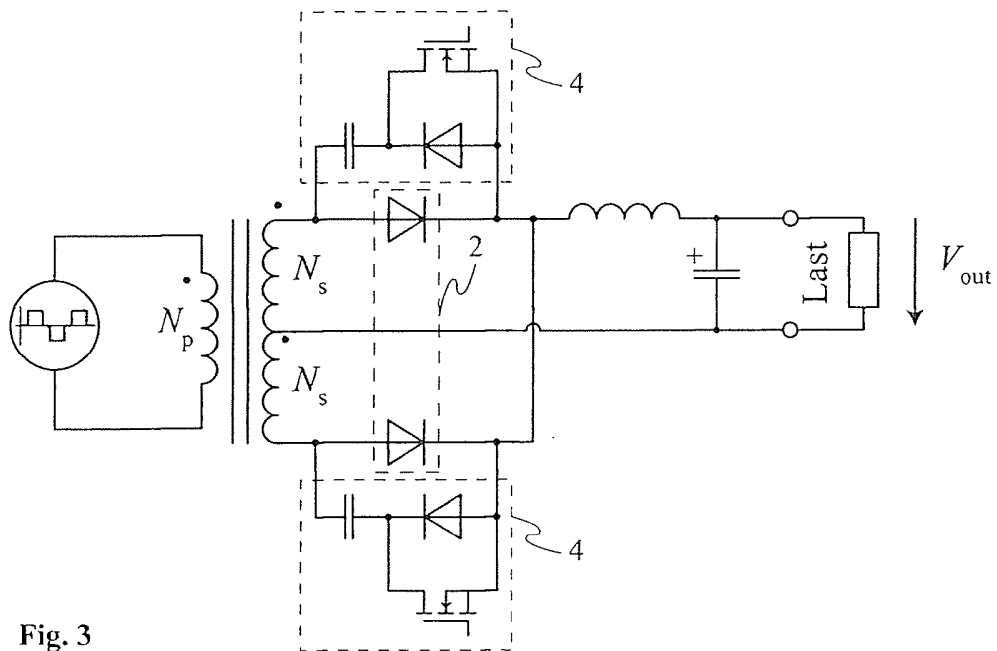
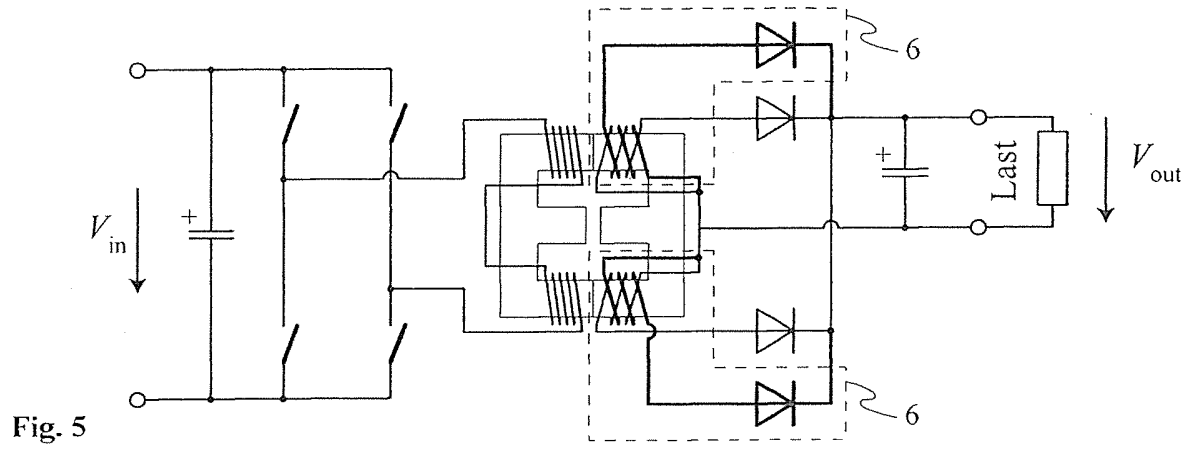
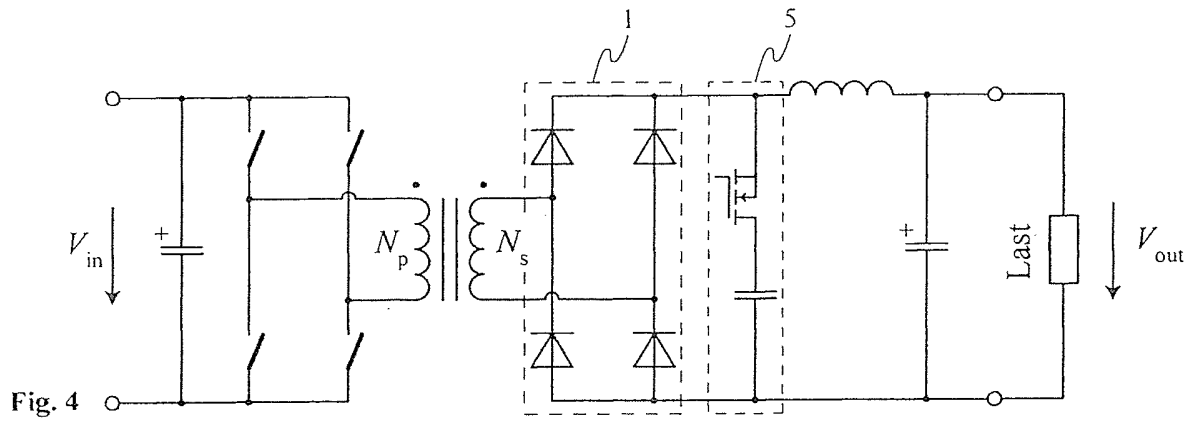


Fig. 3



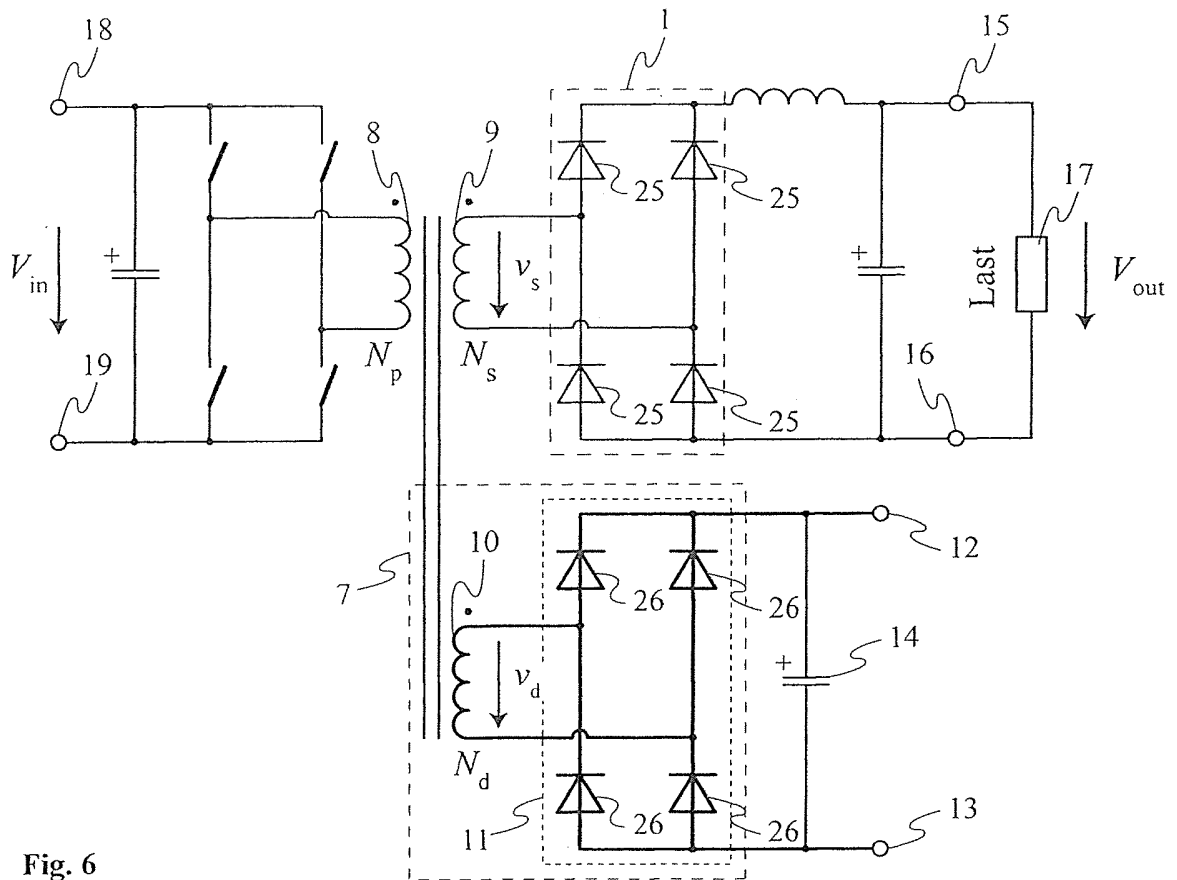


Fig. 6

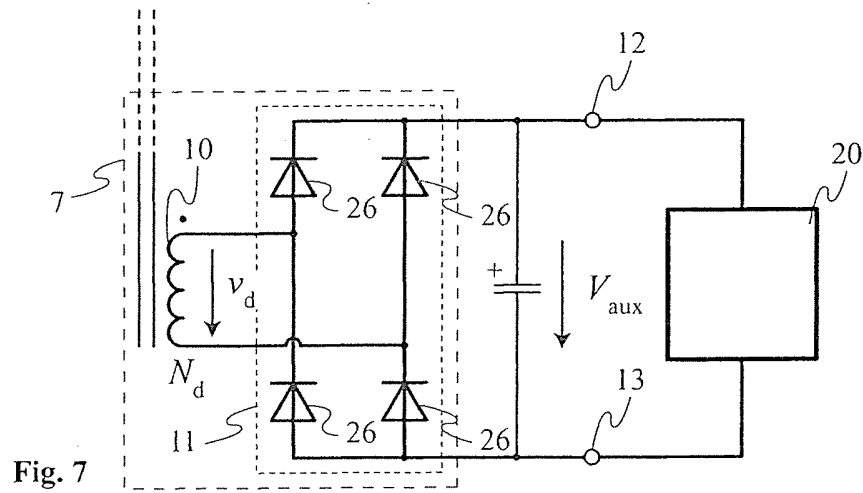


Fig. 7

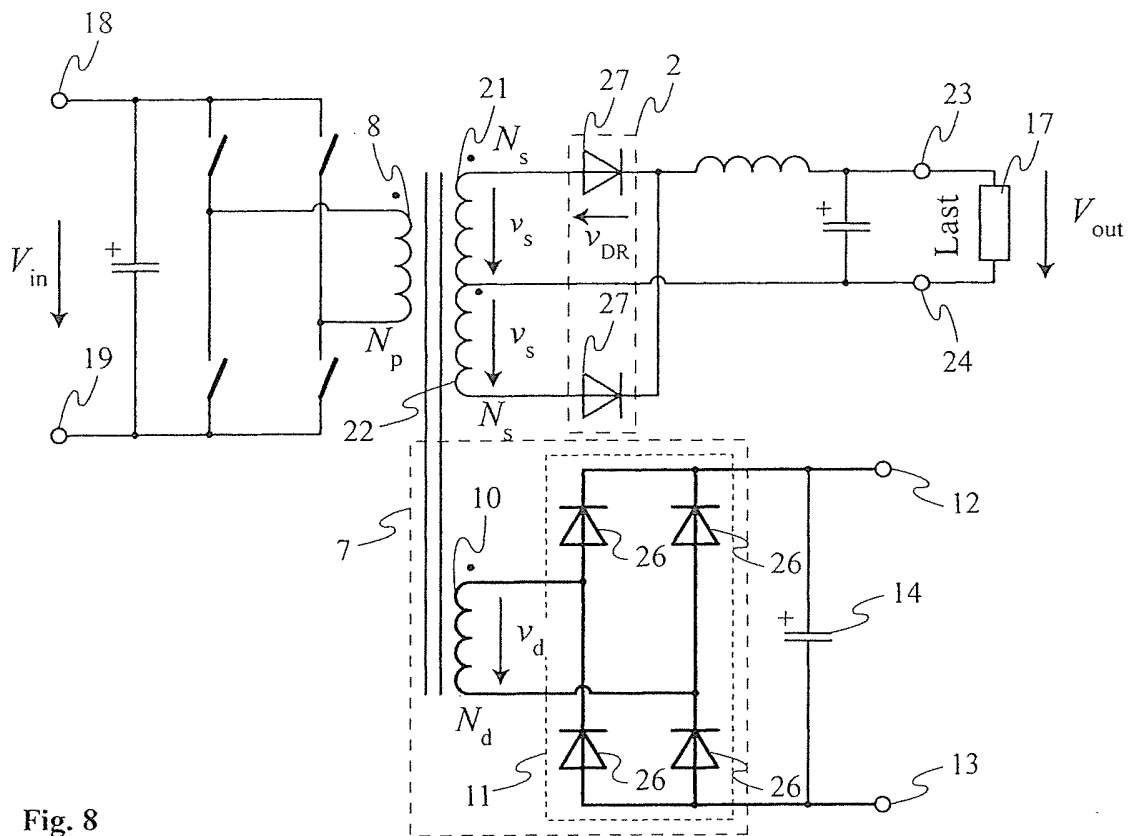


Fig. 8