



(19)  
 Bundesrepublik Deutschland  
 Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2004 033 994 A1** 2005.02.17

(12)

## Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 033 994.5**

(22) Anmeldetag: **14.07.2004**

(43) Offenlegungstag: **17.02.2005**

(51) Int Cl.7: **H02M 3/28**

(30) Unionspriorität:

**2003-275643 16.07.2003 JP**

(71) Anmelder:

**Denso Corp., Kariya, Aichi, JP**

(74) Vertreter:

**Kuhnen & Wacker Patent- und  
 Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

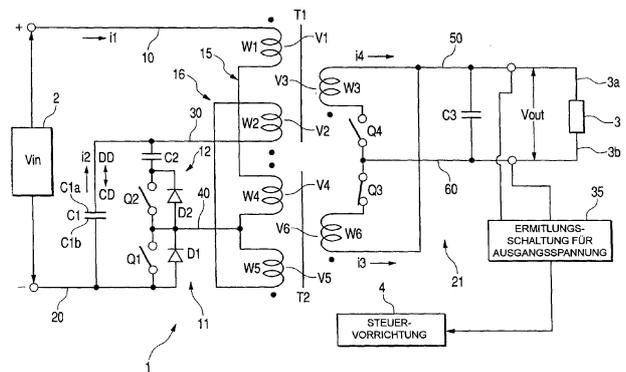
(72) Erfinder:

**Kawasaki, Koji, Nishio, Aichi, JP; Shigeoka, Keiji,  
 Nishio, Aichi, JP; Yamashita, Tsuyoshi, Kariya,  
 Aichi, JP**

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

(54) Bezeichnung: **Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler**

(57) Zusammenfassung: Bei einem Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler sind erste und zweite Primärwicklungen magnetisch mit einer ersten Sekundärwicklung gekoppelt. Dritte und vierte Primärwicklungen sind magnetisch mit einer zweiten Sekundärwicklung gekoppelt. Die erste und zweite Primärwicklung sind magnetisch mit der ersten Sekundärwicklung gekoppelt. Die dritte und die vierte Primärwicklung sind magnetisch mit der zweiten Sekundärwicklung gekoppelt. Die erste und die dritte Primärwicklung sind in Reihe gekoppelt, um ein erstes Spulenelement zu bilden. Die zweite und die vierte Primärwicklung sind in Reihe gekoppelt, um ein zweites Spulenelement zu bilden. Ein Ende des ersten Spulenelements ist mit der ersten positiven Netzleitung gekoppelt. Ein erstes Schaltelement ist zwischen der ersten negativen Netzleitung und dem anderen Ende des ersten Spulenelements gekoppelt. Ein erster Kondensator ist zwischen dem ersten negativen Anschluß und einem Ende des zweiten Spulenelements gekoppelt.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## Querverweis auf verbundene Anmeldung

**[0001]** Diese Anmeldung basiert auf der früheren japanischen Patentanmeldung Nr. 2003-275643, angemeldet am 16. Juli 2003, deren Priorität in Anspruch genommen wird und deren Inhalt durch Bezugnahme hierin mit offenbart wird.

## Gebiet der Erfindung

**[0002]** Die vorliegende Erfindung betrifft einen verbesserter Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler.

**[0003]** Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler jeweils mit einem Transformator sind zur Isolierung zwischen ihrem Eingang und ihrem Ausgang fähig, so daß ihr Gebrauch weit verbreitet ist. Bei mit Transformatoren ausgerüsteten Wandlern sind verschiedene Bauformen mit jeweils zwei Transformatoren gut bekannt.

## Stand der Technik

**[0004]** Als ein Beispiel offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 2003-102175 ein Gleichstrom-Gleichstrom-Umwandlersystem, das zwei Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler einschließt. Jeder der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler hat eine im wesentlichen konventionelle Bauform mit einem Transformator. Die zwei Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler sind parallel zueinander geschaltet und arbeiten komplementär zueinander. In dem offenbarten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem erlaubt eine abwechselnde Stromabgabe die Senkung der Brummanteile nur durch Glättungskondensatoren niedriger Kapazität ohne den Gebrauch von Drosselspulen im Ausgag.

**[0005]** Als anderes Beispiel offenbart die US-Patentschrift Nr. 5,291,382 ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem mit zwei Transformatoren.

**[0006]** Bei dem der Offenbarung entsprechenden Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem wird, wie in **Fig. 32** gezeigt, eine Gleichspannung von einer Gleichstromquelle **102** über ein Schaltelement Q101 an die Primärwicklung W101 eines Transformators T100 und eine Primärwicklung W102 eines Transformators T200 angelegt. Als Schaltelement kann ein MOS-(Metall-Oxid-Semiconductor)-Transistor benutzt werden.

**[0007]** Die Primärwicklungen W102 und W105 sind in Reihe geschaltet und mit einer Klammerschaltung verbunden. Die Klammerschaltung besteht aus einem Kondensator C102 und einem Schaltelement Q102, wie einem MOS-Transistor, die miteinander in

Reihe geschaltet sind. Die Bezugszeichen "D" stellen eigenleitende Dioden der Schaltelemente Q101 bzw. Q102 dar. Sekundärwicklungen W103 und W106 sind miteinander in Reihe geschaltet. Die an die Sekundärwicklungen W103 und W106 der Transformatoren T100 und T200 angelegten Spannungen werden abwechselnd durch eine konventionelle, synchrone Gleichrichterschaltung **100** gleichgerichtet, um als Ausgangsspannung V0 ausgegeben zu werden.

**[0008]** Die Schaltelemente Q101 bis Q104 sind zur Regelung der Ausgangsspannungen V0 WM-(Pulse-Width-Modulation = Impulsbreitenmodulation)-gesteuert. Die Schaltelemente Q101 und Q102 werden alternativ (komplementär) ein- und ausgeschaltet.

**[0009]** Die Wirkungsweise des in **Fig. 32** dargestellten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers wird nachfolgend kurz beschrieben.

## (Erste Betriebsweise)

**[0010]** Wenn das Schaltelement Q101 eingeschaltet wird, wird die Gleichspannung an jede der Primärwicklungen W102 und W105 angelegt, während das Schaltelement Q102 ausgeschaltet ist. Die Gleichspannung veranlaßt den Strom  $i_{101}$ , von der Eingangsklemme über die Primärwicklungen W102 und W105 und den parallel zum Gleichstromnetzteil **102** geschalteten und in der Entladerichtung DD entladenden Kondensator (Eingangs-Glättungskondensator) C101 zu fließen.

**[0011]** Die Induktivitäten L der Primärwicklungen W102 und W103 veranlassen den Strom  $i$  hindurchzufließen und mit der Zeit anzusteigen, so daß in den Sekundärwicklungen W103 und W106 Spannungen erzeugt werden. Die Polaritäten der erzeugten Spannungen sind jeweils an ihren punktseitigen Klemmen positiv.

**[0012]** Wenn das Schaltelement Q103 eingeschaltet wird, wird von ihm der auf der in der Sekundärwicklung W106 erzeugten Spannung basierende Strom ausgegeben und die auf der in der Sekundärwicklung W103 erzeugten Spannung basierende Magnetenergie wird im Kern des Transformators T100 gespeichert.

## (Zweite Betriebsweise)

**[0013]** Wenn das Schaltelement Q101 abgeschaltet wird, veranlaßt die im Transformator T100 gespeicherte Magnetenergie die am Verbindungspunkt **140** zwischen dem nicht punktseitigen Ende der Sekundärwicklung W105 und dem die Verbindung zwischen dem Schaltelementen Q101 und Q102 herstellenden Verbindungspunkt anstehende Spannung rasch zuzunehmen. Die schnell erhöhte Spannung

am Verbindungspunkt **140** veranlaßt die Ladung des Kondensators C102 in der Laderichtung CD über die eigenleitende Diode D des Schaltelements Q102.

(Dritte Betriebsweise)

**[0014]** Wenn das Schaltelement Q102 eingeschaltet wird, veranlaßt die Magnetenergie im Transformator T100 die effektive Aufladung des Kondensators C102 über das Schaltelement Q102, so daß die Magnetenergie im Transformator T100 reduziert wird. Nachdem die Ladung des Kondensators C102 auf der Basis der Magnetenergie vollendet ist, verursacht die im Kondensator C102 gespeicherte Spannung einen über das Schaltelement Q102 zu den Primärwindungen W105 und W102 in der in **Fig. 32** gezeigten Entladerichtung fließenden Strom. Das heißt, der Kondensator C102 entlädt in der Entladerichtung DD. Der Entladestrom zeigt mit der Zeit an, so daß in den Primärwindungen W105 und W102 Spannungen erzeugt werden. Die Polaritäten der erzeugten Spannungen sind an nicht punktseitigen Anschlüssen jeweils positiv.

**[0015]** Wenn das Schaltelement Q104 eingeschaltet wird, wird der auf der in der Sekundärwicklung W103 erzeugten Spannung basierende Strom von dort ausgegeben und die auf der in der Sekundärwicklung W106 erzeugten Spannung basierende Magnetenergie wird im Kern des Transformators T200 gespeichert.

(Vierte Betriebsweise)

**[0016]** Wenn das Schaltelement Q102 abgeschaltet wird, veranlaßt die im Transformator T102 gespeicherte Magnetenergie eine rasche Abnahme der Spannung am Verbindungspunkt **140**. Als Ergebnis der im zweiten Transformator T102 erzeugten Magnetenergie fließt der Strom  $i_{102}$  durch die Eingangsklemme und die eigenleitende Diode D des Schaltelements Q101, so daß der Kondensator C101 in der Laderichtung DD geladen wird.

**[0017]** Wenn das Schaltelement Q101 angeschaltet wird, fließt der auf der Speicherenergie im Transformator T200 basierende Strom in den Kondensator C101, so daß der Kondensator C191 geladen wird. Nach der Ladetätigkeit vom Transformator T200 zum Kondensator C101 wird der Arbeitszyklus, der aus der ersten bis zur vierten Betriebsweise besteht, beendet. Das heißt, der Betriebszyklus (erste bis vierte Betriebsweise) wird wiederholt.

**[0018]** Die Bauform des in **Fig. 32** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystems erlaubt es jedoch dem gegenläufigen Strom aus dem Transformator T200 in Richtung auf das Eingangs-Gleichstromnetzteil **102** zu fließen, was die Brummkomponente erhöhen kann, die in dem vom Gleich-

strom-Netzteil **102** ausgegebenen Eingangsstrom enthalten ist.

**[0019]** Dies kann eine Reduzierung des Spannungsbereichs des Gleichstromnetzteils **102** erfordern, um dadurch das Brummen des Eingangsstroms zu reduzieren.

**[0020]** Wegen dieser Anforderung kann im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem ein Kondensator großer Kapazität verwendet werden, der parallel zum Eingangs-Gleichstromnetzteil **102** als der Kondensator C101 (Eingangsglättungskondensator) geschaltet ist. Der große Kondensator C101 ist groß und kostspielig, wodurch das Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem an Größe zunimmt und seine Kosten steigen.

**[0021]** Zusätzlich können die Brummkomponenten, die in dem Eingangsstrom enthalten sind, der durch die Leitung zur Verbindung zwischen dem Gleichstromnetzteil **102** und dem Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler in die Transformatoren T100 und T200 führt, elektromagnetische Wellen abstrahlen, die eine elektromagnetische Abschirmung zur Abschirmung der elektromagnetischen Wellen erfordern. Die erhöhten Brummkomponenten können auch den tatsächlichen Wert des Eingangsstroms erhöhen, was zu einer Steigerung der Energieverluste und der Erwärmung des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystems führt.

**[0022]** Außerdem wird bei dem in **Fig. 32** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlersystem der vom Gleichstrom-Netzteil **102** ausgegebene Gleichstrom in die Transformatoren T100 und T200 eingeleitet. Dieser in jeden der Transformatoren T100 und T200 eingegebene Gleichstrom magnetisiert die Kerne vor, was zu einer Vergrößerung der Transformatoren zur Unterdrückung des Vormagnetisierungsfeldes eines jeden Kerns führt.

Aufgabenstellung

#### ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0023]** Die vorliegende Erfindung ist auf dem Hintergrund entstanden.

**[0024]** Demgemäß ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler zu schaffen, der fähig ist, die Brummkomponenten im Eingangsstrom des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers zu reduzieren.

**[0025]** In Übereinstimmung mit einem Aspekt der vorliegenden Erfindung wird ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler geschaffen, der mit ersten positiven und negativen Netzleitungen und zweiten positiven und negativen Netzleitungen zur Übertragung einer

Gleichspannung zwischen den ersten positiven und negativen Netzleitungen und den zweiten positiven und negativen Netzleitungen verbunden ist. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt eine magnetische Schaltung mit einer ersten Primärwicklung, einer zweiten Primärwicklung, einer dritten Primärwicklung, einer vierten Primärwicklung, einer ersten Sekundärwicklung und einer zweiten Sekundärwicklung, wobei die erste und die zweite Primärwicklung magnetisch mit der ersten Sekundärwicklung gekoppelt sind, die dritte und vierte Primärwicklung magnetisch mit der zweiten Sekundärwicklung gekoppelt sind, die erste und dritte Primärwicklung in Reihe verbunden sind um ein erstes Spulenelement zu bilden, die zweite und vierte Primärwicklung in Reihe verbunden sind, um ein zweites Spulenelement zu bilden, wobei ein Ende des ersten Spulenelements mit der ersten positiven Netzleitung verbunden ist; ein erstes Schaltelement zwischen die erste negative Netzleitung und das andere Ende des ersten Spulenelements gekoppelt ist; und ein erster Kondensator zwischen die erste negative Klemme und ein Ende des zweiten Spulenelements.

**[0026]** Gemäß einem anderen Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler vorgesehen, der zwischen ein erstes Spannungssystem und ein zweites Spannungssystem eingefügt ist zur Energieübertragung zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungssystem, wobei das erste Spannungssystem ein Gleichstromnetzteil und einen Netzschalter aufweist, die miteinander in Reihe verbunden sind. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt: einen mit dem ersten Spannungssystem verbundenen Glättungskondensator, die Reihenschaltung des Gleichstromnetzteils mit dem parallelen Energieversorgungsschalter und einer mit dem Netzschalter gekoppelten Steuervorrichtung, die, wenn der Netzschalter in ausgeschaltetem Zustand ist, Energie vom zweiten Spannungssystem zum ersten Spannungssystem zu übertragen, um auf der Basis der übertragenen Energie den Glättungskondensator an eine Vorladespannung zu legen und den Netzschalter nach Beendigung der Vorladung einzuschalten.

**[0027]** Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler vorgesehen, der einen Wandlerkreis umfaßt, der seinerseits umfaßt: ein Spulenelement mit einer vorgegebenen Induktivität; ein erstes Schaltelement gekoppelt mit dem Spulenelement und durch das Spulenelement mit einer Gleichspannung beaufschlagt, wobei das erste Schaltelement so ausgebildet ist, daß intermittierend einen Stromfluß durch das Spulenelement veranlaßt und eine Klammerschaltung mit einem Kondensator und einem zweiten Schaltelement, die miteinander in Reihe geschaltet sind, wobei die Klammerschaltung parallel zum Spulenelement angeschlossen ist, das zweite

Schaltelement und das erste Schaltelement komplementär wirksam sind, um im Spulenelement erzeugte magnetische Energie zu dämpfen, wenn das erste Schaltelement im Ausschaltzustand ist, eine mit dem ersten Schaltelement und dem zweiten Schaltelement gekoppelte und diese intermittierend einschaltende Steuervorrichtung, wobei die Steuervorrichtung bei Zunahme der an das erste Schaltelement angelegten Spannung das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements erhöht, und wobei die Steuervorrichtung einen Maximalwert des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements so steuert, daß der Maximalwert geringer ist als ein vorgegebener Grenzwert, der mit Zunahme der Eingangsgleichspannung abnimmt.

**[0028]** Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist eine integrierte Transformatoranordnung vorgesehen, umfassend eine erste Spulenanordnung mit einer ersten Primärwicklung, einer zweiten Primärwicklung und einer ersten Sekundärwicklung, wobei die erste Primärwicklung, die zweite Primärwicklung und die erste Sekundärwicklung miteinander magnetisch gekoppelt sind, eine zweite Spulenanordnung mit einer dritten Primärwicklung, einer vierten Primärwicklung und einer zweiten Sekundärwicklung, wobei die dritte Primärwicklung, die vierte Primärwicklung und die zweite Sekundärwicklung magnetisch miteinander gekoppelt sind, und einen Kernkörper, der mit einer Mehrzahl von Kernabschnitten versehen ist und wenigstens einen im wesentlichen ringförmigen Schlitz, der so ausgebildet ist, daß er einen der Mehrzahl von Kernabschnitten umgibt und wenigstens eine der Wicklungen der ersten Spulenanordnung von dem wenigstens einen ringförmigen Schlitz aufgenommen und um wenigstens einen der Mehrzahl von Kernabschnitten gewickelt ist, wobei wenigstens eine der Wicklungen der zweiten Spulenanordnung von dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen ist und um den wenigstens einen der Mehrzahl von Kernabschnitten gewickelt ist, um einen gemeinsamen magnetischen Pfad der ersten und der zweiten Spulenanordnung zu bilden.

**[0029]** Nach einem weiteren Aspekt der vorliegenden Erfindung ist ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler vorgesehen, verbunden mit einer ersten positiven Netzleitung und einer ersten negativen Netzleitung sowie einer zweiten positiven Netzleitung und einer zweiten negativen Netzleitung zur Übertragung einer Gleichspannung zwischen den ersten positiven und negativen Netzleitungen und den zweiten positiven und negativen Netzleitungen, wobei der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt: eine integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 25, wobei die erste und die dritte Primärwicklung in Reihe gekoppelt sind, um ein erstes Spulenelement zu bilden, und die zweite und die vierte Primärwicklung in Reihe gekoppelt sind um ein zweites Spulenelement zu bilden, wobei ein Ende des ersten Spulenele-

ments mit der ersten positiven Netzleitung gekoppelt ist; ein erstes Schaltelement gekoppelt zwischen der ersten negativen Netzleitung und dem anderen Ende des ersten Spulenelements, und einem ersten Kondensator der zwischen der ersten negativen Anschluß und einem Ende des zweiten Spulenelements gekoppelt ist.

#### Ausführungsbeispiel

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0030]** Andere Aufgaben und Aspekte der Erfindung werden aus der folgenden Beschreibung von Ausführungsformen unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen ersichtlich, in denen:

**[0031]** **Fig. 1** ein Schaltbild ist, das eine Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0032]** **Fig. 2** eine Zeittafel ist, die die Betätigungszeiten von einem ersten bis zum vierten Schaltelement in Betriebszuständen A und B entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0033]** **Fig. 3** eine Zeittafel ist, die die Übertragung von Spannungen einer ersten und einer zweiten Primärwicklung, einer ersten Sekundärwicklung, einer dritten und einer vierten Primärwicklung und einer zweiten Sekundärwicklung in den Betriebszuständen A und B entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0034]** **Fig. 4** eine Ansicht ist der Wellenform, die einen Strom  $i_1$  entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0035]** **Fig. 5** eine Ansicht ist der Wellenform, die einen Strom  $i_2$  entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0036]** **Fig. 6** eine Ansicht ist der Wellenform, die Ströme  $i_3$  und  $i_4$  entsprechend der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0037]** **Fig. 7** ein Schaltbild ist, das eine äquivalente Schaltung zu dem im **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler darstellt, während ein erstes Schaltelement im EIN-Zustand ist (eine zweites Schaltelement ist im AUS-Zustand);

**[0038]** **Fig. 8** ein Schaltbild ist, das eine äquivalente Schaltung zu dem im **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler darstellt, während das zweite Schaltelement im EIN-Zustand ist (das erste Schaltelement ist im AUS-Zustand);

**[0039]** **Fig. 9** ein Schaltbild ist eines verallgemeiner-

ten, in **Fig. 1** dargestellten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers;

**[0040]** **Fig. 10** ein Diagramm ist zur Darstellung der Beziehung zwischen Brummkomponenten in einem Ausgangsstrom und einem Einschaltgrad des ersten Schaltelements entsprechend einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0041]** **Fig. 11** ein Schaltbild ist, das eine Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0042]** **Fig. 12** eine Zeittafel ist, die die Betätigungszeiten von einem ersten bis zu einem vierten Schaltelement in Betriebszuständen A und B entsprechend einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0043]** **Fig. 13** ein Schaltbild ist einer Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0044]** **Fig. 14** ein Schaltbild ist, das die Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0045]** **Fig. 15** eine Zeittafel ist, die die Betriebszeiten des in **Fig. 14** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers entsprechend der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt;

**[0046]** **Fig. 16** ein Flußdiagramm ist, das Verfahren zeigt, die die in **Fig. 14** gezeigte Steuervorrichtung gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführt;

**[0047]** **Fig. 17** ein Flußdiagramm ist, das Verfahren zeigt, die durch eine Steuervorrichtung eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausführt;

**[0048]** **Fig. 18** ein Diagramm ist, das das Verhältnis zwischen einem maximalen Einschaltgrad und einer Eingangsspannung eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß der siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0049]** **Fig. 19** ein Diagramm ist, das bezogen auf die siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Beispiel einer Wellenform des Maximalwertes einer am ersten Schaltelement anliegenden Spannung  $D_{ds}$  im Bezug zur Eingangsspannung zeigt, wenn der maximale Einschaltgrad im Übereinstimmung mit der Eingangsspannung nicht begrenzt ist;

**[0050]** Fig. 20 ein Diagramm ist, das bezogen auf die siebte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Beispiel einer Wellenform des Maximalwertes einer am ersten Schaltelement anliegenden Spannung  $U_{ds}$  im Bezug zur auf dem Verfahren nach Fig. 17 basierenden Eingangsspannung zeigt, wenn der maximale Einschaltgrad im Übereinstimmung mit der Eingangsspannung begrenzt ist;

**[0051]** Fig. 21 ein Schaltbild ist, das eine Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0052]** Fig. 22 ein Flußdiagramm ist, das ein Verfahren darstellt, das durch eine Steuervorrichtung des in Fig. 21 gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird;

**[0053]** Fig. 23 ein Flußdiagramm ist, das ein Verfahren darstellt, das durch die Steuerung des in Fig. 21 gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer anderen Abwandlung der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ausgeführt wird;

**[0054]** Fig. 24 eine Wellenform-Tafel ist, die Wellenformen eines durch ein erstes Schaltelement gemäß der achten Ausführungsform und ihrer Abwandlungen gemäß der vorliegenden Erfindung fließenden Stroms zeigt;

**[0055]** Fig. 25 ein schematisches Strukturschaubild ist, das die Bauform einer integrierten Transformatoranordnung gemäß einer neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0056]** Fig. 26 ein schematischer Querschnitt ist durch die integrierte Transformatoranordnung längs der Wicklungsrichtung von in Fig. 25 gezeigten Wicklungen gemäß der neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0057]** Fig. 27 ein schematischer Querschnitt ist durch eine integrierte Transformatoranordnung längs einer Mittelachse jeder ihrer Wicklungen gemäß einer zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0058]** Fig. 28 ein Strukturschaubild ist, das Sekundärwicklungen der integrierten Transformatoranordnung gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0059]** Fig. 29 ein schematischer Querschnitt ist durch eine integrierte Transformatoranordnung längs einer Mittelachse jeder ihrer Wicklungen gemäß einer elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung

**[0060]** Fig. 30 ein schematischer Querschnitt ist durch eine integrierte Transformatoranordnung längs einer Mittelachse gemäß einer jeden ihrer Wicklungen gemäß einer zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0061]** Fig. 31 ein schematischer Querschnitt ist durch eine integrierte Transformatoranordnung längs einer Mittelachse jeder ihrer Wicklungen gemäß einer anderen Abwandlung der zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung und

**[0062]** Fig. 32 ein Schaltbild des Standes der Technik ist.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN DER ERFINDUNG

**[0063]** Ausführungsformen und Modifikationen von Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern gemäß der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben.

[Erste Ausführungsform]

(Gesamte Struktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers)

**[0064]** Die gesamte Struktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß einer ersten Ausführungsform wird in Übereinstimmung mit Fig. 1 erläutert.

**[0065]** Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1** wird bedient als ein in einer Richtung wirkender, abwärts stufender Wandler, dessen Eingangsseite mit einem Hochspannungs-Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** als einem ersten Spannungssystem ausgerüstet ist. Die Ausgangsseite des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** ist mit einer Niederspannungslast **3** als zweitem Spannungssystem gekoppelt.

**[0066]** Als der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1** kann ein in eine Richtung wirkender hochstufender Wandler benutzt werden und als Niederspannungslast **3** kann ein Niederspannungsnetzteil benutzt werden, um eine Gleichspannung einzuspeisen, die niedriger ist als die hohe Gleichspannung.

**[0067]** Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1** schließt eine erste Transformatoranordnung T1, eine zweite Transformatoranordnung T2 und einen ersten Wandlerkreis **11** ein. Der erste Wandlerkreis **11** schließt ein erstes Schaltelement Q1 ein, einen ersten Kondensator C1 und eine Klammerschaltung **12**. Die Klammerschaltung **12** besteht aus einem zweiten Schaltelement Q2 und einem zweiten Kondensator C2.

**[0068]** Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1** schließt einen zweiten Wandlerkreis **21** und eine Steuervorrichtung **4** ein. Der zweite Wandlerkreis **21** besteht aus einem dritten Kondensator C3, einem dritten Schaltelement Q3 und einem vierten Schaltelement (einem Ausgangsschaltelement) Q4.

**[0069]** Der erste und der zweite Wandlerkreis **11** und **21** sind beispielsweise wirksam, um eine Gleichspannung in eine Wechselspannung umzuwandeln bzw. eine Wechselspannung in eine Gleichspannung umzuwandeln,

**[0070]** Als jedes vom ersten bis zum vierten Schaltelement Q1 bis Q4 wird in der ersten Ausführungsform beispielsweise ein N-Kanal MOS-Transistor benutzt.

**[0071]** Die erste Transformatoranordnung T1 schließt eine erste Primärwicklung W1, eine zweite Primärwicklung W2 und eine erste Sekundärwicklung W3 ein. Die erste Transformatoranordnung T1 besitzt einen Kern, vorzugsweise mit einem Spalt.

**[0072]** Die erste und die zweite Primärwicklung W1 und W2 sind getrennt um den Kern gewickelt und die erste Sekundärwicklung W3 ist so um den Kern gewickelt, daß die erste und die zweite Primärwicklung W1 und W2 elektromagnetisch mit der ersten Sekundärwicklung W3 gekoppelt sind.

**[0073]** Die Wicklungsrichtung einer jeden Wicklung W1, W2 und W3 ist jeweils vorab bestimmt.

**[0074]** Die zweite Transformatoranordnung wird aus einer dritten Primärwicklung W4, einer vierten Primärwicklung W5 und einer zweiten Sekundärwicklung W6 gebildet. Die zweite Transformatoranordnung T2 besitzt einen Kern, vorzugsweise mit einem Spalt.

**[0075]** Die dritte und die vierte Primärwicklung W4 und W5 sind getrennt um den Kern gewickelt und die zweite Sekundärwicklung W6 ist so um den Kern gewickelt, daß die dritte und die vierte Primärwicklung W4 und W5 elektromagnetisch mit der zweiten Sekundärwicklung W6 gekoppelt sind.

**[0076]** Die Wicklungsrichtung einer jeden Wicklung W4, W5 und W6 ist jeweils vorab bestimmt.

**[0077]** Wie in **Fig. 1** gezeigt, sind der nicht durch einen Punkt gekennzeichnete (nicht punktseitige) Anschluß der ersten Primärwicklung W1 und der punktseitige Anschluß der dritten Primärwicklung W4 in Reihe geschaltet, so daß ein erstes Paar von Spulenelementen **15** gebildet wird. Gleichermaßen sind der nicht punktseitige Anschluß der zweiten Primärwicklung W2 und der punktseitige Anschluß der vierten Primärwicklung W5 ebenfalls miteinander in Reihe

verbunden, um ein zweites Paar von Spulenelementen **16** zu bilden.

**[0078]** Der positive Anschluß (+) des Eingangs-Gleichstromnetzteils **2** ist durch eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **10**, d.h. eine positive Netzleitung, mit dem punktseitigen Anschluß der ersten Primärwicklung W1 verbunden.

**[0079]** Der erste Wandlerkreis **11** ist mit dem zweiten ist dem zweiten Paar von Spulenelementen **16** parallelgeschaltet.

**[0080]** Das heißt, der punktseitige Anschluß der zweiten Primärwicklung W2 ist durch eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **30** mit einem (C1a) von Anschlüssen des ersten Kondensators C1 verbunden und der andere (C1b) der Anschlüsse des ersten Kondensators C1 ist mit dem negativen (-) Anschluß des Eingangs-Gleichstromnetzteils **2** über eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **20**, d.h. eine negative Netzleitung **20**, verbunden.

**[0081]** Der Anschluß C1b des ersten Kondensators C1 und der erste Anschluß, wie der Quellenanschluß, des ersten Schaltelements Q1 sind in Reihe geschaltet. Die Klammerschaltung **12** ist zwischen dem zweiten Anschluß, wie dem Senkenanschluß, des ersten Schaltelements Q1 und der Verbindungsleitung **30** eingefügt, so daß die Klammerschaltung **12** parallel zur Reihenschaltung (des ersten Kondensators C1 und des ersten Schaltelements und zum zweiten Paar der Spulenelemente **16** angeordnet ist.

**[0082]** Der nicht punktseitige Anschluß, wie der Quellenanschluß, des zweiten Schaltelements Q2 and der zweite Anschluß (Senkenanschluß) des ersten Schaltelements Q1 sind miteinander verbunden. Der zweite Anschluß, wie der Senkenanschluß, des zweiten Schaltelements Q2 ist mit einem (C2b) der Anschlüsse der Elektroden des zweiten Kondensators C2 verbunden. Die andere (C2a) der Elektroden des zweiten Kondensators C2 ist durch die Verbindungsleitung **30** mit dem punktseitigen Anschluß der zweiten Primärwicklung W2 verbunden.

**[0083]** Der Verbindungspunkt zwischen dem zweiten Anschluß des ersten Schaltelements Q1 und dem ersten Anschluß des zweiten Schaltelements Q2 wird durch eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **40** mit einem Verbindungspunkt zwischen dem nicht punktseitigen Anschluß der dritten Primärwicklung W4 und dem nicht punktseitigen Anschluß der vierten Primärwicklung W5 verbunden.

**[0084]** Zusätzlich bezeichnet das Bezugszeichen "D1" eine eigenleitende Diode des ersten Schaltelements Q1 und das Bezugszeichen "D2" eine eigenleitende Diode des zweiten Schaltelements Q2.

**[0085]** In der zweiten Wechselstrom-Gleichstrom-Schaltung **21** ist der nicht punktseitige Anschluß der ersten Sekundärwicklung W3 durch eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **50** mit einem Anschluß **3a** der Last **3** verbunden. Ein Anschluß des vierten Schaltelements Q4 ist mit dem punktseitigen Anschluß der ersten Sekundärwicklung W3 verbunden und der andere Anschluß des vierten Schaltelements Q4 über eine Verbindungsleitung (Abschnitt) **60** mit dem anderen Anschluß **3b** der Last **3**.

**[0086]** Ein Anschluß des dritten Schaltelements Q3 ist mit dem nicht punktseitigen Anschluß der zweiten Sekundärwicklung W6 verbunden und der andere Anschluß des dritten Schaltelements Q3 ist über die Verbindungsleitung **60** mit dem anderen Anschluß **3b** der Last **3** verbunden.

**[0087]** Der punktseitige Anschluß der zweiten Sekundärwicklung W6 ist durch die Verbindungsleitung **50** mit dem einen Anschluß **3a** der Last **3** verbunden.

**[0088]** Andererseits dient der dritte Kondensator C3 als eine wohlbekanntere Ausgangsglättungsschaltung, die zwischen die Verbindungsleitungen **50** und **60** eingefügt ist, um die in den Sekundärwicklungen W3 und W6 erzeugten Sekundärspannungen zu glätten.

**[0089]** Die Ausgangsglättungsschaltung kann eine Kombination aus einer Drosselspule und dem dritten Kondensator C3 sein.

**[0090]** Es sollte bemerkt werden, daß bei der ersten Ausführungsform die aus den Wicklungen W1, W2, W4, W5, den Kondensatoren C1, C2 und den Schaltelementen Q1 und Q2 bestehende Einheit als eine Eingangsschaltung bezeichnet wird. Gleichermäßen ist zu bemerken, daß bei der ersten Ausführungsform die aus den Wicklungen W3, W6, dem Kondensator C3 und den Schaltelementen Q3 und Q4 bestehende Einheit als eine Ausgangsschaltung bezeichnet wird.

**[0091]** Jedes der Schaltelemente Q1 und Q2 hat den Steueranschluß nach Art eines Toranschlusses. Die Toranschlüsse der Schaltelemente Q1 und Q2 sind mit der Steuervorrichtung **4** verbunden. Zusätzlich hat jedes der Schaltelemente Q3 und Q4 den Steueranschluß mit der Steuervorrichtung **4** verbunden. Diese Verbindungsverhältnisse zwischen den Schaltelementen Q1 – Q4 und der Steuervorrichtung **4** sind in **Fig. 1** nicht dargestellt, um zu vermeiden, daß die **Fig. 1** zu kompliziert wird.

**[0092]** Die Steuervorrichtung **4** ist wirksam, um individuell die entsprechenden Schaltelemente Q1 bis Q4 ein- und auszuschalten. Bei der ersten Ausführungsform ist die Steuervorrichtung **4** mit einer Ausgangsspannungsermittlungsschaltung **35** verbunden und liest die die Last **3** beaufschlagende Aus-

gangsspannung  $V_o$  von der Ausgangsspannungsermittlungsschaltung **35** ab.

**[0093]** Die Steuervorrichtung **4** speichert eine vorgegebene Zielspannung und stellt eine Differenz zwischen der vorgegebenen Zielspannung und der Ausgangsspannung  $V_o$  fest. Die Steuervorrichtung **4** führt die PWM-(Impulsbreitenmodulation)-Steuerung des Einschaltgrads des Schaltelements Q1 über den Steueranschluß durch, entsprechend dem Unterschied zwischen der vorgegebenen Zielspannung und der Ausgangsspannung  $V_o$ , wodurch die Ausgangsspannung  $V_{out}$  auf den vorgegebenen Zielwert eingeregelt wird. Gelegentlich wird bei der PWM-Steuerung innerhalb verschiedener Dekaden eine Trägerfrequenz vom mehreren hundert kHz (Kilohertz) eingestellt. Es kann vorzuziehen sein, die Trägerfrequenz so hoch einzustellen, wie Schaltverluste und elektromagnetisches Rauschen zulässig sind.

**[0094]** Anstelle eines jeden der Schaltelemente Q1 bis Q4 kann ein anderes Schaltelement verwendet werden, das eine Anschlußdiode und einen anderen Transistor, wie einen IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor) in Parallelschaltung aufweist.

**[0095]** Als nächstes wird nun die Struktur der Eingangsschaltung beschrieben.

**[0096]** Wie nachfolgend beschrieben, führt bei der ersten Ausführungsform die Steuervorrichtung **4** die PWM-Steuerung aus, um abwechselnd den ersten und den zweiten Schalter Q1 und Q2 einzuschalten, und die Totzeiten, die normalerweise zwischen jedem Einschaltzustand des ersten Schaltelements Q1 und jedem Einschaltzustand des zweiten Schaltelements Q2 eingefügt sind, sind vernachlässigbar.

**[0097]** In diesem Fall wird der Strompfad; abgesehen von dem durch jede der eigenleitenden Dioden D1 und D2 fließenden Strom, einfach auf der Basis eines ersten Schalterkreises betrachtet, der gebildet wird, während das erste Schaltelement Q1 sich im Einschaltzustand befindet, und eines zweiten Schalterkreises, der gebildet wird, während sich das zweite Schaltelement Q2 im Einschaltzustand befindet.

**[0098]** Das heißt, der erste Schalterkreis schließt eine erste Kreiseinheit ein, die aus der Verbindungsleitung **10**, der ersten und der dritten Primärwicklung W1 und W4, dem ersten Schaltelement Q1, der Verbindungsleitung **20** und dem Eingangsgleichstromnetzteil **2** besteht. Der erste Schalterkreis schließt auch eine zweite Kreiseinheit ein, die aus der Verbindungsleitung **20**, dem ersten Kondensator C1, der zweiten und der vierten Primärwicklung W2 und W5 und dem ersten Schaltelement Q1 besteht.

**[0099]** Gleichermäßen schließt der zweite Schalter-

kreis eine dritte Kreiseinheit ein, die aus der Verbindungsleitung **10** der ersten und dritten Primärleitung W1 und W4, der Verbindungsleitung **40**, dem zweiten Schaltelement Q2, dem Kondensator C2 und dem Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** besteht. Der zweite Schaltkreis schließt auch eine vierte Kreiseinheit ein, die aus der Verbindungsleitung **40**, dem zweiten Schaltelement Q2, dem zweiten Kondensator C2, der zweiten und vierten Primärwindung W2 und W5 und der Verbindungsleitung **40** besteht. Gelegentlich umfaßt ein erster Kondensatorladekreis die erste und die dritte Primärwicklung W1 und W4, die zweite und vierte Primärwicklung W2 und W5 und den ersten Kondensator C1, und der erste Kondensatorladekreis ist mit dem Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** gekoppelt.

**[0100]** Als nächstes wird nachfolgend die Struktur des Ausgangskreises beschrieben

**[0101]** Bei der ersten Ausführungsform bilden das dritte und vierte Schaltelement Q3 und Q4 eine konventionelle, synchrone Gleichrichterschaltung, so daß das dritte und vierte Schaltelement Q3 und Q4 nach dem Prinzip der synchronen Gleichrichterschaltung komplementäreingeschaltet werden. Gelegentlich können andere Wandlerkreise als drittes und viertes Schaltelement Q3 und Q4 (synchrone Gleichrichterschaltung) benutzt werden.

**[0102]** In diesem Falle ist die Ausgangsschaltung einfach zu betrachten auf der Basis einer fünften Schaltkreiseinheit, die gestaltet wird, während sich das dritte Schaltelement Q3 im Einschaltzustand befindet, und einer sechsten Schaltkreiseinheit, die gestaltet wird, während das vierte Schaltelement Q4 sich im Einschaltzustand befindet.

**[0103]** Die fünfte Kreiseinheit schließt die Verbindungsleitung **60**, das dritte Schaltelement Q3, die zweite Sekundärwicklung W6, den dritten Kondensator C3 und die Verbindungsleitung **50** ein. Gleichermaßen besteht die sechste Kreiseinheit aus der Verbindungsleitung **60**, dem vierten Schaltelement Q4, der ersten Sekundärwicklung W3, dem dritten Kondensator C3 und der Verbindungsleitung **50**.

**[0104]** In diesem Fall kann das dritte oder vierte Schaltelement Q3 bzw. Q4 durch eine Diode ersetzt werden. Das dritte Schaltelement Q3 besitzt den Betriebszustand, der im wesentlichen mit dem des ersten Schaltelements Q1 identisch ist. Gleichermaßen besitzt das vierte Schaltelement Q4 den Betriebszustand, der im wesentlichen mit dem des zweiten Schaltelements Q2 identisch ist.

**[0105]** Diese zeitliche Steuerung des ersten bis vierten Schaltelements Q1 bis Q4 in den Betriebszuständen A und B, die nachfolgend erklärt werden, ist in der **Fig. 2** als Zeittafel dargestellt. Die Übergänge der

Spannungen V1 bis V6 der Wicklungen W1 bis W6 in den Betriebszuständen A und B sind in **Fig. 3** als Zeittafel dargestellt. Dabei werden in den **Fig. 2** und **3** die Totzeiten zwischen den Betriebszeiten des ersten und des zweiten Schaltelements weggelassen.

**[0106]** Gleichermaßen werden in den **Fig. 2** und **3** die Totzeiten zwischen den Betriebszeiten des dritten und vierten Schaltelements Q3 und Q4 weggelassen. Außerdem bezeichnet das Bezugszeichen "D" einen Einschaltgrad des ersten Schaltelements Q1, der durch eine Gleichung "D (Einschaltgrad des Schaltelements Q1) = Ton/T" dargestellt ist, wobei "Ton" die Einschaltdauer des ersten Schaltelements Q1 bezeichnet und "Toff" die Ausschaltdauer des ersten Schaltelements Q1, "T" ist die Betriebsdauer des ersten Schaltelements Q1 die dargestellt wird durch "Ton + Toff".

**[0107]** Beim ersten Ausführungsbeispiel ist die Windungszahl der Wicklungen W1 – W6 auf jeweils n1 – n6 festgelegt. Das Verhältnis der Windungszahlen n1 – n6 kann veränderlich sein. Es kann vorzuziehen sein, daß die Verhältnisse n3/n1, n3/n2, n6/n4 und n6/n5 untereinander gleich sind. Das heißt:  $n3/n1 = n3/n2 = n6/n4 = n6/n5$ .

**[0108]** Das Verhältnis ( $n3/n1 = n3/n2 = n6/n4 = n6/n5$ ) wird typischerweise als "n" dargestellt.

**[0109]** Die Ausgangsspannung Vout wird deshalb in Übereinstimmung mit den vorher bestimmten Parametern durch die folgende Gleichung dargestellt:

$$V_{out} = n \times D \times V_{in}$$

**[0110]** Als nächstes werden nachfolgend die Aktionen des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** beschrieben.

**[0111]** Ein vom Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** ausgegebener und der ersten Primärwicklung W1 und der dritten Primärwicklung W4 wird mit "i1" bezeichnet. Ein im ersten Kondensator C1 geladener und daraus entladener Strom wird mit "i2" bezeichnet. Ein durch die erste Sekundärwicklung W3 an den dritten Kondensator ausgegebener Strom wird mit "i4" und ein durch die zweite Sekundärwicklung W6 an den dritten Kondensator C3 ausgegebener Strom mit "i3" bezeichnet.

**[0112]** Wie oben erwähnt, zeigt die **Fig. 2** den zeitlichen Verlauf der Aktion der Schaltelemente vom ersten Schaltelement Q1 bis zum vierten Schaltelement Q4 in den Betriebszuständen A und B und die **Fig. 3** zeigt die Übergänge der Spannungen V1 bis V6 der Wicklungen W1 bis W6 in den Betriebszuständen A und B. Zusätzlich zeigt die **Fig. 4** die nachfolgend beschriebene Wellenform des Stroms i1, die **Fig. 5** die nachfolgend beschriebene Wellenform des

Stroms  $i_2$  und die **Fig. 6** die nachfolgend beschriebenen Wellenformen der Ströme  $i_3$  und  $i_4$ .

**[0113]** Zusätzlich stellt die **Fig. 7** eine zum in **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler äquivalente Schaltung dar, während das erste Schaltelement Q1 sich im Einschaltzustand befindet (das zweite Schaltelement Q2 befindet sich im ausgeschalteten Zustand). Die **Fig. 8** stellt eine zu dem in **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler äquivalente Schaltung dar, während das zweite Schaltelement Q2 sich im Einschaltzustand befindet (das erste Schaltelement Q1 befindet sich im ausgeschalteten Zustand).

**[0114]** Die Laderichtungen CD zum ersten und zum zweiten Kondensator C1 und C2 sind in den **Fig. 7** und 8 dargestellt, und die Entladerichtungen DD vom ersten und zweiten Kondensator sind in den **Fig. 7** und 8 dargestellt. In **Fig. 6** sind der Strom  $i_3$ , der durch die zweite Sekundärwicklung W6 der zweiten Transformatoranordnung T2 fließt und der Strom  $i_4$ , der durch die erste Sekundärwicklung W3 der ersten Transformatoranordnung T1 fließt, gemeinsam dargestellt. Es wird angenommen, daß im Betriebszustand A der Strom  $i_4$  im wesentlichen gleich Null ist, und im Betriebszustand B der Strom  $i_3$  im wesentlichen gleich Null ist. In **Fig. 2** können die Totzeiten, die zwischen jeder Einschaltzeit des ersten Schaltelements Q1 und jeder Einschaltzeit des zweiten Schaltelements Q2 eingefügt sind vorzugsweise eingefügt werden.

**[0115]** Zusätzlich steigt jedes der Schaltelemente vom ersten Schaltelement Q1 bis zum vierten Schaltelement Q4 aus dem Ausschaltzustand innerhalb der vorgegebenen Anstiegszeit auf den Einschaltzustand an und fällt vom Einschaltzustand innerhalb der vorgegebenen Abfallzeit auf den Ausschaltzustand ab.

**[0116]** Wie in **Fig. 2** gezeigt, werden das erste und das dritte Schaltelement Q1 und Q3 mittels der Steuervorrichtung 4 im wesentlichen synchron ein- und ausgeschaltet, und das zweite und das vierte Schaltelement Q2 und Q4 werden mittels der Steuervorrichtung 4 im wesentlichen synchron ein- und ausgeschaltet. Gelegentlich kann das synchrone Einschalten einen Fall mit einschließen, in dem das dritte Schaltelement (vierte Schaltelement) eingeschaltet wird, nachdem seit dem Einschalten des ersten Schaltelements (des vierten Schaltelements) eine vorgegebene Zeit verstrichen ist.

**[0117]** Zusätzlich werden das erste und das zweite Schaltelement Q1 und Q2 mittels der Steuervorrichtung 4 komplementär ein- und ausgeschaltet und das dritte und das vierte Schaltelement Q3 und Q4 werden im wesentlichen komplementär durch die Steuervorrichtung 4 ein- und ausgeschaltet. Wie in **Fig. 2**

gezeigt, hält die Steuervorrichtung 4 das erste und das dritte Schaltelement Q1 und Q3 im Betriebszustand A und hält das zweite und vierte Schaltelement Q2 und Q4 im Betriebszustand B.

**[0118]** Die **Fig. 7** zeigt den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler 1 im Betriebszustand A, so daß das erste Schaltelement Q1 sich im Einschaltzustand und das zweite Schaltelement Q2 im Ausschaltzustand befindet. Im Gegensatz dazu zeigt die **Fig. 8** den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler 1 im Betriebszustand B, so daß das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand und das zweite Schaltelement Q2 im Einschaltzustand befinden.

**[0119]** Bei der ersten Ausführungsform besitzen das erste Schaltelement Q1 und das zweite Schaltelement Q2 die eigenleitenden Dioden D1 bzw. D2 der Vorwärts-Spannungsabfall einer Diode beträgt annähernd 0,7 V. Nimmt man deshalb an, daß die Leitung 20 Erdpotential hat, wie 0 V [Volt], kann das Potential der Verbindungsleitung 40 auf nicht mehr als minus 0,8 V gehalten werden.

**[0120]** Die Bauform des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers 1 gemäß der ersten Ausführungsform besitzt das Merkmal, daß Wechselstromkomponenten einschließlich der Brummkomponenten in die erste und die zweite Primärwicklung W1 und W2 fließen. Zusätzlich fließen die Wechselstromkomponenten einschließlich der Brummkomponenten durch die dritte und die vierte Primärwicklung W4 und W5 der ersten und der zweiten Transformatoranordnung T1 und T2 durch das Laden und Entladen der ersten und des zweiten Kondensators C1 und C2. Das heißt, es fließen kaum Gleichstromkomponenten durch die Primärwindungen W2 und W5.

**[0121]** Die Arbeitsweise des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers 1 während eines Zyklus (der Betriebszustände A und B) wird aufeinanderfolgend nachstehend erläutert.

**[0122]** Um die Erläuterungen zu vereinfachen, wird in diesem Fall die Windungszahl einer jeden Wicklung W1 bis W5 der ersten und der zweiten Transformatoranordnung T1 und T2 auf 1 (eine Windung) festgesetzt, so daß in den Wicklungen W1 bis W6 erzeugte magnetomotorische Kräfte im wesentlichen untereinander gleich sind. Die magnetischen Widerstände der ersten und der zweiten Transformatoranordnung sind im wesentlichen untereinander gleich. In jeder der Wicklungen W1 bis W6 würde ein einer Streuinduktivität jeder Wicklung entsprechendes Element mit jeder Wicklung verbunden sein. Die Streuinduktivität ist jedoch bei den folgenden Erläuterungen vernachlässigbar.

**[0123]** Die Arbeitsweise des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers 1 in dem einen Zyklus wird in Verbin-

dung mit den **Fig. 2 – 8** erläutert. Weil angenommen wird, daß die Windungszahl bei jeder Wicklung W1 – W6 auf 1 gesetzt ist, werden Bezugszeichen  $H_{im}$  (m: natürliche Zahl) zur Bezeichnung der magnetomotorischen Kräfte (Amperewindungen) der entsprechenden Wicklungen W1 bis W6 benutzt. Beispielsweise werden die in den Wicklungen W1 bis W6 erzeugten magnetomotorischen Kräfte als "magnetomotorisch Kräfte (Amperewindungen)  $H_{i1}$  bis  $H_{i6}$ ," dargestellt. Jede der magnetomotorischen Kräfte (Amperewindungen) jeder Wicklung hat ein positives oder negatives Vorzeichen abhängig von der Richtung des in jeder Wicklung erzeugten magnetischen Flusses.

(Totzeit vor der Arbeitsweise im Betriebszustand A)

**[0124]** Bevor das erste Schaltelement Q1 eingeschaltet wird, d.h. wenn das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand befindet, und das zweite Schaltelement **2** sich im Einschaltzustand befindet, fließt der Strom vom zweiten Kondensator C2 durch die vierte Primärwicklung W5 und die zweite Primärwicklung W2 in den zweiten Kondensator C2. Der in den ersten Kondensator C1 fließende Strom wird darin, wie später beschrieben, als elektrische Energie gespeichert.

**[0125]** Während das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand befindet und das zweite Schaltelement Q2 sich im Ausschaltzustand befindet, d.h. während sich der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1** in der Totzeit DT1 (siehe **Fig. 4**) befindet, bilden die Streuinduktivitäten der der Primärwicklungen W2 und W5 und die Ausgangskapazität zwischen den ersten und dem zweiten Ausgang des ersten Schaltelements Q1 einen LC-Kreis. Die Streuinduktivität und die Ausgangskapazität schwingen deshalb miteinander in Resonanz. Im LC-Kreis veranlaßt die Energie der Streuinduktivität den Resonanzstrom von der Ausgangskapazität zu fließen, was die am ersten Schaltelement Q1 anliegende Spannung reduziert.

**[0126]** Während die Spannung am ersten Schaltelement Q1 im wesentlichen gleich Null ist, steuert die Steuervorrichtung **4** derart, daß das erste Schaltelement Q1 eingeschaltet wird (siehe **Fig. 2** und **3**). Das realisiert das "sanfte Schalten (Nullspannungs-Schaltung)" des ersten Schaltelements Q1, wodurch Schaltungsverluste und Rauschen des ersten Schaltelements Q1 reduziert werden.

(Arbeitsweise im Betriebszustand A)

**[0127]** Während gesteuert durch die Steuervorrichtung **4** sic das erste Schaltelement Q1 im Einschaltzustand befindet und das zweite Schaltelement Q2 im Ausschaltzustand, durchquert der vom Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** kommende Strom  $i_1$  die erste Primärwicklung W1, die dritte Primärwicklung W4 und das erste Schaltelement Q1 in Richtung auf

die Verbindungsleitung **20**.

**[0128]** Andererseits wird durch das Eingangs-Gleichstromnetzteil **2** im nachfolgend beschriebenen Betriebszustand B die elektrische Energie im ersten Kondensator C1 gespeichert, so daß der erste Kondensator C1 ein höheres Potential als die durchschnittliche Spannung  $V_{in}$  des Eingangs-Gleichstromnetzteils **2** aufweist.

**[0129]** Im Betriebszustand A (das erste Schaltelement Q1 im Einschaltzustand) fließt deshalb der vom Kondensator C1 entladene Strom auch durch die zweite Primärwicklung W2, die vierte Primärwicklung W5 und das erste Schaltelement Q1. Jeder der Ströme  $i_1$  und  $i_2$  nimmt mit der Zeit zu (siehe **Fig. 4** und **5**). Die Spannungen  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_4$  und  $V_5$  werden jeweils in den Primärwicklungen W1, W2, W4 und W5 erzeugt. Das heißt, daß, wie in **Fig. 3** gezeigt, die Spannung  $V_1$  als " $V_{in} - nV_{out}$ ", die Spannung  $V_2$  als " $V_{in} - nV_{out}$ ", die Spannung  $V_4$  als " $nV_{out}$ " und die Spannung  $V_5$  als " $nV_{out}$ " dargestellt wird.

**[0130]** In der zweiten Transformatoranordnung T2 erzeugt die dritte Primärwicklung W4, in der der Strom  $i_1$  fließt, die magnetomotorische Kraft (Amperewicklung)  $H_{i1}$  und die vierte Primärwicklung W5, in der der Strom  $i_2$  fließt, die magnetomotorische Kraft (Amperewicklung)  $H_{i2}$ .

**[0131]** Bei der ersten Ausführungsform sind die Polaritäten, die Windungszahl und die Windungsrichtungen der dritten Primärwicklung W4 und der vierten Primärwicklung W5 so eingestellt, daß die Richtung des durch die magnetomotorische Kraft  $H_{i2}$  in der vierten Primärwicklung gebildeten magnetischen Flusses und die des durch die magnetomotorische Kraft  $H_{i1}$  in der dritten Primärwicklung W4 gebildeten magnetischen Flusses miteinander übereinstimmen.

**[0132]** Das führt dazu, daß der der Summe der magnetomotorischen Kräfte ( $H_{i1} + H_{i2}$ ) entsprechende magnetische Fluß  $\phi_2$  im Transformator T2 erzeugt wird.

**[0133]** Zu dieser Zeit befindet sich das dritte Schaltelement Q3 im Einschaltzustand und das vierte Schaltelement Q4 im Ausschaltzustand, so daß die Seite der sekundären Wicklung der ersten Transformatoranordnung T1 offen ist. Das führt dazu, daß die erregten Wicklungen W1 und W2 als Drosselspulen dienen, so daß durch die erregten Wicklungen W1 und W2 fließende Ströme  $i_1$  und  $i_2$  entsprechende Brummanteile aufweisen. Das heißt, die Ströme  $i_1$  und  $i_2$  besitzen entsprechende, ansteigende Wechselstrom-Wellenformen (siehe **Fig. 4** und **5**).

**[0134]** Die Veränderung des in der Primärwicklungsseite des zweiten Transformators T2 erzeugten magnetischen Flusses  $\phi_2$  veranlaßt die Induzierung

der Sekundärspannung  $V_6$  in der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$ , deren Größe von der Veränderung des magnetischen Flusses  $\phi_2$  abhängt (siehe **Fig. 3**). Die Sekundärspannung wird als "Vout" dargestellt.

**[0135]** Bei der ersten Ausführungsform ist die Windungsrichtung der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$  so eingestellt, daß die Sekundärspannung  $V_6$  den Strom  $i_3$  über die Last **3** abgibt. Weil die Ströme  $i_1$  und  $i_2$  Brummanteile aufweisen, besitzt auch der von der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$  ausgegebene Strom  $i_3$  Brummanteile, so daß der Strom  $i_3$  eine ansteigende Wechselstrom-Wellenform aufweist (siehe **Fig. 6**).

**[0136]** Betrachtet man die Last **3** als einen Widerstand, fließt der Strom  $i_3$ , dessen Größe proportional der Sekundärspannung  $V_6$  ist, durch die Last **3**. Infolge des aus der zweiten Transformatoranordnung  $T_2$  fließenden Stroms  $i_3$  steigen der durch die dritte Primärwicklung  $W_4$  fließende Strom  $i_1$  und der durch die vierte Primärwicklung  $W_5$  fließende Strom  $i_2$  entsprechend an (siehe **Fig. 4 bis 6**).

**[0137]** Das heißt, daß der durch die dritte Primärwicklung  $W_4$  fließende Strom  $i_1$  und der durch die vierte Primärwicklung  $W_5$  fließende Strom  $i_2$  magnetisierenden Stromkomponenten in der zweiten Transformatoranordnung  $T_2$  und dem Strom  $i_3$  entsprechen. Das führt dazu, daß die Kombination des Stroms  $i_2$  mit Ausnahme der magnetisierenden Komponenten und der Strom  $i_1$  aus der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$  als der Strom  $i_3$  ausgegeben wird.

**[0138]** Das heißt, die Zunahme der magnetomotorischen Kraft aufgrund der Zunahme des durch die dritte Primärwicklung  $W_4$  fließenden Stroms  $i_1$  und jene der auf der Zunahme des durch die vierte Primärwicklung  $W_5$  der zweiten Transformatoranordnung  $T_2$  beruhenden magnetomotorischen Kraft werden kombiniert, um eine kombinierte magnetomotorische Kraft innerhalb der Einschalt-Periode des ersten Schaltelements  $Q_1$  im Betriebszustand A zu bilden.

**[0139]** Die kombinierte magnetomotorische Kraft verursacht die Erzeugung der Sekundärspannung  $V_6$  in der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$ , so daß der Strom  $i_3$  aus der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$  ausgegeben wird. Mit anderen Worten, die Zunahme des magnetischen Flusses auf der Basis der Zunahme des Stroms  $i_1$  durch die dritte Primärwicklung  $W_4$  und jene des magnetischen Flusses, der auf der Zunahme des Stroms  $i_2$  durch die vierte Wicklung  $W_5$  beruht, veranlassen, daß der Strom  $i_3$  aus der zweiten Sekundärwicklung  $W_6$  austritt.

**[0140]** Andererseits wird die in der ersten Transformatoranordnung  $T_1$  erzeugte Magnetenergie darin gespeichert, weil die Ströme  $i_1$  und  $i_2$  durch die erregten Wicklungen  $W_1$  und  $W_2$  fließen und das vierte

Schaltelement  $Q_4$  im Ausschaltzustand ist.

**[0141]** Wenn das erste Schaltelement  $Q_1$  ausgeschaltet ist, kann, wenn keine Klammerschaltung **12** in der Eingangsschaltung vorgesehen ist, die in beiden magnetisierten und Streuinduktivitäten einer jeden der Primärwicklungen gespeicherte Energie, in keiner Richtung abfließen, was den Auftritt einer unbestimmten Stoßspannung am ersten Schaltelement  $Q_1$  verursacht.

**[0142]** Die Klammerschaltung **12** erlaubt jedoch der Energie den Abfluß zum Kondensator  $C_2$ , so daß die Energie im zweiten Kondensator  $C_2$  gespeichert wird und es dadurch möglich wird, die Stoßspannung zu vermeiden.

(Totzeit vor der Arbeitsweise während des Betriebszustands B)

**[0143]** Bevor das zweite Schaltelement  $Q_2$  eingeschaltet wird, d.h. wenn sich das Schaltelement  $Q_2$  im Ausschaltzustand befindet und das erste Schaltelement  $Q_1$  sich im Ausschaltzustand befindet, veranlaßt die im zweiten Kondensator  $C_2$  gespeicherte Energie die am ersten Schaltelement  $Q_1$  anliegende Spannung zuzunehmen. Die erhöhte Spannung am ersten Schaltelement  $Q_1$  ist größer als die Eingangsspannung  $V_{in}$ .

**[0144]** Es wird bemerkt, daß das Spannungsmaximum am ersten Schaltelement  $Q_1$  zum Potential der Verbindungsleitung **40** äquivalent ist, weil die Verbindungsleitung **20** geerdet ist, was durch die folgende Gleichung ausgedrückt wird:

$$V_{max}(Q_1) = V_{in}/(1 - D) + a$$

**[0145]** Dabei bezeichnet " $V_{max}(Q_1)$ " die am ersten Schaltelement  $Q_1$  anliegende Spannung und " $a$ " die Spannungsveränderungen aufgrund der Fluktuationen der Last **3**, Wärmeverlust und/oder parasitärer Komponenten.

**[0146]** Zu der Zeit verursachen die Stoßspannungen aufgrund der Induktivitätskomponenten der Primärwicklungen die Ladung des zweiten Kondensators  $C_2$  über die eigenleitende Diode  $D_2$  des zweiten Schaltelements  $Q_2$ . Weil das erste und das zweite Schaltelement  $Q_1$  und  $Q_2$  im Ausschaltzustand sind, veranlassen die Energiekomponenten sowohl der magnetisierten als auch der Streuinduktivitäten der ersten bis zur vierten Wicklung  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_4$  und  $W_5$  den Strom  $i_1$  und  $i_2$  innerhalb der Totzeit  $DT_2$  abzunehmen (siehe **Fig. 4 und 5**). Das heißt, die Wellenformen der Ströme  $i_1$  und  $i_2$  steigen in der Totzeit  $DT_2$  in einer den Strömen  $i_1$  und  $i_2$  in der Totzeit  $DT_1$  entgegengesetzten Richtung an.

(Arbeitsweise im Betriebszustand B)

**[0147]** Wenn das zweite Schaltelement Q2 durch die Steuervorrichtung 4 eingeschaltet wird, während das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand befindet, durchläuft der von dem Netzteil 2 zugeführte Strom  $i_1$  die erste, dritte und vierte Primärwicklung W1, W4 und W5 und die zweite Primärwicklung W2 auf dem Weg zum ersten Kondensator, um darin geladen zu werden.

**[0148]** Andererseits besitzt der zweite Kondensator C2 das höhere Potential als das Potential an der Verbindungsleitung 40, das  $V_{\max}(Q1)$  des ersten Schaltelements Q1 entspricht, weil die elektrische Energie im zweiten Kondensator C2 gespeichert wurde.

**[0149]** Im Betriebszustand B fließt deshalb der aus dem zweiten Kondensator C2 entladene Strom  $i_{C2}$  auch durch das zweite Schaltelement Q2, die vierte Primärwicklung W5 und die zweite Primärwicklung W2

**[0150]** Die Spannungen V1, V2, V4 und V5 werden jeweils in den Primärwicklungen W1, W2, W4 und W5 erzeugt. Das heißt, wie in Fig. 3 gezeigt, daß die Spannung V1 als " $nV_{out}$ ", die Spannung V2 als " $nV_{out}$ ", die Spannung V4 als " $nV_{out}(1 - D)/DF$ " und die Spannung V5 als " $nV_{out}/(1 - D)$ " dargestellt wird.

**[0151]** Bei der ersten Transformatoranordnung T1 verursacht die Abnahme des in die erste Primärwicklung W1 fließenden Stroms  $i_1$  die Abnahme des erzeugten magnetischen Flusses in einer vorgegebenen Richtung. Der Stromunterschied in der zweiten Primärwicklung W2 zwischen dem Strom  $i_2$  im Betriebszustand A und dem Strom  $i_2'$  im Betriebszustand B veranlaßt die Abnahme des magnetischen Flusses in der vorgegebenen Richtung beizutragen.

**[0152]** Zusätzlich ist zu der Zeit das dritte Schaltelement Q4 im Ausschaltzustand und das vierte Schaltelement Q5 ist im Einschaltzustand, so daß die Sekundärwicklungsseite der zweiten Transformatoranordnung T2 offen ist.

**[0153]** Der Wechsel des Stroms  $i_1$  durch die erste Primärwicklung W1 von der Zunahme zur Abnahme und der des Stroms  $i_2'$  vom Strom  $i_2$  veranlassen die Erzeugung der Sekundärspannung V3 in der ersten Sekundärwicklung W3. Die Größe der Sekundärspannung V3 ist proportional dem Ausmaß der Veränderung des magnetischen Flusses aufgrund der Veränderung der Ströme  $i_1$  und  $i_2'$  (siehe Fig. 3). Die Sekundärspannung V3 wird als " $V_{out}$ " dargestellt.

**[0154]** Bei der ersten Ausführungsform wird die Windungsrichtung der ersten Sekundärwicklung W3 so bestimmt, daß die Sekundärspannung V3 einen Stromfluß durch die Last 3 veranlaßt. Weil die Ströme

$i_1$  und  $i_2'$  Brummkomponenten aufweisen, hat auch der aus der ersten Sekundärwicklung W3 austretende Strom  $i_4$  Brummkomponenten, so daß der Strom  $i_4$  eine ansteigende Wechselstrom-Wellenform aufweist (siehe Fig. 6).

**[0155]** Betrachtet man die Last 3 als Widerstand, fließt der Strom  $i_4$ , dessen Größe der Sekundärspannung V3 proportional ist, durch die Last 3. Weil der Strom  $i_4$  aus der ersten Transformatoranordnung T1 fließt, nehmen jeweils der durch die erste Primärwicklung W1 fließende Strom  $i_1$  und der aus der zweiten Primärwicklung W2 fließende Strom  $i_2'$  zu (siehe Fig. 4 bis 6). Das Stromäquivalent zur Kombination des Stroms  $i_2'$  mit Ausnahme der Magnetisierungsstromkomponente der ersten Transformatoranordnung T1 und des durch die erste Primärwicklung W1 fließenden Stroms  $i_1$  wird von der ersten Sekundärwicklung W3 als Strom  $i_4$  ausgegeben.

**[0156]** Das heißt, die Abnahme der magnetomotorischen Kraft aufgrund der Abnahme des durch die erste Primärwicklung W1 fließenden Stroms  $i_1$  und die der magnetomotorischen Kraft aufgrund der Abnahme des durch die zweite Primärwicklung W2 der ersten Transformatoranordnung T1 fließenden Stroms  $i_2'$  sind kombiniert, um eine kombinierte magnetomotorische Kraft in der eingeschalteten Periode des zweiten Schaltelements Q2 im Betriebszustand B zu bilden.

**[0157]** Die kombinierte magnetomotorische Kraft veranlaßt die Erzeugung der Sekundärspannung V3 in der ersten Sekundärwicklung W3, so daß der Strom  $i_4$  aus der ersten Sekundärwicklung W3 austritt. Mit anderen Worten, die Abnahme des magnetischen Flusses basierend auf der der Abnahme des Stroms  $i_1$  durch die erste Primärwicklung W1 und jene des magnetischen Flusses basierend auf der Veränderung des Stroms durch die zweite Wicklung W2 vom Strom  $i_2$  zum Strom  $i_2'$  veranlassen die Ausgabe der Stroms  $i_4$  aus der ersten Sekundärwicklung W3.

**[0158]** Andererseits wird die in der zweiten Transformatoranordnung T2 erzeugte magnetische Energie darin gespeichert, weil die Ströme  $i_1$  und  $i_2'$  durch die erregten Wicklungen W4 und W5 fließen und das dritte Schaltelement Q3 sich im Ausschaltzustand befindet.

(Energiefluß im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler)

**[0159]** Die Fig. 9 ist ein Schaltbild eines verallgemeinerten, in Fig. 1 dargestellten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers 1.

**[0160]** Bei dem in Fig. 9 abgebildeten, verallgemeinerten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler 1A bezeichnet das Bezugszeichen 1050 das erste Span-

nungssystem (das Eingangs-Gleichstromnetzteil **2**) und die Bezugszeichen **11** und **21** bezeichnen den ersten bzw. zweiten Wandlerkreis. Das Bezugszeichen **2050** bezeichnet das zweite Spannungssystem, das der Last **3** zugeordnet ist und eine Batterie einschließt. In **Fig. 9** ist der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler so gestaltet, daß er elektrische Energie vom ersten Spannungssystem **1050** dem zweiten Spannungssystem **2050** zuführt.

**[0161]** Der erste Wandlerkreis **11** ist so gestaltet, daß sie aus dem ersten Spannungssystem ausgegebene Gleichstromenergie in Wechselstromenergie umwandelt, wodurch die umgewandelte Wechselstromenergie der ersten Transformatoranordnung T1 zugeführt wird.

**[0162]** Der zweite Wandlerkreis **21** gestaltet, daß sie alternierend von der ersten Transformatoranordnung T1 oder der zweiten Transformatoranordnung T2 ausgegebene Wechselstromenergie in Gleichstromenergie umwandelt und dadurch die umgewandelte Gleichstromenergie dem zweiten Spannungssystem **2050** zuführt. Die erste Primärwicklung W1 und die dritte Primärwicklung W4 sind in Reihe verbunden, um das erste Paar von Spulenelementen **15** zu bilden, und die zweite Primärwicklung W2 und die vierte Primärwicklung W5 sind in Reihe verbunden, um das zweite Paar von Spulenelementen **18** zu bilden.

**[0163]** Der erste Wandlerkreis **11**, wie oben beschrieben, ist aus dem ersten Schaltelement Q1, dem ersten Kondensator C1 und der Klammerschaltung **12** gebildet. Die Klammerschaltung besteht aus dem zweiten Schaltelement Q2 und dem zweiten Kondensator VC2. Der erste Wandlerkreis **11** wirkt derart, daß sie den umgewandelten Wechselstrom dem zweiten Paar von Spulenelementen (W2, W5) zuführt. Gleichstromkomponenten können auf den Wechselstrom überlagert werden, aber die Gleichstromkomponenten wirken bei der Energieübertragung durch die ersten und zweiten Transformatoranordnungen T1 und T2 mit.

**[0164]** Das erste Paar von Spulenelementen **15** umfaßt die erste Primärwicklung W1 die elektromagnetisch mit der zweiten Primärwicklung W2 und der ersten Sekundärwicklung W3 gekoppelt ist. Das erste Paar von Spulenelementen **15** umfaßt außerdem die dritte Primärwicklung W4, die elektromagnetisch mit der vierten Primärwicklung W5 und der zweiten Sekundärwicklung W6 gekoppelt ist. Die erste Primärwicklung W1 und die dritte Primärwicklung W4 sind in Reihe verbunden. Das erste Paar von Spulenelementen **15** ist durch das erste Schaltelement Q1 mit der negativen Seite des ersten Spannungssystems **1050** verbunden.

**[0165]** Diese Bauform veranlaßt den Ein-

gangs-Gleichstrom  $i_1$  während der Periode, in der das erste Schaltelement sich im Einschaltzustand befindet, durch das erste Paar von Spulenelementen **15** zu fließen, so daß der erste Kondensator C1 sich entlädt. Das führt dazu, daß der Eingangsstrom  $i_1$  durch das erste Paar von Spulenelementen **15** fließt, wenn der erste Kondensator C1 geladen wird und der erste Kondensator C1 entladen wird, wodurch in den Eingangsstrom  $i_1$  eingeschlossene Brummkomponenten reduziert werden. Die Brummkomponenten schließen die Trägerfrequenz ein, oder ihre Hochfrequenzkomponenten, aber allmähliche Fluktuationen und Stoßströme sind nicht in den Brummkomponenten eingeschlossen.

**[0166]** Das zweite Paar von Spulenelementen **16** wird wirksam, um während der Periode, in der das erste Schaltelement Q1 im Einschaltzustand ist, Leistung aus der vierten Primärwicklung W5 auszugeben. Das zweite Paar von Spulenelementen **16** wird ebenfalls wirksam, um während der Periode, in der das erste Schaltelement sich im Ausschaltzustand befindet, Leistung aus der zweiten Primärwicklung W2 auszugeben.

**[0167]** Der erste Kondensator C1 wird über das erste Paar von Spulenelementen **15** und das zweite Paar von Spulenelementen **16** vom ersten Spannungssystem **1050** geladen. Das heißt, wenn der erste Kondensator C1 geladen ist, wird die Leistung von der zweiten Primärwicklung W2 auf das zweite Paar von Spulenelementen **16** auf deren erste Sekundärwicklung übertragen.

**[0168]** Wenn das erste Schaltelement Q1 sich im Einschaltzustand befindet, so daß der erste Kondensator C1 sich entlädt, wird die Leistung von der vierten Wicklung W5 des zweiten Paares von Spulenelementen **16** auf deren zweite Sekundärwicklung W6 übertragen.

**[0169]** Beim Betriebszustand B gibt der erste Wandler **11** die Leistung durch die zweite Transformatoranordnung T2 und die vierte Primärwicklung W5 aus, während der erste Kondensator C1 geladen wird. Beim nächsten Betriebszustand gibt der erste Wandler **11** als Leistung die im ersten Kondensator C1 gespeicherte Energie über die zweite Primärwicklung W2 aus.

**[0170]** Die Zunahme des Eingangsstroms  $i_1$ , wenn das erste Schaltelement Q1 sich im Einschaltzustand befindet, während der erste Kondensator C1 entlädt, erlaubt es der ersten Primärwicklung W1 des ersten Paares von Spulenelementen die magnetische Energie darin zu speichern und als Drosselspule zu dienen. Die Zunahme des Eingangsstroms  $i_1$  erlaubt auch der dritten Primärwicklung W4 die Energie zur zweiten Sekundärspule W6 zu übertragen.

**[0171]** Im Gegensatz dazu gestattet es die Abnahme des Eingangsstroms  $i_1$ , wenn das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand befindet und der erste Kondensator C1 geladen wird, der ersten Primärwicklung W1, die Energie auf die erste Sekundärwicklung W3 zu übertragen, und der dritten Primärwicklung W4, die magnetische Energie darin zu speichern und als Drosselspule zu dienen.

**[0172]** Diese Ausgestaltung erlaubt es, die im Eingangsstrom  $i_1$  enthaltenen Brummkomponenten weiter zu reduzieren.

**[0173]** Das heißt, der Energiefluß stellt sich wie folgt dar.

**[0174]** Während das erste Schaltelement Q1 im Einschaltzustand ist, so daß der erste Kondensator entlädt, wird Energie P5 von der vierten Primärwicklung W5 zur zweiten Sekundärwicklung W6 übertragen und die Energie P4 wird von der dritten Primärwicklung zur zweiten Sekundärwicklung W6 übertragen. Die erste Transformatoranordnung T1 dient als eine Drosselspule zur Speicherung der magnetischen Energie.

**[0175]** Wenn das erste Schaltelement Q1 sich im Ausschaltzustand befindet, so daß der erste Kondensator C1 geladen wird, wird die Energie P1 von der ersten Primärwicklung W1 zu der ersten Sekundärwicklung w3 übertragen und die Energie P2 von der zweiten Primärwicklung W2 zur ersten Sekundärwicklung W3. Der zweite Transformator T2 dient als Drosselspule zur Speicherung der magnetischen Energie. Die gespeicherte magnetische Energie wird wirksam genutzt.

**[0176]** Wie oben beschrieben werden in dem oben beschriebenen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler 1 die Ströme  $i_3 + i_4$  im wesentlichen kontinuierliche Ströme sein, selbst wenn die Einschaltperiode des ersten Schaltelements Q1 und seine Ausschaltperiode gewechselt werden. Der Eingangsstrom  $i_1$  fließt kontinuierlich vom Eingangs-Gleichstromnetzteil 2 zum Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler 1. Dies erlaubt es im wesentlichen nicht, daß entgegenstehende Eingangsströme auftreten, die in das Eingangs-Gleichstromnetzteil 2 eintreten, was es möglich macht, auf den Gebrauch eines Glättungskondensators zu verzichten, der parallel zum Eingangs-Gleichstromnetzteil 2 geschaltet ist.

**[0177]** Einige Energie wird aufgrund der im Eingangsstrom  $i_1$  enthaltenen Brummkomponenten von der ersten Primärwicklung W1 und der dritten Primärwicklung W4 auf die erste und die zweite Sekundärwicklung W3 und W6 übertragen. Die meiste Energie wird jedoch bei der Umkehrung der Stromrichtung durch die zweite und die vierte Primärwicklung W2 und W5 zwischen den Betriebszuständen A und B

übertragen. Das erlaubt die Übertragung einer großen Energiemenge auf die Sekundärseite der Transformatoranordnungen T1 und T2, während die Brummkomponenten im Eingangsstrom gering gehalten werden. Außerdem ist es möglich, die Kapazität des ersten Kondensators C1 zu verringern im Vergleich mit einem Glättungskondensator, der parallel zum Eingangs-Gleichstromnetzteil 102 geschaltet ist, wie in Fig. 32 gezeigt ist.

**[0178]** Die erste Transformatoranordnung T1 im Betriebszustand A dient als Drosselspule und die zweite Transformatoranordnung T2 im Betriebszustand B dient auch als Drosselspule. Diese Drosselspulenfunktion erlaubt es, den durch die erste und die dritte Primärwicklung W1 und W4 fließenden Strom linear zu verändern, und den durch die zweite und die vierte Primärwicklung W2 und W5 fließenden Strom linear zu verändern. Dies erlaubt es, den auf der Sekundärseite der Transformatoranordnungen T1 und T2 ausgegebenen Ausgangsstrom zu stabilisieren.

**[0179]** Als eine erste Abwandlung der ersten Ausführungsform kann die Windungsrichtung der zweiten Primärwicklung W2 in Bezug auf die erste Primärwicklung W1 im Vergleich mit der Windungsrichtung der zweiten Sekundärwicklung W2 gemäß der ersten Ausführungsform umgekehrt werden. Gleichermaßen kann die Windungsrichtung der dritten Primärwicklung W4 in Bezug auf die vierte Primärwicklung W5 umgekehrt werden im Vergleich zur Windungsrichtung der dritten Primärwicklung W4 gemäß der ersten Ausführungsform. Das Windungsverhältnis zwischen den Windungszahlen jeder der ersten und der zweiten Primärwicklung W1 und W4 und demjenigen zwischen der zweiten und der vierten Primärwicklung W2 und W5 kann auf 1 oder eine andere positive Zahl eingestellt sein.

**[0180]** Als eine zweite Abwandlung der ersten Ausführungsform können die Verhältnisse zwischen den Streuinduktivitäten der Transformatoranordnungen T1, T2 und den Magnetisierungsinduktivitäten entsprechend dem Gebrauch eingestellt werden. Es kann vorzuziehen sein, die Verhältnisse so einzustellen, daß die im Eingangsstrom enthaltenen Brummkomponenten und jene, die im Ausgangsstrom enthalten sind, innerhalb eines weiten Bereichs des Einschaltverhältnisses reduziert werden.

**[0181]** Bei der ersten Ausführungsform besitzt jede der ersten und der zweiten Transformatoranordnungen T1 und T2 vorzugsweise den Kern (magnetischen Pfad) mit einem Spalt zur Vermeidung der Neigung, aufgrund der in die Transformatoranordnungen T1 und T2 eingegebenen Gleichstromkomponenten eine Eisensättigung zu erzeugen. Der Kern mit Spalt kann bei jeder der Transformatoranordnungen T1 und T2 unnötig sein.

**[0182]** Insbesondere, weil die in dem durch die zweite Transformatoranordnung fließenden Strom enthaltenen Gleichstromkomponenten klein sind, kann es vorzuziehen sein, den Spalt im Kern eng zu halten oder wegzulassen.

**[0183]** Bei der ersten Ausführungsform wird der abwärtsstufende Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler als Beispiel für einen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler benutzt. Die Veränderung der Verhältnisse der Windungszahlen zwischen jeder Primärwicklung einer jeden Transformatoranordnung und jeder Sekundärwicklung einer jeden Transformatoranordnung erlaubt es, den abwärtsstufenden Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler als einen aufwärtsstufenden Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler zu benutzen.

**[0184]** Außerdem werden bei der ersten Ausführungsform das dritte Schaltelement Q3 und das vierte Schaltelement Q4 komplementär betrieben, um eine synchrone Gleichrichtung zu erhalten. Die Positionen der ersten Sekundärwicklung W3 und der zweiten Sekundärwicklung W6 können in die Positionen des dritten und des vierten Schaltelements, wie etwa Gleichrichterdiode, ersetzt werden. Wenigstens eines des dritten und des vierten Schaltelements Q3 und Q4 kann durch eine Gleichrichterdiode ersetzt werqqqden.

**[0185]** Außerdem wird bei der ersten Ausführungsform die Eingangsschaltung, die das erstes Schaltelement Q1, das zweite Schaltelement Q2, den ersten Kondensator C1 und den zweiten Kondensator C2 besitzt, zur Eingabe der Eingangs-Gleichstromenergie aus dem Netzteil benutzt, um Eingangs-Gleichstromenergie in eine Wechselstromenergie umzuwandeln und sie dadurch in die Transformatoranordnungen T1 und T2 einzuspeisen. Des weiteren wird eine synchrone Gleichrichterschaltung, die ein drittes Schaltelement Q3, ein viertes Schaltelement Q4 und den dritten Kondensator C3 aufweist, als Ausgangskreis für die Energieversorgung der Batterie benutzt. Bei der vorliegenden Erfindung kann jedoch die Energieübertragungsrichtung in Bezug auf die Bauform des oben genannten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers umgekehrt werden.

**[0186]** Der Kern der ersten Transformatoranordnung T1 und der der zweiten Transformatoranordnung T2 können so gestaltet sein, daß sie einen gemeinsamen magnetischen Pfad als einen eingebauten Kern haben. Zusätzlich können der Kern der ersten Transformatoranordnung T1 und der Kern der zweiten Transformatoranordnung T2 parallel zueinander angeordnet sein.

**[0187]** Eine Primärspule kann gemeinsam um beide parallel angeordnete, säulenartige Abschnitte der Kerne der ersten Transformatoranordnung T1 gewickelt sein. Diese Bauform erlaubt es, die erste Pri-

märwicklung W1 und der dritten Primärwicklung W4 gemeinsam zu betrachten.

**[0188]** Gleichermaßen kann eine Primärwicklung vereint um die parallel angeordneten, säulenartigen Abschnitte der Kerne der zweiten Transformatoranordnung T2 gewickelt werden. Diese Bauform erlaubt es, die zweite Primärwicklung W2 und die vierte Primärwicklung W5 gemeinsam zu betrachten.

[Zweite Ausführungsform]

**[0189]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung wird anhand der **Fig. 10** beschrieben. Bei der zweiten Ausführungsform steuert die Steuervorrichtung **4** des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1 innerhalb eines vorgegebenen Bereichs X zentriert bei 50 Prozent, wie etwa 40 bis 60 Prozent. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler wird für Anwendungen benutzt, die keinen breiteren Bereich des Einschaltverhältnisses erfordern.

**[0190]** Diese Bauform des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers gemäß der zweiten Ausführungsform erlaubt es, die Brummkomponenten, die sich im Ausgangsstrom  $i_o$  ( $i_3 + i_4$ ) befinden, weniger als um einen vorgegebenen Prozentsatz zu reduzieren, wie etwa 10 Prozent (siehe **Fig. 10**). Das Verhältnis (Prozente) der im Ausgangsstrom  $i_o$  enthaltenen Brummkomponenten weist eine Charakteristik auf, die sich in Abhängigkeit vom Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1 verändert (Siehe **Fig. 10**). Der vorgegebene Wert des Einschaltverhältnisses, der dem Minimalwert des Verhältnisses der im Ausgangsstrom enthaltenen Brummkomponenten entspricht, hängt von verschiedenen Schaltungskonstanten des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers ab, insbesondere den magnetischen Widerständen der ersten und der zweiten Transformatoranordnung T1 und T2.

**[0191]** Falls elektromagnetische Charakteristika der ersten und der zweiten Transformatoranordnung im wesentlichen miteinander identisch sind, können die im Ausgangsstrom  $i_o$  enthaltenen Brummkomponenten Null werden, wenn das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1 50 Prozent beträgt, wodurch die Kennlinie des Ausgangsstroms  $i_o$  über der Zeit flach wird.

[Dritte Ausführungsform]

**[0192]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Verbindung mit **Fig. 11** beschrieben. Bei der dritten Ausführungsform dient der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** als bidirektionaler Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler.

**[0193]** Das heißt, der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** besitzt einen Primärkreis (PC) **300** für die Transformatoranordnungen T1 und T2, der aus den Kondensatoren C1, C2, den Schaltelementen Q1, Q2 und den zwischen ihnen bestehenden Verbindungen, den Transformatoranordnungen T1 und T2 und dem Eingangs-Gleichstrom-Netzteil **2** entspricht. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** besitzt auch einen synchronen Gleichrichterkreis (SC) **400**, der durch die Schaltelemente Q3, Q4, den Kondensator C3 und die zwischen ihnen bestehenden Verbindungen, die Transformatoranordnungen T1 und T2 und die Last, wie etwa ein Netzteil **3**, gebildeten Schaltung entspricht.

**[0194]** Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** besitzt eine Steuervorrichtung **500**, die in **Fig. 4** gezeigten Steuervorrichtung **4** entspricht, und eine zwischen jedem der Schaltelemente Q1 und Q2 und der Steuervorrichtung **400** einbezogene Treibereinrichtung **600** zum Ein- und Ausschalten eines jeden der Schaltelemente Q1 und Q2. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** besitzt auch eine Treibereinrichtung **700**, die zwischen jedem der Schaltelemente Q3 und Q4 und der Steuervorrichtung **500** einbezogen ist, um die Schaltelemente Q3 und Q4 ein- und auszuschalten. Die Steuervorrichtung **500** übt die PWM-Steuerung durch die Treibereinrichtungen **500** und **700** in ähnlicher Weise aus wie bei der ersten Ausführungsform.

**[0195]** Insbesondere speichert gemäß der dritten Ausführungsform zur Energieübertragung vom Netzteil **2** als dem ersten Spannungssystem **1050** zum Netzteil **3** als dem zweiten Spannungssystem **2050** die Steuervorrichtung **500** vorab eine erste Zielspannung und liest die am Netzteil **3** anliegende Ausgangsspannung aus der Ausgangsspannungsermittlungsschaltung **35** Ausgangsspannung ab (Schritt S1).

**[0196]** Als nächstes vergleicht die Steuervorrichtung **500** die erste vorgegebene Zielspannung mit der Ausgangsspannung, um festzustellen, ob die Ausgangsspannung größer ist als die vorgegebene Zielspannung (siehe das Verfahren S2 in **Fig. 11**).

**[0197]** Die Steuervorrichtung **500** steuert durch die Treibereinrichtung **600** die Erhöhung des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1, wenn die Ausgangsspannung geringer ist als die erste vorgegebene Zielspannung (siehe Verfahren S3 in **Fig. 11**).

**[0198]** Wenn die aus dem synchronen Gleichrichterkreis **400** ausgegebene Ausgangsspannung größer ist als erste vorgegebene Zielspannung, steuert die Steuervorrichtung **500** über die Treibereinrichtung **600** die Abnahme des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1 (siehe Verfahren S4 und

**Fig. 11**). Diese Rückkopplungssteuerung der Steuervorrichtung **500** erlaubt die Übertragung der Energie vom Netzteil **2** zum Netzteil **3**, während die Ausgangsspannung des Netzteils gegen die Zielspannung konvergiert.

**[0199]** Gleichermaßen liest die Steuervorrichtung **500** zur Energieübertragung vom Netzteil **3** zum Netzteil **2** die Eingangsspannung, wie die Eingangsspannung  $V_{in}$  bei der ersten Ausführungsform (siehe Verfahren S1 in **Fig. 11**).

**[0200]** Danach vergleicht die Steuervorrichtung **500** eine zweite vorgegebene Zielspannung mit der Eingangsspannung, um festzustellen, ob die Eingangsspannung größer ist als die zweite vorgegebene Zielspannung (siehe Verfahren S2 in **Fig. 11**).

**[0201]** Die Steuervorrichtung **500** steuert über die Treibereinrichtung **600** die Verringerung des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1, wenn die Eingangsspannung kleiner ist als die zweite vorgegebene Zielspannung (siehe Verfahren S4 in **Fig. 11**). Wenn die Eingangsspannung größer ist als die zweite vorgegebene Zielspannung, steuert die Steuervorrichtung **500** über die Treibereinrichtung **600** die Zunahme des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1 (siehe Verfahren S3 in **Fig. 11**). Diese Rückkopplungssteuerung der Steuervorrichtung **500** erlaubt die Energieübertragung vom Netzteil **3** zu Netzteil **2**, während die Eingangsspannung des Netzteils **2** gegen die Zielspannung konvergiert.

**[0202]** Diese Ausführungsform ist wirksamer in einem Fall, in dem der dem ersten Wandlerkreis **11** entsprechende Primärkreis **300** mit dem ersten Spannungssystem **1050**, wie ein Gleichstromnetzteil oder eine Gleichstromlast, gekoppelt ist, ohne eine den Strom glättende Drosselspule einzufügen. Gleichermaßen ist diese Ausführungsform wirksamer in einem Fall, in dem der synchrone Gleichrichterkreis **400**, der dem Wandlerkreis **21** entspricht, mit dem zweiten Spannungssystem **2050**, wie einem Gleichstromnetzteil oder einer Gleichstromlast, gekoppelt ist.

**[0203]** Das heißt, bei der dritten Ausführungsform erlaubt das alternative Einschalten der dritten und vierten Schaltelemente Q3 und Q4 in Synchronisation mit den Ein- und Ausschalten des ersten Schaltelements Q1 dem Ausgangsstrom eine kontinuierliche Ausgabe durch eines der Schaltelemente Q3 und Q4. Das führt dazu, daß die im Ausgangsstrom enthaltenen Brummkomponenten reduziert werden, weshalb auf eine Ausgangs-Glättungsspule verzichtet werden kann.

**[0204]** Wenn Energie vom synchronen Gleichrichterkreis **400** über die erste und die zweite Transfor-

matoranordnung T1 und T2 zum Primärkreis **300** übertragen wird, werden kaum Stoßströme erzeugt, wodurch es möglich wird, irgendwelche Kreise wegzulassen, die erforderlich wären, um auf die Drosselspule zurückzuführende Stoßströme zu dämpfen oder zu reduzieren.

**[0205]** Zusätzlich ist es bei der dritten Ausführungsform möglich, die Übertragungsrichtung der Energie dadurch umzuschalten, daß man lediglich die Einschaltverhältnisse der Schaltelemente ändert.

**[0206]** Im Gegensatz dazu versucht man eine bidirektionale Energieübertragung, mit herkömmlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern für bidirektionale Energieübertragung durchzuführen.

**[0207]** In diesem Fall kann es schwierig sein, eine Drosselspule im herkömmlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler wegzulassen, die die Brummkomponenten vom Ausgangsstrom entfernt, wenn man umgekehrt einen gewöhnlichen Gleichrichterkreis auf einen gewöhnlichen Wechselrichterkreis überträgt, weil ein großer Anteil an Brummkomponenten im Ausgangsstrom enthalten sein kann.

**[0208]** Wenn der Gleichrichterkreis beim herkömmlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler als Inverter arbeitet, werden die schaltenden Stoßspannungen in der Drosselspule erzeugt, was irgendwelche Kreise erfordert, die die auf die Drosselspule zurückzuführenden Stoßspannungen (Stoßströme) dämpft oder reduziert.

**[0209]** Bei herkömmlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern ist es deshalb schwierig, das Schaltungssystem der herkömmlichen Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler davor zu bewahren, kompliziert zu werden. Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach der dritten Ausführungsform muß jedoch nicht notwendigerweise Drosselspulen besitzen und ermöglicht es, eine bidirektionale Energieübertragung ohne Komplizierung des Schaltungssystems durchzuführen.

**[0210]** Zusätzlich erlaubt es beim dritten Ausführungsbeispiel die Veränderung des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1 die Übertragungsrichtung der Energie glatt und einfach umzuschalten.

[Vierte Ausführungsform]

**[0211]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Übereinstimmung mit **Fig. 12** beschrieben. Bei der vierten Ausführungsform steuert die Steuervorrichtung **4** des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers den Einschaltzeitpunkt der dritten Schaltelements Q3, um ihn gegenüber dem Ein-

schaltzeitpunkt des ersten Schaltelements Q1 um eine vorgegebene Zeit  $\Delta t_1$  voreilen zu lassen. In ähnlicher Weise steuert die Steuervorrichtung **4** des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers den Einschaltzeitpunkt des vierten Steuerelements Q4, um ihn gegenüber dem Einschaltzeitpunkt des zweiten Schaltelements Q2 um eine vorgegebene Zeit  $\Delta t_2$  voreilen zu lassen, die gleich mit oder unterschiedlich von  $\Delta t_1$  sein kann.

**[0212]** Diese Gestaltung erlaubt es dem vierten Schaltelement Q4 kurzgeschlossen zu werden, wenn das dritte Schaltelement Q3 vom AUS-Zustand in den EIN-Zustand geschaltet wird und das vierte Schaltelement Q4 vom AUS-Zustand in den EIN-Zustand. Der durch den Kurzschluß des dritten und des vierten Schaltelements Q3 und Q4 fließende Kurzschlußstrom gestattet es, zu den Schaltzeitpunkten erzeugte Stoßspannungen ohne Benutzung eines Beschaltungskreises zu reduzieren. Der Kurzschluß des dritten und des vierten Schaltelements erlaubt es ebenfalls, zu den Schaltzeitpunkten erzeugte Leistung elektromagnetisch durch die Transformatoranordnungen T1 und T2 zu sammeln.

[Fünfte Ausführungsform]

**[0213]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Übereinstimmung mit **Fig. 13** beschrieben. Bei der fünften Ausführungsform besitzt der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1C** einen ersten Wandlerkreis **11B** der dem ersten Wandlerkreis **11**, der in **Fig. 1** anstelle des synchronen Gleichrichterkreises (Schaltelemente Q3 und Q4 und Kondensator C3) gezeigt ist. Das heißt, daß wie in **Fig. 13** gezeigt, der erste Wandlerkreis **11B** aus den Kondensatoren C1, C2, den Schaltelementen Q1, Q2 und den zwischen ihnen bestehenden Verbindungen, den Transformatoranordnungen T1 und T2 und der Last **3** besteht. Gelegentlich bezeichnet das Bezugszeichen **11A** den in **Fig. 1** gezeigten originalen ersten Wandlerkreis **11**.

**[0214]** Insbesondere ist das erste Schaltelement Q1' des ersten Wandlerkreises **11B** so ausgelegt, daß es dem vierten Schaltelement Q4 des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** entspricht. Das zweite Schaltelement Q2' des ersten Wandlerkreises **11B** ist so ausgelegt, daß es dem dritten Schaltelement Q3 des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** entspricht.

**[0215]** Im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1C** steuert die Steuervorrichtung **4** derart, daß das EIN des ersten Schaltelements Q1 und das EIN des ersten Schaltelements Q1' entgegengesetzt in Phase sind, und daß das EIN des zweiten Schaltelements Q2 und das EIN des zweiten Schaltelements Q2' entgegengesetzt in Phase sind.

[Sechste Ausführungsform]

**[0216]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Übereinstimmung mit den **Fig. 14** bis **16** beschrieben. Die sechste Ausführungsform ist ein Abwandlung des in **Fig. 11** dargestellten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1B**. Die **Fig. 14** ist ein Schaltbild, das eine Schaltungsstruktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1D** gemäß der sechsten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Die **Fig. 15** ist eine Zeittafel für Aktivitäten der sechsten Ausführungsform.

**[0217]** Bei der sechsten Ausführungsform ist beispielsweise der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** in einem Elektrofahrzeug eingebaut.

**[0218]** Wie in **Fig. 14** gezeigt, ist der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** mit einer Niederspannungsbatterie **131** als dem zweiten Spannungssystem anstelle der Last **3** in **Fig. 1**, einem Netzschalter **132**, einer Hochspannungsbatterie **133** und einem Wechselrichter **134** verbunden. Der Netzschalter **1342**, die Hochspannungsbatterie **133** und der Wechselrichter **134** werden gemeinsam als erstes Spannungssystem **1050** bezeichnet und an die Stelle des Eingangs-Gleichstromnetzteils **2** gesetzt.

**[0219]** Der Netzschalter **132**, wie etwa ein Relais, ist mit dem positiven Anschluß der Hochspannungsbatterie **133** in Reihe geschaltet und mit der Steuervorrichtung **4** verbunden. Die Steuervorrichtung **4** wird tätig, um den Netzschalter **132** ein- und auszuschalten. Das heißt, wenn der Netzschalter **132** eingeschaltet ist, wird Energie von der Hochspannungsbatterie **133** zum ersten Wandlerkreis **11** übertragen. Der Wechselrichter **134** ist ein Dreiphasen-Wechselrichter, der mit einem Hochspannungs-Dreiphasen-Wechselstrommotor **138** verbunden ist, der die die Antriebskraft für die Traktion erzeugt. Der Wechselrichter **134** besitzt ein Paar von Gleichstrom-Eingängen **134a** und **134b**, zwischen denen ein Glättungskondensator  $C_{in}$  angeschlossen ist. Die Steuervorrichtung **4** ist kommunikativ mit einer Anzahl von elektronischen Steuereinheiten (ECUs) gekoppelt, wie etwa einer Karosserie-ECU zur Steuerung der Treibereinheiten zur Betätigung der Karosserie-Elektroniken des Fahrzeugs, wie etwa zum Verriegeln und Entriegeln der Türen und zum Heben und Senken der Türfenster.

**[0220]** Nachfolgend werden die Aktivitäten des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1D** in Übereinstimmung mit der in **Fig. 15** gezeigten Zeittafel und dem Flußdiagramm in **Fig. 16** gezeigt.

**[0221]** Während der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** außer Betrieb ist, so daß der Netzschalter **132** im Ausschaltzustand ist, führt die Steu-

ervorrichtung **4** die folgenden Schritte auf der Basis des vorher eingeladenen Programms aus.

**[0222]** Die Steuervorrichtung **4** stellt fest, ob ein Befehl zum Einschalten des Netzschalters **132** zum Start des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1D** erhalten wird (Schritt S100 in **Fig. 16**)

**[0223]** Wenn festgestellt wird, daß der Befehl nicht empfangen wurde (die Feststellung im Schritt S100 hat das Ergebnis NEIN), führt die Steuervorrichtung **4** periodisch den Verfahrensschritt S100 aus.

**[0224]** Wenn festgestellt wird, daß der Befehl eingegangen ist, (die Feststellung im Schritt **5100** hat das Ergebnis JA und der Startbefehl wird in **Fig. 15** zum Zeitpunkt  $t_1$  ausgeführt), startet die Steuervorrichtung **4** den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** um den Glättungskondensator  $C_{in}$  vorzuladen. Insbesondere steuert die Steuervorrichtung **4** als Vorladeverfahren das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1, um es allmählich von einem vorgegebenen Wert (Prozente) aus abzusenken (Schritt S102).

**[0225]** Im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** wird die in der zweiten Sekundärwicklung W6 erzeugte Sekundärspannung mit der Zunahme des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1 erhöht, was zu einer Zunahme des Ausgangsstroms ( $i_o$ ) von der Niederspannungsbatterie **131** als dem zweiten Spannungssystem **2050** führt.

**[0226]** Im Gegensatz dazu wird die in der zweiten Sekundärwicklung W6 erzeugte Sekundärspannung reduziert mit der Abnahme des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1, was zu einer Abnahme des Ausgangsstroms ( $i_o$ ) der Niederspannungsbatterie **131** als dem zweiten Spannungssystem **2050** führt.

**[0227]** Außerdem veranlaßt das Ansteigen oder Abnehmen des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements Q1 die in der zweiten Sekundärwicklung W6 erzeugte Sekundärspannung abzunehmen oder zuzunehmen mit dem Ergebnis, daß die Energie so gesteuert wird, daß sie von der Niederspannungsbatterie **131** (zweites Spannungssystem **2050**) durch den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** dem ersten Spannungssystem **1050** zugeführt wird.

**[0228]** Das heißt, während der Netzschalter sich im Ausschaltzustand befindet, wird das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1 allmählich reduziert, so daß die an den Glättungskondensator  $C_{in}$  vom ersten Wandlerkreis **11** gelegte Spannung allmählich zunimmt, wodurch der Glättungskondensator  $C_{in}$  vorgeladen wird.

**[0229]** Zu der Zeit, stellt die Steuervorrichtung **4**

fest, ob eine vorgegebene Periode  $P_{th}$  vom Zeitpunkt  $t_1$  abgelaufen ist, um zu ermitteln, ob die Vorladung des Glättungskondensators  $C_{in}$  vollendet ist (Schritt S104). Die vorgegebene Periode wurde vorab auf die Periode eingestellt, die ausreichend ist, die vorbestimmte Menge elektrischer Energie im Glättungskondensator  $C_{in}$  zu speichern.

[0230] Wenn festgestellt wird, daß die vorgegebene Periode  $P_{th}$  ( $t_2 - t_1$ ) seit dem Zeitpunkt  $t_1$  abgelaufen ist (der Ermittlungsschritt S104n ergibt JA), entscheidet die Steuervorrichtung **4**, daß die vorgegebene Menge der im wesentlichen der Spannung der Hochspannungsbatterie **133** entsprechenden elektrischen Energie im Glättungskondensator  $C_{in}$  vorgeladen ist. Die Steuervorrichtung **4** sendet dann den Befehl an den Netzschalter **132**, sich einzuschalten (Schritt S100).

[0231] Als Ergebnis wird die Spannung der Hochspannungsbatterie **133** an den ersten Wandlerkreis **11** gelegt, weil das Potential des Glättungskondensators  $C_{in}$  mit dem der Hochspannungsbatterie **133** identisch ist. Die angelegte Spannung wird vom ersten Wandlerkreis **11** über die erste und die zweite Transformatoranordnung T1 und T2 an die Hochspannungsbatterie **133** übertragen.

[0232] Das heißt, der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1D** gemäß der sechsten Ausführungsform verhindert, daß beim Einschalten des Netzschalters **134** Überlastungsstrom in den Glättungskondensator  $C_{in}$  im Wechselrichter **134** fließt.

[0233] Der Vorladevorgang beim Glättungskondensator  $C_{in}$  kann benutzt werden, wenn der Wechselstrommotor **135** bei ausgeschaltetem Netzschalter **132** betrieben wird. Das heißt, es kann bevorzugt werden, den vorstehend geschilderten Verfahrensablauf durchzuführen, wann immer der Netzschalter **132** eingeschaltet wird. Das ermöglicht es, Überlastungsstrom daran zu hindern, in den Glättungskondensator  $C_{in}$  im Wechselrichter **134** zu fließen, wann immer der Netzschalter **132** eingeschaltet wird, wodurch der Glättungskondensator  $C_{in}$  und das Netzanschlußsystem im Wechselrichter **1050** geschützt werden.

[0234] In diesem Fall werden die in Fig. 16 gezeigten Verfahrensweisen durch programmierte logischer Schaltungen, wie die Steuervorrichtung **4**, ausgeführt, sie können aber auch durch wenigstens eine von verbindungsprogrammierten Schaltungen anstelle der Steuervorrichtung **4** ausgeführt werden.

[Siebte Ausführungsform]

[0235] Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß einer siebten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nun in Übereinstimmung mit den

Fig. 17 bis 20 beschrieben.

[0236] In einem Fall, in welchem die Eingangsspannung vom ersten Spannungssystem in dem in Fig. 11 gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** rasch ansteigt, kann die Rückkopplungssteuerung der Steuervorrichtung **4** dem schnellen Anstieg der Eingangsspannung nicht gewachsen sein. Dies kann dazu führen daß exzessive Spannungen an das erste Schaltelement Q1 gelangen usw..

[0237] Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der siebten Ausführungsform zielt deshalb darauf ab, zu verhindern, daß im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** exzessive Spannungen an das erste Schaltelement Q1 usw. gelangen, selbst wenn die Eingangsspannung vom ersten Spannungssystem **1050** zum ersten Wandlerkreis **11** schnell ansteigt.

[0238] Das heißt, im Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1B** senkt die Steuervorrichtung **500** das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1 (siehe Schritt S4 in Fig. 11), wenn die Ausgangsspannung vom Gleichrichterkreis **400** höher ist als die vorgegebene Zielspannung, während die Eingangsspannung vom Netzteil **2** (erstes Spannungssystem **1054**) übertragen wird.

[0239] Andererseits, wenn die Ausgangsspannung vom Gleichrichterkreis **400** kleiner ist als die vorgegebene Zielspannung, erhöht die Steuervorrichtung das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements Q1/siehe Schritt S3 in Fig. 11).

[0240] Diese Rückkopplungsschaltung der Steuervorrichtung **500** erlaubt die Energieübertragung zwischen dem ersten Spannungssystem **105** und dem zweiten Spannungssystem **2050** während die Ausgangsspannung des Netzteils **3** gegen die Zielspannung konvergiert, selbst wenn die Eingangsspannung des ersten Spannungssystems **1050** zunimmt.

[0241] Bei diesen könnte es jedoch sein, daß die Rückkopplungssteuerung der raschen Änderung der Eingangsspannung nicht folgen kann, falls die Eingangsspannung des ersten Spannungssystems **1050**, die in den ersten Wandlerkreis **11** des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1B** eingegeben wird, sich rasch ändert.

[0242] Es ist dabei zu bemerken, daß der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1**, die Quelle-Senke-Spannung  $V_{ds}$  (Spannung zwischen dem ersten und dem zweiten Anschluß) des ersten Schaltelements Q1 im wesentliche durch die folgende Gleichung dargestellt wird:

$$V_{ds} = V_{in}/(1 - D),$$

wobei  $V_{in}$  die vom ersten Spannungssystem **1050** zugeführte und in den ersten Wandlerkreis **11** eingegebene Eingangsspannung und  $D$  das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements  $Q_1$  bedeutet.

**[0243]** Von diesem Verhältnis leitet sich der folgende Schluß ab, daß der als " $V_{dsmax}$ " bezeichnete Maximalwert der Quelle-Senke-Spannung  $V_{ds}$  des ersten Schaltelements  $Q_1$  nicht den Wert überschreitet, der als " $V_{in}/(1 - D_{max})$ " bezeichnet wird. Dabei bezeichnet  $D_{max}$  das Einschaltverhältnis  $D$  des ersten Schaltelements  $Q_1$ , wenn die Quelle-Senke-Spannung  $V_{ds}$  den Wert " $V_{dsmax}$ " annimmt.  $D_{max}$  wird als "maximales Einschaltverhältnis  $D_{max}$ " bezeichnet.

**[0244]** Somit kann die Reduzierung des maximalen Einschaltverhältnisses  $D_{max}$  des Einschaltverhältnis  $D$  des ersten Schaltelements  $Q_1$  bei zunehmender Eingangsspannung  $V_{in}$  den Maximalwert  $V_{dsmax}$  der Quelle-Senke-Spannung  $V_{ds}$  darin hindern, die Durchbruchspannung  $V_{dsth}$  zu überschreiten.

**[0245]** Die Verfahrensschritte zur Hinderung der Quelle-Senke-Spannung  $V_{ds}$  des ersten Schaltelements  $Q_1$  an einer Überschreitung ihrer Durchbruchspannung  $V_{dsth}$  werden durch die Steuervorrichtung **500** ausgeführt.

**[0246]** Das heißt, die Steuervorrichtung **500** besitzt einen Speicher, in dem Tabellendaten zur Anzeige der Beziehung zwischen jedem Wert der Eingangsspannung  $V_{in}$  und dem maximalen Einschaltverhältnis  $D_{max}$  vorab gespeichert sind. Zusätzlich wird in den Speicher vorab das den Verfahrensschritten entsprechende Programm geladen.

**[0247]** Das heißt, die Steuervorrichtung **500** liest in Übereinstimmung mit der Programmierung den laufenden Wert der Eingangsspannung  $V_{in}$  (Schritt **S200** in **Fig. 17**) und sucht die Tabellendaten um das maximale Verhältnis  $D_{max}$  festzustellen, das dem laufenden Wert der Eingangsspannung  $V_{in}$  entspricht (Schritt **S202**).

**[0248]** Anschließend liest die Steuervorrichtung **500** den Befehl aus, um durch das als Verfahrensschritte **S1** und **S2** dargestellte Rückkopplungsverfahren das ermittelte Einschaltverhältnis  $D$  einzustellen (Schritt **S204**).

**[0249]** Somit bestimmt die Steuervorrichtung **500**, ob das laufende Einschaltverhältnis  $D$  höher ist als das maximale Einschaltverhältnis  $D_{max}$  (Schritt **S206**). Wenn festgestellt wird, daß das laufende Einschaltverhältnis  $D$  höher ist als das maximale Einschaltverhältnis  $D_{max}$ , stellt die Steuervorrichtung das laufende Einschaltverhältnis auf das maximale Einschaltverhältnis  $D_{max}$  ein und gibt das eingestellte Einschaltverhältnis  $D_{max}$  sowohl an den ersten als

auch an den zweiten Wandlerkreis **11** und **21** aus.

**[0250]** Wenn festgestellt wird, daß das Einschaltverhältnis  $D$  nicht höher ist als das maximale Einschaltverhältnis  $D_{max}$ , gibt die Steuervorrichtung **500** das laufende Einschaltverhältnis  $D$  an jeden der beiden Wandlerkreise **11** und **21** aus (Schritt **S210**).

**[0251]** Die Beziehung zwischen der Eingangsspannung  $V_{in}$  und dem maximalen Einschaltverhältnis  $D_{max}$  wird als Linie **L1** in der graphischen Darstellung in **Fig. 18** gezeigt. Die Linie **L2** in **Fig. 18** stellt das maximale Einschaltverhältnis in Bezug auf die Eingangsspannung  $V_{in}$  dar, bei dem die Spannung am ersten Schaltelement  $Q_1$  geringer ist als die Durchbruchspannung  $V_{dsth}$ . Zufällig stellt der Bereich zwischen den Werten  $V_{in1}$  und  $V_{in2}$  der Eingangsspannung  $V_{in}$  den Bereich dar, in dem für das erste Schaltelement  $Q_1$  eine Funktionsgarantie besteht. Außerdem stellt der Bereich zwischen den Werten  $D_3$  und  $D_4$  des Einschaltverhältnisses  $D$  dem zulässigen Bereich für Veränderungen des Einschaltverhältnisses  $D$  des ersten Schaltelements  $Q_1$  dar.

**[0252]** Diese Gestaltung hindert das erste Schaltelement  $Q_1$  am Durchschlag, selbst wenn die Eingangsspannung sehr schnell ansteigt.

**[0253]** Der PWM-(Impulsbreitenmodulations-)Befehl einschließlich des für die PWM-Steuerung erforderlichen Einschaltverhältnisses, welche durch die Steuervorrichtung **500** oder eine externe Steuereinheit bestimmt werden, ist durch die in **Fig. 17** gezeigten Verfahrensschritte der Steuervorrichtung **500** begrenzt. Der begrenzte PWM-Befehl wird durch die Treibereinrichtungen **600** und **700** an den Primärkreis **300** (den ersten Wandlerkreis **11**) beziehungsweise den Sekundärkreis **400** (den synchronen Gleichrichter **21**) ausgegeben.

**[0254]** Der PWM-Befehl veranlaßt den Antrieb eines jeden der Schaltelemente  $Q_1$  bis  $Q_4$ .

**[0255]** Es ist für die Steuervorrichtung **500** erwünscht, die in **Fig. 17** dargestellten Verfahrensschritte so schnell wie möglich und so häufig wie möglich auszuführen.

**[0256]** Zusätzlich werden diese in **Fig. 17** dargestellten Verfahrensschritte durch die programmierte logische Schaltung, wie die Steuervorrichtung **500**, ausgeführt, sie können aber auch durch wenigstens eine verbindungsprogrammierte logische Schaltung anstelle der Steuervorrichtung **500** ausgeführt werden.

**[0257]** Die **Fig. 19** ist eine graphische Darstellung eines Beispiels der Wellenform des Maximalwertes  $V_{dsmax}$  der Spannung  $V_{ds}$  in Bezug zur Eingangsspannung  $V_{in}$ , wenn das maximale Einschaltverhält-

nis  $D_{max}$  nicht entsprechend der Eingangsspannung  $V_{in}$  begrenzt ist.

**[0258]** Die **Fig. 20** ist eine graphische Darstellung eines Beispiels der Wellenform des Maximalwertes  $V_{dsmax}$  der Spannung  $V_{ds}$  in Bezug auf die Eingangsspannung  $V_{in}$ , wenn das maximale Einschaltverhältnis  $D_{max}$  entsprechend der Eingangsspannung  $V_{in}$  auf der Basis der in **Fig. 17** gezeigten Verfahrensschritte **17** begrenzt ist.

**[0259]** Wie in **Fig. 20** gezeigt, wird der Maximalwert  $V_{dsmax}$  der Senke-Quelle-Spannung  $V_{ds}$  niedriger gehalten als die Durchbruchspannung  $V_{dsth}$ , selbst wenn die Eingangsspannung  $V_{in}$  sehr schnell die Eingangsspannungsspitze erreicht.

[Achte Ausführungsform]

**[0260]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß einer achten Ausführungsform der Erfindung wird in Übereinstimmung mit den **Fig. 21 bis 24** beschrieben.

**[0261]** Die **Fig. 21** ist ein Schaltbild, das die Struktur eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1E** gemäß der achten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung darstellt.

**[0262]** Bei der achten Ausführungsform ist der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler **1E** weiter über einen Stromsensor **71** mit dem Schaltelement **Q1** in Reihe verbunden. Die Funktion des Stromsensors **71** ist es, zusätzlich zu der Struktur des in **Fig. 1** dargestellten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1**, einen durch das erste Schaltelement **Q1** und durch den Stromsensor **71** fließenden Strom  $i_{q1}$  festzustellen. In dieser in **Fig. 21** dargestellten Schaltung bezeichnet das Bezugszeichen **3** eine Niederspannungsbatterie und eine Last **L** ist mit der Niederspannungsbatterie **3** verbunden, die das zweite Spannungssystem **2050** bilden.

**[0263]** Als Stromsensor **71** können verschiedene Bauformen gut bekannter Stromsensoren verwendet werden, wie ein Stromsensor (CD), der insbesondere vorzuziehen ist, um den durch das Schaltelement **Q1** fließenden Strom unabhängig von der Primärseite des CT, d.h. der erste Wandlerkreis **11**, festzustellen.

**[0264]** In diesem Fall wurde die achte Ausführungsform aus dem Hintergrund wie folgt entwickelt.

**[0265]** Es ist zu bemerken, daß in einem synchronen Gleichrichterkreis die in der ersten und der zweiten Sekundärwicklung induzierte Spannung im wesentlichen mit der Spannung in der Batterie des zweiten Spannungssystems **2050** identisch ist, wenn der Laststrom Null oder im wesentlichen Null wird.

**[0266]** Dieser Zustand kann es leicht machen, Energie vom zweiten Spannungssystem **2050** zum ersten Spannungssystem **1050** zu übertragen in einem Fall, in dem bidirektionale MOS-Transistoren als die Schaltelemente **Q3** und **Q4** benutzt werden. Die Energieübertragung vom zweiten Spannungssystem **2050** zum ersten Spannungssystem mag von der Aufgabe des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1E** abweichen, das erste Spannungssystem **1050** auf das zweite Spannungssystem zu übertragen. Um die gegenläufige Energieübertragung zu vermeiden, kann eine Unterbrechung der synchronen Gleichrichtertätigkeit erforderlich sein unter der Bedingung, daß der zweite Strom sehr klein ist. Die Unterbrechung der Tätigkeit des zweiten Gleichrichters kann vorzuziehen sein, um Antriebsverluste zu reduzieren.

**[0267]** Als ein Weg zur Feststellung, ob die synchrone Gleichrichtertätigkeit unterbrochen werden soll, kann in Betracht gezogen werden, den Ausgangsstrom des synchronen Gleichrichterkreises zu ermitteln, um dadurch festzustellen, ob die Unterbrechung der synchronen Gleichrichtertätigkeit auf der Basis des ermittelten Ausgangsstroms ausgeführt werden soll. Dieser Weg kann einen Widerstand für die Feststellung des Ausgangsstroms erfordern. In einem Fall, in dem der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler als abstufender Wandler dient, ist es erforderlich, den Widerstandswert des Widerstands extrem zu reduzieren. Es kann schwierig sein, den Widerstand zur Stromfeststellung herzustellen, der einen extrem niedrigen Widerstand mit hoher Genauigkeit verbindet.

**[0268]** Zusätzlich kann es vorzuziehen sein, die synchrone Gleichrichtertätigkeit zu unterbrechen, wenn der Betrag des Laststroms ausreichend klein ist. Zu diesem Zweck wird ein anderer Weg in Betracht gezogen, um den entgegengesetzten Strom zu ermitteln, der durch die Schaltelemente **Q3** und **Q4** fließt, um die synchrone Gleichrichtertätigkeit entsprechend dem ermittelten Ergebnis zu unterbrechen. Dieser Weg kann es dem entgegengesetzt gerichteten Strom erlauben, durch die Schaltelemente **Q3** und **Q4** zu fließen und der entgegengesetzt gerichtete Strom kann unerwünschte Wirkungen auf die Last als das zweite Spannungssystem **2050** aufweisen.

**[0269]** Deshalb besitzt die achte Ausführungsform ein Merkmal zur Steuerung der synchronen Gleichrichtertätigkeit des Wandlerkreises **21** entsprechend dem durch den Stromsensor **71** ermittelten Strom.

**[0270]** Das heißt, die Steuertätigkeit des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1E** wird in Übereinstimmung mit dem Flußdiagramm in **Fig. 22** erläutert.

**[0271]** Wenn der Betriebsbefehl  $V_{gq1}$ , das erste Schaltelement **Q1**, etwa die Zündspannung, einzu-

schalten, entsprechend dem Hauptprogramm im PWM-Steuerverfahren zum hohen Niveau schaltet, beginnt die Steuervorrichtung **4a** in Übereinstimmung mit der im Hauptprogramm enthaltenen Subroutine, einen integralen Zeitgeber TM von Null hochzuzählen (Schritt S300 in **Fig. 22**). Danach liest die Steuervorrichtung **4a** den Wert des vom Stromsensor **71** durch das erste Schaltelement Q1 fließenden Stroms  $i_{q1}$  aus (Schritt S302).

**[0272]** Die Steuervorrichtung **4a** ermittelt, ob der Zählwert des Zeitgebers TM einen vorgegebenen Wert erreicht, der einer vorgegebenen Schwellenzeit  $T_{th}$  entspricht, weil der Zählvorgang mit dem Schritt S302 beginnt (Schritt S304).

**[0273]** Wenn festgestellt wird, daß der laufende Zählwert des Zeitgebers TM den vorgegebenen Wert nicht erreicht, stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß die Schwellenzeit  $T_{th}$  seit dem Start des Zählvorgangs beim Schritt S302 nicht überschritten wurde, (das Ermittlungsergebnis beim Schritt S304 ist NEIN), weshalb das Verfahren beim Schritt S302 fortgesetzt und die Verfahrensschritte S302 und S394 wiederholt werden.

**[0274]** Wenn festgestellt wird, das der laufende Zählwert des Zeitgebers TM den vorgegebenen Wert erreicht (das Ermittlungsergebnis beim Schritt S304 ist JA), stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß die Schwellenzeit  $T_{th}$  seit dem Start des Zählvorgangs beim Schritt S302 überschritten wurde.

**[0275]** Somit stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, ob der laufend festgestellte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung größer ist als ein vorgegebener Schwellenwert  $i_{th}$  des Stroms beim Schritt S306.

**[0276]** Wenn festgestellt wird, daß der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung größer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$ , stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß kein gegenläufiger Strom im synchronen Gleichrichterkreis (dem zweiten Wandlerkreis) **21** auftritt und beendet das Verfahren. Das heißt, die Steuervorrichtung **4a** erlaubt die synchrone Gleichrichtung.

**[0277]** Mit der Feststellung, daß der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung geringer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$ , stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß eine Möglichkeit besteht, daß im synchronen Gleichrichterkreis **21** ein gegenläufiger Strom auftritt. Deshalb schaltet die Steuervorrichtung **4a** das dritte und das vierte Schaltelement Q3 und Q4 ab und setzt dadurch die synchrone Gleichrichtung mit dem Schritt S308 aus.

**[0278]** Es kann vorzuziehen sein, einen vorgegebenen Schwellenwert  $i_{th}$  des Stroms anzunehmen, der in der Vorwärtsrichtung um einen vorgegebenen Be-

trag größer ist als das Null-Niveau des ersten Schaltelements Q1. Diese Annahme kann unter der Bedingung festgelegt werden, daß Laststromkomponenten des ersten Schaltelements, d.h. exzessive Stromkomponenten, die in Gegenrichtung durch das Schaltelement Q1 fließen, durch Energieverluste in den Transformatoranordnungen erzeugt werden, selbst wenn der Laststrom vom zweiten Wandlerkreis **21** an das zweite Spannungssystem **2050** ausgegeben wird.

**[0279]** Es kann vorzuziehen sein, die Schwellenzeit  $T_{th}$  auf die Zeit einzustellen, bis der ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  durch das erste Schaltelement Q1 unbelastet den Schwellenwert  $i_{th}$  erreicht.

**[0280]** Als eine Abwandlung der achten Ausführungsform kann die Steuervorrichtung **4a** die Tätigkeit des ersten Wandlerkreises **11** für eine vorgegebene Periode aussetzen, während gleichzeitig die Unterbrechung der synchronen Gleichrichtung beibehalten wird.

**[0281]** Bei der vorstehenden achten Ausführungsform stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, ob der ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung größer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$ , wodurch die Wahrscheinlichkeit festgestellt wird, daß der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** auftritt (siehe die in **Fig. 22** gezeigten Verfahrensschritte).

**[0282]** Als eine andere Abwandlung der achten Ausführungsform führt die Steuervorrichtung **4a** die in **Fig. 23** gezeigten Schritte aus, die teilweise in den Schritten in **Fig. 22** geändert wurden.

**[0283]** Das heißt, wenn der Betriebsbefehl  $V_{gq1}$ , das erste Schaltelement Q1 einzuschalten, entsprechend dem Hauptprogramm im PWM-Steuerverfahren zum hohen Niveau schaltet, beginnt die Steuervorrichtung **4a** in Übereinstimmung mit der im Hauptprogramm enthaltenen Subroutine, einen integralen Zeitgeber TM von Null hochzuzählen (Schritt S300 in **Fig. 23**). Danach liest die Steuervorrichtung **4a** den Wert des vom Stromsensor **71** durch das erste Schaltelement Q1 fließenden Stroms  $i_{q1}$  aus (Schritt S302).

**[0284]** Die Steuervorrichtung **4a** ermittelt, ob der laufend festgestellte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung den vorgegebenen Schwellenwert  $i_{th}$  des Stroms beim Schritt **5314** erreicht.

**[0285]** Wenn festgestellt wird, daß der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung geringer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$ , setzt die Steuervorrichtung das Verfahren beim Schritt S302 fort und wiederholt die Schritte S302 und **5314**.

**[0286]** Wenn festgestellt wird, daß der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung den vorgegebenen Schwellenwert  $i_{th}$  erreicht, d.h. der laufend ermittelte Stromwert nicht geringer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$  (die Feststellung beim Schritt S314 ist JA), schaltet die Steuervorrichtung **4a** zum Verfahren beim nächsten Schritt S316.

**[0287]** Das heißt, die Steuervorrichtung beendet die Zählung durch den Zeitgeber TM und vergleicht den laufenden Zählwert beim Stopp, d.h. die verstrichene Zeit  $T_c$  seit das erste Schaltelement Q1 eingeschaltet wurde, mit der vorgegebenen Zeitschwelle  $Z_{th}$  beim Schritt S316.

**[0288]** Wenn die verstrichene Zeit  $T_c$  seit dem Einschalten des ersten Schaltelements Q1 nicht größer ist als die Schwellenzeit  $T_{th}$ , stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß kein gegenläufiger Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** auftritt und beendet das Verfahren.

**[0289]** Wenn die verstrichene Zeit  $T_c$  seit dem Einschalten der ersten Schaltelements Q1 geringer ist als die vorgegebene Zeitschwelle  $T_{th}$ , stellt die Steuervorrichtung **4a** fest, daß die Möglichkeit besteht, daß der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** auftritt. Deshalb schaltet die Steuervorrichtung **4a** das dritte und das vierte Schaltelement Q3 und Q4 ab, wodurch die synchrone Gleichrichtung beim Schritt S318 ausgesetzt wird.

**[0290]** Diese in den Fig. 22 und 23 gezeigten Verfahrensschritte werden durch die programmierte logische Schaltung, wie die Steuervorrichtung **4a** ausgeführt, sie können aber auch durch wenigstens eine leitungsprogrammierte logische Schaltung anstelle der <Steuervorrichtung **4a** ausgeführt werden.

**[0291]** Der Grund dafür, warum diese anhand der achten Ausführungsform und deren Abwandlungen erklärten Schritte feststellen, ob eine Möglichkeit besteht, daß der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** gemäß Fig. 24 auftritt.

**[0292]** Die Fig. 24 zeigt Wellenformen des durch das erste Schaltelement Q1 fließenden Stroms  $i_{q1}$  unter Bezug auf die Lastströme, die eine entsprechend unterschiedliche Größe aufweisen, und Wellenformen der Zündspannung des ersten Schaltelements Q1.

**[0293]** In Fig. 24 ist die Stromkomponente  $i_{q1M}$  im Strom  $i_{q1}$  eine Magnetisierungsstromkomponente, die eine Wechselstromkomponente ist, und eine Laststromkomponente  $i_{q1L}$ , die eine Gleichstromkomponente ist, deren Wert sich lastabhängig verändert. In diesem Fall stellt die Magnetisierungsstromkomponente der Stromkomponente  $i_{q1M}$  im Strom  $i_{q1}$  eine Stromkomponente dar, die bei keiner Last

durch die Primärwicklungen fließt.

**[0294]** Die Summe der Magnetisierungsstromkomponente  $i_{q1M}$  und der Laststromkomponente  $i_{q1L}$  wird der Strom  $i_{q1}$ , der durch das erste Schaltelement Q1 fließt.

**[0295]** Im Vergleich dazu, daß die Magnetisierungsinduktivitäten der Wicklungen W2 und W5 in eine Richtung arbeiten, wenn das erste Schaltelement Q1 eingeschaltet ist, arbeiten die Magnetisierungsinduktivitäten der Wicklungen W2 und W5 in die entgegengesetzte Richtung, wenn das erste Schaltelement Q1 ohne Last abgeschaltet ist (siehe Fig. 7 und 8).

**[0296]** Die Magnetisierungsinduktivitäten veranlassen, wenn das erste Schaltelement Q12 eingeschaltet ist, die Magnetisierungsstromkomponente  $i_{q1M}$  in Bezug auf den Pfeil  $i_{q1}$  in Fig. 21 in die Gegenrichtung zu fließen (siehe die Wellenform des  $i_{q1M}$  in Fig. 24). Danach wird die entgegengesetzt gerichtete Stromkomponente des  $i_{q1M}$  für eine Weile geschwächt, so daß der Magnetisierungsstrom  $i_{q1M}$  zum Mittelpunkt der Einschaltzeit des ersten Schaltelements Q1 Null wird. Danach fließt die Magnetisierungsstromkomponente  $i_{y1M}$  in der Vorwärtsrichtung (Pfeil  $i_{q1}$ ) mit zunehmender Größe. Das heißt, die Vorwärtskomponente und die entgegengesetzte Komponente der Magnetisierungsstromkomponente  $i_{q1M}$  sind während der Einschaltzeit des ersten Schaltelements Q1 durchschnittlich Null (siehe die Wellenform des  $i_{q1M}$  in Fig. 24).

**[0297]** Wenn der Laststrom zunimmt, wird die Wellenform der magnetisierenden Stromkomponente  $i_{q1M}$  durch die Größe der Laststromkomponente  $i_{q1L}$  vorgespannt, um sich in Vorwärtsrichtung zu verschieben.

**[0298]** Falls deshalb die Laststromkomponente  $i_{q1L}$  Null (Ampere) ist (wie  $i_{q1L}(A)$  in Fig. 24), fällt die Wellenform des Stroms  $i_{q1}(A)$  mit der Magnetisierungsstromkomponente  $i_{q1M}$  zusammen, die als mit zwei Punkten gekennzeichnete strichpunktierte Linie L(A) dargestellt ist. Falls die Laststromkomponente  $i_{q1LX}$  (Ampere) ist, wie  $i_{q1L}(B)$  in Fig. 24, verschiebt sich die Wellenform des Stroms  $i_{q1}(B)$  in Vorwärtsrichtung durch den vorgespannten Strom X, der als strichpunktierte Linie L(B) dargestellt ist.

**[0299]** Falls die Laststromkomponente  $i_{q1LY}$  (Ampere) ist, was größer ist als die Größe X (als  $i_{q1L}(C)$  in Fig. 24), verschiebt sich die Wellenform des Stroms  $i_{q1}$  in die Vorwärtsrichtung durch den vorgespannten Strom Y, der als durchgehende Linie L(C) dargestellt ist.

**[0300]** Nimmt man an, der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$  sei eingestellt wie in Fig. 24 gezeigt, so ist deshalb des Laststroms umso größer, je früher der

Zeitpunkt liegt, an dem der Strom  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung höher ist als der Schwellenwert  $i_{th}$ . Im Gegensatz dazu ist die Größe des Laststroms umso kleiner, je später der Zeitpunkt liegt, zu dem der Strom  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung höher ist als der Schwellenwert  $i_{th}$ .

**[0301]** Beispielsweise ist die Größe der Laststromkomponente  $i_{g1l(C)}$  am größten in den Laststromkomponenten  $i_{g1L(A)}$  bis  $i_{g1L(C)}$ , weil der Strom  $i_{g1(C)}$  schneller den Schwellenwert  $i_{th}$  überschreitet als die anderen Ströme  $i_{q1(B)}$  und  $i_{q1(A)}$ .

**[0302]** Das heißt, es ist zu bemerken, daß die Größe des Laststroms beim Einschalten des ersten Schaltelements Q1 anzeigt, daß eine Möglichkeit besteht, daß der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** auftritt.

**[0303]** Das heißt, die Feststellung, ob der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung größer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$  die Möglichkeit zuläßt, daß die Größe des Laststroms unmittelbar beim Einschalten des ersten Schaltelements Q1 den zu bestimmenden gegenläufigen Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** erzeugt.

**[0304]** In diesem Fall ist es, falls der Schwellenwert  $i_{th}$  auf einen negativen Wert eingestellt wird, möglich, die Größe des Laststroms unmittelbar nach dem Einschalten des ersten Schaltelements Q1 zu erhalten, mit anderen Worten, die Möglichkeit, daß im synchronen Gleichrichterkreis ein gegenläufiger Strom auftritt.

**[0305]** Wenn die oben beschriebene "sanfte Schaltung" des ersten Schaltelements Q12 durchgeführt wird, veranlaßt der LC-Kreis, der die Streuinduktivität und die Ausgangskapazität aufweist, den Strom, in Gegenrichtung durch das erste Schaltelement Q1 zu fließen.

**[0306]** Um den Effekt der "sanften Schaltung" wie die erste Ausführungsform und deren Abwandlungen zu vermeiden, ist es vorzuziehen, zu entscheiden, ob die vorgegebene Schwellenzeit  $T_{th}$  seit dem Beginn des Einschaltens des ersten Schaltelements Q1 abgelaufen sei.

**[0307]** In diesem Falle ist es nur dann möglich, zu entscheiden, daß der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** auftritt, wenn die vorgegebene Schwellenzeit seit dem Beginn der Einschaltung des ersten Schaltelements Q1 abgelaufen ist und wenn der laufend ermittelte Wert des Stroms  $i_{q1}$  in der Vorwärtsrichtung größer ist als der vorgegebene Schwellenwert  $i_{th}$ . Dies macht es möglich, genau zu bestimmen, ob der gegenläufige Strom im synchronen Gleichrichterkreis **21** unabhängig von

den Vorgängen der "sanften Schaltung" auftritt.

[Neunte Ausführungsform]

**[0308]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der neunten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung greift eine besondere Struktur der ersten Transformatoranordnung T1 und der zweiten Transformatoranordnung T2 auf. Andere Strukturen des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers sind im wesentlichen identisch mit jenen des in **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1**, so daß die Erläuterung der anderen Strukturen weggelassen wird.

**[0309]** Wie in den **Fig. 25** und **26** gezeigt, sind die erste und die zweite Transformatoranordnung miteinander integriert, um eine integrierte Transformatoranordnung **1005** zu bilden.

**[0310]** Die integrierte Transformatoranordnung **1005** ist mit einer Kernanordnung (Kernkörper) **1005a** versehen, die aus geschlitzten Kerngliedern **1006** und **1007** zusammengesetzt sind. Jedes der Kernglieder **1006** und **1007** aus einem Ferrit-Formteil. Die erste und die zweite Primärwicklung W1 und W2, die dritte und die vierte Primärwicklung W4 und W5 und die erste und die zweite Sekundärwicklung W3 und W5 sind in die Kernanordnung **1005a** gewickelt. Das heißt, die geschlitzten Kernglieder **1006** und **1007** bilden einen ersten Kern der ersten Transformatoranordnung T1 und einen zweiten Kern der zweiten Transformatoranordnung T2.

**[0311]** Die integrierte Transformatoranordnung **1005** ist mit einer Grundplatte **1008** aus, beispielsweise, Aluminium versehen, auf der die integrierte Kernanordnung **1005a** befestigt ist. Die Grundplatte **1008** dient als eine Wärmesenke und als eine geerdete Elektrodenplatte.

**[0312]** Das geschlitzte Kernglied **1006** besitzt einen Grundplattenteil **1010**, der als Strahlteil bezeichnet wird und fest an einer der Oberflächen der Grundplatte **1008** befestigt ist.

**[0313]** Das geschlitzte Kernglied **1006** weist eine Mehrzahl, beispielsweise ein Paar, von Polabschnitten **1001** und **1012** auf, deren jeder eine rechteckig abgerundete oder kreisförmige Querschnittsform aufweist. Die Polabschnitte **1011** und **1012** erstrecken sich parallel zueinander aus der anderen Oberfläche der Grundplatte **1008**. Die Polabschnitte **1011** und **1012** sind längs der Längsseite des Grundplattenteils **1010** mit Abstand voneinander aufgereiht. Die Polabschnitte **1011** und **1012** sind so angeordnet, daß sie jeweils einen Abstand von den Seitenflächen des Grundplattenteils **1010** aufweisen.

**[0314]** Die vorstehenden Längen der Polabschnitte **1011** und **1012** gleichen einander.

**[0315]** Der geschlitzte Kernteil **1006** ist auch mit äußeren Wandabschnitten **1013a1** und **1013a2** versehen, die sich jeweils parallel aus der anderen Oberfläche der Seitenflächen des Grundplattenteils erstrecken. Die äußeren Wandabschnitte **1013a1** und **1013a2** sind so angeordnet, daß sie jeweils einen Abstand von den Polabschnitten **1011** und **1012** einhalten. Die äußeren Wandabschnitte **103a1** und **1013a2** besitzen innere Oberflächen, die jeweils den Polabschnitten **1011** und **1012** gegenüberliegen.

**[0316]** Jede der inneren Oberflächen der äußeren Wandabschnitte **1013a1** und **1013a2** hat ein Paar von Rändern. Die paarweisen Ränder eines jeden der äußeren Wandabschnitte **1013a1** und **1013a2** liegen den runden inneren Eckabschnitten der Polabschnitte **1011** und **1012** gegenüber, um jeweils einwärts in Richtung auf die runden Eckabschnitte gekrümmt zu sein.

**[0317]** Die vorstehenden Längen der Wandabschnitte **1013a1** und **1013a2** sind einander gleich.

**[0318]** Das geschlitzte Kernglied **1006** ist mit einem inneren Trennwandabschnitt **1014** versehen, der zwischen den Polabschnitten **1011** und **1012** angeordnet ist und sich von der anderen Oberfläche des mittleren Abschnitts des Grundplattenteils **1010** aus erstreckt.

**[0319]** Der Trennwandabschnitt **1014** ist so angeordnet, daß er einen Abstand von den Polabschnitten **1011** bzw. **1012** einhält. Der Trennwandabschnitt **1014** besitzt auch äußere, den Polabschnitten **1011** bzw. **1012** gegenüberliegende Oberflächen. Jede der äußeren Oberflächen des Trennwandabschnitts **1014** besitzt ein Paar von Rändern. Die paarweisen Ränder einer jeden der äußeren Oberflächen des Trennwandabschnitts **1014** liegen den runden Eckabschnitten der Polabschnitte **1011** und **1012** gegenüber und sind nach außen gekrümmt in Richtung auf die jeweils zugeordneten runden Eckabschnitte.

**[0320]** Ein im wesentlichen ringförmiger, durch die äußeren Seitenflächen des Polabschnitts **1011**, der inneren Oberflächen des äußeren Wandabschnitts **1013a1** und einer der äußeren Oberflächen des Trennwandabschnitts **1014** gebildeter Pfad dient als Schlitz FS1. Gleichermaßen, dient ein im wesentliche ringförmiger, durch die äußeren Seitenflächen des Polabschnitts **1012**, die inneren Oberflächen des äußeren Wandabschnitts **1013a2**, und die andere der Außenflächen des Trennwandabschnitts **1014** gebildeter Pfad als Schlitz FS2.

**[0321]** Gleichermaßen besitzt das geschlitzte Kernglied **1007** einen Grundplattenteil **1020**, der als Strahlteil bezeichnet wird und dem Grundplattenteil **1010** gegenüberliegt.

**[0322]** Das geschlitzte Kernglied **1007** weist eine Mehrzahl, beispielsweise ein Paar, von Polabschnitten **1021** und **1022** auf, deren jeder eine rechteckige, runde oder kreisförmige Querschnittsform aufweist. Die Polabschnitte **1011** und **1012** erstrecken sich parallel zueinander vom Grundplattenteil **1020** in Richtung auf das geschlitzte Kernglied **1006** erstreckt. Die Polabschnitte **1021** und **1022** sind längs der Längsseite des Grundplattenteils **1020** mit Abstand voneinander aufgereiht, so daß die Polabschnitte **1021** und **1022** den Polabschnitten **1011** bzw. **1012** gegenüberliegen. Die Polabschnitte **1021** und **1022** sind so angeordnet, daß sie jeweils einen Abstand von den Seitenflächen des Grundplattenteils **1020** aufweisen.

**[0323]** Die vorstehenden Längen der Polabschnitte **1021** und **1022** sind einander gleich.

**[0324]** Das geschlitzte Kernglied **1007** ist außerdem mit äußeren Wandabschnitten **1023a1** und **1023a2** versehen, die sich zueinander parallel von den Seitenflächen des Grundplattenteils **1020** aus erstrecken. Die äußeren Wandabschnitte **1023a1** und **1023a2** sind so angeordnet, daß sie einen Abstand von den Polabschnitten **1021** bzw. **1022** einhalten, derart, daß die äußeren Wandabschnitte **1023a1** und **1023a2** den äußeren Wandabschnitten **1013a1** bzw. **1013a2** gegenüberliegen. Die äußeren Wandabschnitte **1023a1** und **1023a2** besitzen auch innere Oberflächen, die den Polabschnitten **1021** bzw. **1022** gegenüberliegend.

**[0325]** Jede der inneren Oberflächen der äußeren Wandabschnitte **1023a1** und **1023a2** besitzt ein Paar von Rändern. Die paarweisen Ränder eines jeden der äußeren Wandabschnitte **1023a1** und **1023a2** liegt den runden Eckabschnitten der Polabschnitte **1021** und **1022** gegenüber, um einwärts gegen die entsprechenden runden Eckabschnitte gekrümmt zu sein.

**[0326]** Die vorstehenden Längen der Wandabschnitte **1031a1** und **1013a2** sind untereinander gleich.

**[0327]** Das geschlitzte Kernglied **1007** ist mit einem Trennwandabschnitt **1024** zwischen den Polabschnitten **1021** und **1022** versehen, der sich vom mittleren Abschnitt des Grundplattenteils **1020** derart erstreckt, daß er dem Trennwandabschnitt **1014** gegenüberliegt. Der Trennwandabschnitt **1024** ist so angeordnet, daß er einen Abstand von den Polabschnitten **1021** bzw. **1022** einhält. Der Trennwandabschnitt **1024** besitzt außerdem Außenflächen, die den Polabschnitten **1021** bzw. **1022** gegenüberliegen. Jede der Außenflächen des Trennwandabschnitts **1024** besitzt ein Paar Rändern. Die paarweisen Ränder einer jeden der Außenflächen des Trennwandabschnitts **1024** liegt den runden Eckabschnitten der Polabschnitte **1021** und **1022** ge-

genüber, um jeweils auswärts in Richtung auf den zugeordneten der runden Eckabschnitte gekrümmt zu sein.

[0328] Ein im wesentlichen ringförmiger Pfad, der von der äußeren Seitenfläche des Polabschnitts **1021**, der Innenfläche des äußeren Wandabschnitts **1023a1** und einer der Außenflächen des Trennwandabschnitts **1024** gebildet wird, dient als Schlitz FS3. Gleichermaßen dient ein im wesentlichen ringförmiger Pfad, der durch die äußere Seitenfläche des Polabschnitts **1022**, die innere Oberfläche des äußeren Wandabschnitts **1023a2** und die andere der äußeren Oberflächen des Trennwandabschnitts **1024** gebildet wird, als Schlitz FS4.

[0329] Die vorstehenden Enden der Polabschnitte **1011** und **1021** grenzen aneinander an und die vorstehenden Enden der Polabschnitte **1021** und **1022** grenzen aneinander an.

[0330] Die vorstehenden Enden der äußeren Wandabschnittes **1013a1** und **1023a1** sind so angeordnet, daß sie einander mit einem engen Spalt Ga1 zwischen sich gegenüberliegen, so daß die äußeren Wandabschnitte **1013a1** und **1023a1** einen gemeinsamen magnetischen Pfad bilden, der einem nicht gewickelten magnetischen Pfad entspricht.

[0331] Die vorspringenden Enden der äußeren Wandabschnitte **1013a2** und **1023a2** sind so angeordnet, daß sie einander mit einem engen Spalt Ga2 zwischen sich gegenüberliegen, so daß die äußeren Wandabschnitte **1013a2** und **1023a2** einen gemeinsamen magnetischen Pfad bilden, der einem nicht gewickelten magnetischen Pfad entspricht.

[0332] Zusätzlich sind die vorspringenden Enden der Trennwandabschnitte **1014** und **1024** so angeordnet, daß einander mit einem engen Spalt G zwischen sich gegenüberliegen, so daß die Trennwandabschnitte **1014** und **1024** einen gemeinsamen magnetischen Pfadbilden, der einem nicht gewickelten magnetischen Pfad entspricht.

[0333] Diese Spalte Ga1, Ga2 und G dienen zur Vermeidung einer Eisensättigung der Kernanordnung **1005a**. In Fällen, in welchen die Gesamtheit der Querschnittsflächen der magnetischen Pfade in der Kernanordnung **1005a** ausreichend breit ist, so daß die Eisensättigung der Kernanordnung **1005** vernachlässigbar ist, können die Spalte Ga1, Ga2 und G für die Kernanordnung **1005a** unnötig sein. Zusätzlich können in Fällen, in denen eine geeignete Strombegrenzungseinheit vorgesehen ist, die verhindert, daß der erzeugte magnetische Fluß in der Kernanordnung **1005a** gesättigt wird, die Spalte Ga1, Ga2 und G für die Kernanordnung **1005a** unnötig sein. Ein anderer enger Spalt kann für die Polabschnitte **1011** und **1021** und/oder **1012** und **1022** vorgesehen sein.

[0334] Die Polabschnitte **1011** und **1012** bilden eine erste Polanordnung, die einem gewickelten magnetischen Pfad des ersten Kerns entspricht, und die Polabschnitte **1012** und **1022** bilden eine zweite Polanordnung, die einem gewickelten magnetischen Pfad des zweiten Kerns entspricht.

[0335] Die äußeren Wandabschnitte **1013a1**, **1013a2**, **1023a1** und **1023a2** umgeben die Polabschnitte **1011**, **1012**, **1021** und **1022** um zu verhindern, daß magnetisches Rauschen aus der Kernanordnung **1005a** nach außen dringt. Die erste Primärwicklung W1 ist um den Polabschnitt **1021** gewickelt um im Schlitz FS3 untergebracht zu werden und die zweite Primärwicklung ist um den Polabschnitt **1001** gewickelt, um im Schlitz FS1 untergebracht zu werden. Die erste Sekundärwicklung W3 ist um den Grenzbereich der Polabschnitte **1011** und **1021** gewickelt, um in den Schlitzen FS1, FS3 und dem Spalt Ga1 untergebracht zu werden.

[0336] In ähnlicher Weise ist die dritte Primärwicklung W4 um den Polabschnitt **1022** gewickelt, um im Schlitz FS4 untergebracht zu werden und die vierte Primärwicklung W5 ist um den Polabschnitt **1012** gewickelt, um im Schlitz FS2 untergebracht zu werden. Die zweite Sekundärwicklung W6 ist um den Grenzbereich der Polabschnitte **1012** und **1022** gewickelt, um in den Schlitzen FS2 und FS4 und dem Spalt Ga2 untergebracht zu werden.

[0337] Bei der neunten Ausführungsform ist die Zahl der Windungen der Wicklungen W1 und W2 einander gleich, und die Zahl der Windungen der Wicklungen W2 und W5 sind ebenfalls einander gleich. Die Zahl der Windungen der Wicklungen W3 und W6 ist auf 1 Windung festgesetzt.

[0338] Drei Anschlüsse **1131**, **1132** und **1133** der ersten und der zweiten Sekundärwicklung sind nach außen gezogen und stehen in einer Richtung vor. Der Anschluß **1131** ist ein geerdeter Anschluß der ersten Sekundärwicklung und der Anschluß **1133** ist ein geerdeter Anschluß der zweiten Sekundärwicklung W6. Die Anschlüsse **1131** und **1133** sind durch das dritte und das vierte Schaltelement Q3 und Q4 geerdet.

[0339] Der Anschluß **1132** ist ein Ausgangsanschluß des zweiten Wandlerkreises **21**. Jedes der Schaltelemente Q3 und Q4 besitzt ein wesentliches Kartenmodule und ist sandwichartige zwischen die Anschlüsse **1131** und **1133** und eine kupferne Buschiene eingefügt, mit anderen Worten eine geerdete Elektrode **1137**.

[0340] Die erste und die dritte Primärwicklung W1 und W4 sind in einer Richtung gewickelt und die zweite und die vierte Primärwicklung W2 und W5 sind in einer Richtung gewickelt. Das heißt, wenn man einen Strom durch jede der Wicklungen W1 und W4

schickt, ist der in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W1 erzeugte magnetische Fluß in seiner Richtung dem magnetischen Fluß entgegengesetzt, der durch die Wicklung W4 in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W4 erzeugt wird. Der magnetische Fluß, der durch die Wicklung W4 in den Polabschnitten **1011** und **1012** erzeugt wird, weist die entgegengesetzte Richtung auf wie der in den Polabschnitten **1011** und **1012** durch die Wicklung W1 erzeugte magnetische Fluß.

**[0341]** Gleichermaßen, wenn man einen Strom durch jede der Wicklungen W2 und W5 schickt, ist der in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W2 erzeugte magnetische Fluß in der Richtung dem magnetischen Fluß entgegengesetzt, der in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W5 erzeugt wird. Der in den Polabschnitten **1011** und **1021** durch die Wicklung W5 erzeugte magnetische Fluß besitzt die entgegengesetzte Richtung in Bezug auf den in den Polabschnitten **1011** und **1021** durch die Wicklung W2 erzeugten magnetischen Fluß.

**[0342]** Die Polabschnitte **1011** und **1021**, die den gewickelten magnetischen Pfad der ersten Transformatoranordnung T1 bilden, und die Polabschnitte **1012** und **1022** die den gewickelten magnetischen Pfad für den zweiten Transformatorabschnitt T2 bilden, erzeugen magnetische Flüsse in den äußeren Wandabschnitten **1013a1**, **1023a1**, **1013a2** und **1023a2**, die den nicht-gewickelten magnetischen Pfad in der gleichen Richtung bilden.

**[0343]** In diesem Fall kann es zu bevorzugen sein, daß die Gesamtheit der Querschnittsflächen der magnetischen Pfade in den Polabschnitten **1011**, **1021**, **1012** und **1022** im wesentlichen gleich der Gesamtheit der Querschnittsflächen der äußeren Wandabschnitte **1013a1**, **1023a1**, **1013a2** und **1023a2** ist.

**[0344]** Wie oben beschrieben, besitzt die integrierte Transformatoranordnung **1050** entsprechend der neunten Ausführungsform die gemeinsamen magnetischen Pfade (die Trennwandabschnitte **1014** und **1024** und die äußeren Wandabschnitte **1031a1** und **1023a1**) zwischen der ersten und der zweiten Transformatoranordnung T1 und T2, die es ermöglichen, die Kernanordnung **1005a**, d.h. die integrierte Transformatoranordnung selbst, in der Größe zu reduzieren.

**[0345]** Zusätzlich ist es bei der integrierten Transformatoranordnung **1050** nach der neunten Ausführungsform möglich, die Struktur der Kernanordnung **1005a** zu vereinfachen, weil die Kernanordnung **1005a** aus den Polabschnitten **1011**, **1012**, **1021** und **1022** als der gewickelte magnetischer Pfad und den inneren Trennwandabschnitten **1014**, **1024** und den

äußeren Wandabschnitten **1013a1**, **1023a1**, **1013a2** und **1023a2** als den noch gewickelten magnetischen Pfaden zusammengesetzt ist.

**[0346]** Außerdem ist bei der integrierten magnetischen Transformatoranordnung **1050** nach der neunten Ausführungsform, wenn man durch jede der Windungen W1 und W4 einen Strom schickt, der in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W1 erzeugte magnetische Fluß in seiner Richtung dem magnetischen Fluß entgegengesetzt, der in den Polabschnitten **1012** und **1022** durch die Wicklung W4 erzeugt wird. Diese Anordnung erlaubt es, daß die auf den Wicklungen W1 und W2 basierenden magnetischen Flüsse nicht mit den auf den Wicklungen W4 und W5 basierenden magnetischen Flüssen interferieren.

**[0347]** Außerdem sind bei der integrierten Transformatoranordnung **1050** nach der neunten Ausführungsform die drei Anschlüsse **1131**, **1132** und **1133** der ersten und der zweiten Sekundärwicklung W3 und W6 nach außen gezogen und ragen hervor, so daß es möglich ist, die erste und die zweite Sekundärwicklung W3 und W6 miteinander zu integrieren und dadurch eine kompaktere Form der integrierten Transformatoranordnung **1005** zu schaffen.

**[0348]** Wenn die Windungszahl jeder der Wicklungen W3 und W6 auf 1 Windung gesetzt wird, kann es zu bevorzugen sein, daß die drei Anschlüsse **1131**, **1132** und **1133** der ersten und der zweiten Sekundärwicklung W3 und W6 nach außen gezogen und ragen von diesen in einer Richtung hervor wegen der Verbesserung der magnetischen Kopplung zwischen der ersten und der zweiten Sekundärwicklung W3 und W6.

**[0349]** Weiterhin ist die Kernanordnung **1005a** fest auf der Grundplatte **1008** montiert, die als eine Wärmesenke und geerdete Elektrodenplatte dient, die es der Erwärmung von der Kernanordnung **1005a** und der von den Wicklungen erlaubt, sich sanft über die Grundplatte **1008** abzubauen und dadurch die Kernanordnung zu kühlen.

**[0350]** Insbesondere ist es möglich, die parasitären Leitungsinduktivitäten und die Leitungswiderstände zwischen jedem Schaltungselement Q3, Q4 und jeder Sekundärwicklung W3, W6 zu reduzieren und dadurch die Schaltungsstoßspannung und die Leitungsverluste abzubauen. Zusätzlich ist es möglich, Wärme von jedem Schaltelement Q3, Q4 in die Grundplatte **1008** abzuziehen.

[Zehnte Ausführungsform]

**[0351]** Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der zehnten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Übereinstimmung mit den Fig. 27

und 28 beschrieben.

**[0352]** Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der zehnten Ausführungsform übernimmt eine spezifische Struktur der ersten Transformatoranordnung T1 und der zweiten Transformatoranordnung T2. Andere Strukturen des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers sind im wesentlichen identisch mit jenen des in **Fig. 1** gezeigten Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** so daß die Erklärungen dieser anderen Strukturen weggelassen wurden.

**[0353]** Wie in **Fig. 27** gezeigt, sind die erste und die zweite Transformatoranordnung miteinander integriert, um eine integrierte Transformatoranordnung **1900** auszubilden.

**[0354]** Die integrierte Transformatoranordnung **1900** ist mit einer Kernanordnung **1910** versehen, die im wesentlichen aus einem E-förmigen Kern **2000**, einem ersten, im wesentlichen I-förmigen Kern **3000** und einem zweiten im wesentlichen I-förmigen Kern **4000** zusammengesetzt ist.

**[0355]** Der E-förmige Kern **2000** ist mit einer Grundplatte **2001** und einem mittleren Polabschnitt **2002** versehen, der sich von der einen Oberfläche der Grundplatte **2001** aus rechtwinklig zu dieser einen Oberfläche der Grundplatte erstreckt.

**[0356]** Der E-förmige Kern **2000** ist mit einem ersten Seitenwandabschnitt **2003** versehen, der sich von einem Seitenrand der Basisplatte **2001** parallel zum mittleren Polabschnitt **2002** erstreckt, und mit einem zweiten Seitenwandabschnitt **2004**, der sich vom anderen Seitenrand der Basisplatte **2001** parallel zum mittleren Polabschnitt **2002** erstreckt. Der E-förmige Kern **2000** hat eine im wesentlichen E-förmige Gestalt in seiner Erstreckungsrichtung.

**[0357]** Der erste I-förmige Kern **3000** ist an der oberen Seite des mittleren Polabschnitts **2002** und des zweiten Seitenwandabschnitts **2003** angeordnet, um auf der oberen Oberfläche des mittleren Polabschnitts **202** verlagerbar zu sein. Das heißt, der I-förmige Kern **3000** ist auf dem ersten Seitenwandabschnitt **2003** unter Bildung eines Spalts G1 zwischen dem I-förmigen Kern und dem mittleren Polabschnitt **2002** befestigt. Diese Struktur schafft einen ersten, geschlossenen, magnetischen Pfad **6000** mit dem Spalt G1, der über den ersten I-förmigen Kern **3000**, den ersten Seitenwandabschnitt **2003** die Grundplatte **2001**, den mittleren Polabschnitt **2002** und den Spalt G1 verläuft.

**[0358]** Der zweite I-förmige Kern **4000** ist an der Oberseite des mittleren Polabschnitts **2002** und des zweiten Seitenwandabschnitts **2004** angeordnet, um auf der oberen des mittleren Polabschnitts **2002** verlagerbar zu sein. Das heißt, der I-förmige Kern **4000**

ist auf dem zweiten Seitenwandabschnitt **2004** unter Bildung eines Spalts G2 zwischen dem I-förmigen Kern **4000** und dem mittleren Polabschnitt **2002** befestigt. Diese Struktur schafft einen zweiten, geschlossenen, magnetischen Pfad **7000** mit dem Spalt G2, der über den zweiten I-förmigen Kern **4000**, den zweiten Seitenwandabschnitt **2004**, die Grundplatte **2001**, den mittleren Polabschnitt **2002** und den Spalt G2 verläuft. In diesem Fall kann einer der I-förmigen Kerne, der erste Kern **3000** oder der zweite Kern **4000**, auf der oberen Oberfläche des ersten bzw. des zweiten Seitenwandabschnitts **2003**, **2004** verlagerbar sein.

**[0359]** Ein Spalt G3 ist zwischen dem ersten I-förmigen Kern **3000** und dem zweiten I-förmigen Kern **4000** ausgebildet. Der Spalt G3 steht in Verbindung mit den Spalten G1 und G2 um einen im wesentlichen T-förmigen Querschnitt zu bilden, der parallel zur axialen Richtung des mittleren Polabschnitts **2002** verläuft.

**[0360]** Die erste Primärwicklung W1 und die dritte Primärwicklung W4 sind miteinander integriert und um den mittleren Polabschnitt **2002** mit einer vorgegebenen Windungszahl gewickelt. Die zweite Primärwicklung W2 und die vierte Primärwicklung W5 sind miteinander integriert und um den mittleren Polabschnitt **2002** mit einer vorgegebenen Windungszahl gewickelt.

**[0361]** Die Sekundärwicklungen W3 und W6 sind zwischen dem ersten Seitenwandabschnitt **2003** und dem mittleren Polabschnitt **2002**, und die zweite Sekundärwicklung W6 ist zwischen dem zweiten Seitenwandabschnitt **2004** und dem mittleren Polabschnitt **2002** angeordnet. Ein gemeinsamer Endabschnitt **8001** der Sekundärwicklungen W3 und W6 ist an deren einem Ende ausgebildet, während der andere Endabschnitt **8002** der Wicklung W3 und der andere Endabschnitt **8003** der Wicklung W6 getrennt voneinander ausgebildet sind.

**[0362]** Übernimmt man die gestaltete integrierte Transformatoranordnung **1900** in den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler, reduziert das die Größe und das Gewicht. Alle Wicklungen W1 bis W6 sind um den mittleren Polabschnitt **2002** gewickelt, was eine Abnahme der Streuinduktivitäten ermöglicht.

**[0363]** Zusätzlich sind der erste und der zweite I-förmige Kern **3000** und **4000** auf der Oberseite, des mittleren Kernabschnitts **2002** verlagerbar angeordnet. Es können deshalb durch Verlagerung des ersten und des zweiten I-förmigen Kerns **3000** und **4000** parallel zu einer Endfläche der mittleren Pols **2002** die Flächen der magnetischen Pfade in den Spalten G1 und G2 leicht eingestellt werden.

**[0364]** Das Verändern der Fläche des magneti-

schen Pfads in jedem der Spalte G1 und G2 gestattet es, die magnetischen Widerstände der ersten und der zweiten Transformatoranordnung, in anderen Worten, die magnetisierenden Induktivitäten und damit die Ausgangscharakteristik des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers zu verändern.

[0365] In diesem Fall kann es vorzuziehen sein, daß der Spalt G3 länger ist als die anderen Spalte G1 und G2. Macht man den Spalt G3 länger als jeden der Spalte G1 und G2, erlaubt es dies, die Induktivitäten, die ausgeglichen mit den Sekundärwicklungen W2 und W6 in Reihe verbunden sind, zu reduzieren, was es ermöglicht, die beim Schalten auftretenden, durch die Induktivitäten verursachten Stoßspannungen zu reduzieren.

[Elfte Ausführungsform]

[0366] Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der elften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird in Übereinstimmung mit Fig. 29 beschrieben.

[0367] In einem integrierte Transformator gemäß der elften Ausführungsform sind die Wicklungen W3 und W6 getrennt um die erste bzw. zweite Seitenwand **2003**, **2004** gewickelt.

[0368] Das heißt, die erste Sekundärwicklung W3 ist um die erste Seitenwand **2003** gewickelt um eine Verknüpfung mit dem ersten, geschlossenen, magnetischen Kreis **6000** herzustellen und die zweite Sekundärwicklung ist um die zweite Seitenwand **2004** gewickelt um eine Verknüpfung mit dem zweiten, geschlossenen, magnetischen Kreis **7000** herzustellen.

[0369] Die Anordnung weist die Wirkungen auf, die die gleichen sind, wie die durch die zehnte Ausführungsform erhaltenen.

[0370] Außerdem erlaubt es diese Ausgestaltung, die Windungszahl der Sekundärwicklungen leicht zu erhöhen und dabei die Wirkungen der zehnten Ausführungsform beizubehalten.

[0371] Außerdem können bei dieser Ausgestaltung leicht die Sekundärwindungen W2 und W6 um die erste und die zweite Seitenwand **20043** bzw. **2004** gewickelt werden.

[0372] Bei der elften Ausführungsform sind die Wicklungen W3 und W6 als um die Seitenwände **2003** bzw. **2004** gewickelt dargestellt. Die vorliegende Erfindung ist jedoch nicht auf eine solche Ausführung beschränkt.

[0373] Das heißt, die Sekundärwicklung W3 kann auch derart angeordnet werden, daß sie um einen Abschnitt der Kernanordnung **1910** gewickelt ist, wie

etwa die Grundplatte **2001** oder den I-förmigen Kern **3000**, um eine Verknüpfung mit dem ersten, geschlossenen, magnetischen Kreis **6000** herzustellen. Gleichermaßen kann die Sekundärwicklung W6 so angeordnet werden, daß sie um einen Abschnitt der Kernanordnung **1910** gewickelt ist, wie etwa die Grundplatte **2001** oder den I-förmigen Kern **4000**, um eine Verknüpfung mit dem zweiten, geschlossenen, magnetischen Kreis **6000** herzustellen.

[Zwölfte Ausführungsform]

[0374] Ein Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der zwölften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0375] Der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der zwölften Ausführungsform übernimmt eine spezielle Struktur der ersten Transformatoranordnung T1 und der zweiten Transformatoranordnung T2. Andere Strukturen des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers sind im wesentlichen identisch mit jenen des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers **1** in Fig. 1 so daß die Erläuterung der anderen Strukturen weggelassen wurde.

[0376] Wie in Fig. 30 gezeigt, sind die erste und die zweite Transformatoranordnung T1 und T2 miteinander integriert, um eine integrierte Transformatoranordnung **1900B** zu bilden.

[0377] Die integrierte Transformatoranordnung **100B** ist mit einer Kernanordnung **10'910** einschließlich eines E-förmigen Kerns **2000** versehen, der die gleiche Form aufweist wie der E-förmige Kern gemäß der zehnten und elften Ausführungsform.

[0378] Die integrierte Transformatoranordnung **1900B** ist außerdem mit einem I-förmigen Kern **5000** versehen.

[0379] Der I-förmige Kern **5000** ist auf der Oberseite des mittleren Polabschnitts **2002** und des ersten und des zweiten Seitenwandabschnitts **2003** und **2004** angeordnet, um auf der oberen Oberfläche des mittleren Polabschnitts verlagerbar zu sein. Das heißt, der I-förmige Kern **5000** ist auf einer Endfläche des mittleren Polabschnitts **2002** so angeordnet, daß ein Spalt G1a zwischen dem I-förmigen Kern **5000** und dem ersten Seitenwandabschnitt **2003** und ein Spalt G2a zwischen dem I-förmigen Kern **5000** und dem zweiten Seitenwandabschnitt **2004** gebildet wird.

[0380] Diese Anordnung schafft einen den Spalt G1a enthaltenden ersten geschlossenen magnetischen Pfad **6000** über den I-förmigen Kern **5000**, den Spalt G1a, den mittleren Polabschnitt den ersten Seitenwandabschnitt **2003**, der Grundplatte **2001**, den mittleren Polabschnitt **2002** und den I-förmigen Kern **5000**.

[0381] Gleichermaßen schafft die Anordnung einen zweiten, geschlossenen, magnetischen Pfad **5000** mit dem Spalt G2a, der über den I-förmigen Kern **5000**, den Spalt G2a, den zweiten Seitenwandabschnitt **2004**, die Grundplatte **2001**, den mittleren Ankerabschnitt **2002** und den I-förmigen Kern **5000** verläuft.

[0382] Die erste Primärwicklung W1 und die dritte Primärwicklung W4 sind miteinander integriert und mit einer vorgegebenen Windungszahl um den mittleren Polabschnitt **2002** gewickelt. Gleichermaßen sind die zweite Primärwicklung W2 und die vierte Primärwicklung W5 miteinander integriert und mit einer vorgegebenen Windungszahl um den mittleren Polabschnitt **2002** gewickelt. Die Sekundärwicklungen W3 und W6 sind getrennt um den ersten Seitenwandabschnitt **2003** bzw. den zweiten Seitenwandabschnitt **2004** gewickelt.

[0383] Diese Anordnung erlaubt es, die Zahl der Windungen der Sekundärwicklungen W3 und W4 leicht zu erhöhen und dabei die Wirkungen der zehnten Ausführungsform beizubehalten.

[0384] Durch Übernahme der gestalteten, integrierten Transformatoranordnung **1900B** in den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler wird dieser kompakter.

[0385] Zusätzlich ist der I-förmige Kern **5000** auf der Oberseite des mittleren Polabschnitts **2002** auf der Oberfläche des mittleren Polabschnitts **2002** beweglich angeordnet. Deshalb kann durch Verlagerung des I-förmigen Kern **5000** parallel zur Endfläche des mittleren Polabschnitts **2002** die Fläche der magnetischen Pfade in den Spalten G1a und G2a leicht eingestellt werden.

[0386] Die Veränderung der Fläche des magnetischen Pfads in jedem der Spalte G1a und G2a erlaubt es, die magnetischen Widerstände in der ersten und der zweiten Transformatoranordnung T1 und T2, mit anderen Worten die magnetisierenden Induktivitäten, zu verändern und damit die Ausgangscharakteristik des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers einzustellen.

[Abwandlung]

[0387] Als eine Abwandlung des Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers dienen die Spalte G1a und G2a zur Verhinderung des Entstehens von Eisensättigung.

[0388] Ein Teil des Spalts G1a und/oder des Spalts G2a kann eine Spaltbreite aufweisen die gleich Null ist.

[0389] Wenn hoher Strom der integrierten Transformatoranordnung **1900B** zugeführt wird, veranlaßt der

hohe Strom eine Eisensättigung eines jeden der Teile mit der Spaltbreite Null. Die Teile bei denen die Eisensättigung erzeugt wird, können als Spalte betrachtet werden, die die den verbleibenden Abschnitten der Spalte G1a und G2a ähnlich sind.

[Eine weitere Abwandlung]

[0390] In einer integrierten Transformatoranordnung **190C** gemäß einer weiteren Abwandlung der integrierten Transformatoranordnung **190A** besitzt der I-förmige Kern **3000a** eine Seitenfläche **3000b**, die eine Seitenfläche **4000b** des zweiten I-förmigen Kerns **4000a** am Spalt G3 gegenüberliegt.

[0391] Wie in Fig. 31 gezeigt, ist die Seitenfläche **3000b** des ersten I-förmigen Kerns **3000a** zurückweichend ausgebildet, so daß der Bereich der der einen Endfläche des mittleren Polabschnitts **2002** gegenüberliegt, so groß wie möglich. Gleichermaßen ist die Seitenfläche **4000b** des zweiten I-förmigen Kerns **4000a** zurückweichend ausgebildet, so daß der Bereich der der einen Endfläche des mittleren Polabschnitts **2002** gegenüberliegt, so groß wie möglich ist.

[0392] Diese Ausgestaltung des ersten und zweiten I-förmigen Kerns **3000** und **4000** erlaubt dem magnetischen Fluß im geschlossenen magnetischen Kreis mit dem Spalt G3 zuzunehmen und dem magnetischen Fluß über den Spalt G3 abzunehmen. In diesem Fall können die zurückweichenden Oberflächen **3000b** und **4000b** gekrümmte oder flache Oberflächen sein.

[0393] Zusätzlich erlaubt ein weiter zunehmender Spalt G3 die weitere Abnahme der Stoßspannung.

[0394] Wie oben beschrieben führen die Ausführungsformen und Abwandlungen zu folgenden Wirkungen.

[0395] Um damit zu beginnen, der magnetische Fluß (Amperewindungen), der in jeder der Primärwindungen W1, W2, W4 und W5 jeder der ersten und zweiten Transformatoranordnungen T1 und T2 erzeugt wird, wird umgekehrt entsprechend der Schaltung des ersten und zweiten Schaltelements Q1 und Q2. Insbesondere wird die Fließrichtung des Eingangsstroms  $i_1$  gesteuert in Richtung auf das erste Schaltelement Q1 (Q1 ist im Einschaltzustand) oder in Richtung auf die Primärwindungen W5 und W2 (Q1 befindet sich im Ausschaltzustand). Diese Schaltfähigkeit erlaubt es, die Stromrichtung in Bezug auf den ersten Kondensator C1 umzukehren, d.h.  $i_2 \leftrightarrow i_2'$ . Das erlaubt es dem Eingangsstrom  $i_1$  bei allen Betriebsweisen stabil vom Eingangs-Gleichstrom-Netzteil **2** in die erste Primärwicklung W1 und die dritte Primärwicklung W4 zu fließen.

**[0396]** Das heißt, im Vergleich mit der in **Fig. 32** gezeigten Struktur hindern die Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach den obigen Ausführungsformen und Abwandlungen den Eingangsstrom  $i_1$  daran, in das Eingangs-Gleichstrom-Netzteil **2** zu fließen, wodurch die im Eingangsstrom  $i_1$  enthaltenen Brummkomponenten reduziert werden. Das ermöglicht es, auf einen Glättungskondensator mit großer Kapazität zu verzichten, der erforderlich ist, um mit dem Eingangs-Gleichstrom-Netzteil **102** in **Fig. 32** parallel geschaltet zu werden. Zusätzlich macht es den Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler kompakt, die Kapazität des ersten Kondensators C1 zu reduzieren im Vergleich zu dem Glättungskondensator, der in **Fig. 32** zum Eingangs-Gleichstrom-Netzteil **2** parallel geschaltet ist.

**[0397]** Die Bedeutung der Reduzierung der Brummkomponenten im Eingangsstrom in Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern ist gut bekannt und deshalb ist es möglich das elektromagnetische Rauschen in Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlern zu reduzieren und deren Größe zu verringern.

**[0398]** Alternatives Einschalten des dritten und des vierten Schaltelements Q3 und Q4 in Synchronisierung mit dem Ein- und Ausschalten des ersten Schaltelements Q1 erlaubt es, den Ausgangsstrom kontinuierlich über eines der Schaltelemente Q3 und Q4 auszugeben. Das führt dazu, daß die Brummkomponenten im Ausgangsstrom reduziert werden und die Ausgangsdrosselspule entfallen kann.

**[0399]** Im Vergleich mit einem Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler, in dem zwei Gleichrichterelemente eine Vollwellengleichrichtung der Ausgangsspannungen zwischen einem Ende der Sekundärwicklung und der Mittelanzapfung und deren anderem Ende und der Mittelanzapfung ausführen, erlauben die Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß diesen Ausführungsformen und Abwandlungen die Durchschlagspannung des Gleichrichterelements, wie eines Glättungskondensators, zu senken.

**[0400]** Weil die in der zweiten Transformatoranordnung T2 erzeugten magnetisierenden Gleichstromkomponenten, das sind Gleichstromkomponenten, die im Gesamtbetrag der Stromänderungen in jeder der Primärwicklungen W4 und W5 enthalten sind, reduziert werden, ist es möglich, in der zweiten Transformatoranordnung T2 das Gleichstrom-Vorspannungsmagnetfeld und die Eisensättigung zu reduzieren. Diese Reduzierung des Gleichstrom-Vorspannungsmagnetfeldes und der Eisensättigung erlaubt es, die Spaltbreite des Kerns in der zweiten Transformatoranordnung T2 gering zu halten, was eine Verringerung der Kerngröße der zweiten Transformatoranordnung T2 zur Folge hat.

**[0401]** Zusätzlich ermöglicht die Reduzierung der

Brummkomponenten im Eingangsstrom und im Ausgangsstrom, die Realisierung der sanften Schaltung und die Reduzierung der Kupferverluste in den Transformatoranordnungen T1 und T2 die Verbesserung der Energieeffizienz der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler gemäß der vorliegenden Erfindung.

**[0402]** Zudem erlaubt die Vorwärtverschiebung der Einschaltzeitpunkte des dritten Schaltelements Q3 und des vierten Schaltelements Q4 um sie kurzzuschließen, die Reduzierung der Stoßspannungen zu den Einschaltzeitpunkten und das elektromagnetische Sammeln der zu den Schaltzeitpunkten erzeugten Energie durch die Transformatoranordnungen T1 und T2.

**[0403]** Außerdem ist es für die vereinfachte Steuervorrichtung möglich, die Energieübertragungsrichtung umzuschalten.

**[0404]** Obwohl beschrieben wurde, was derzeit als die Ausführungsformen und Abwandlungen der Erfindung angesehen wird, ist doch zu verstehen, daß verschiedene noch nicht beschriebene Abwandlungen im Rahmen der Erfindung möglich sind, weshalb beabsichtigt ist durch die angefügten Ansprüche alle derartigen Abwandlungen abzudecken, die dem wahren Geist und Umfang der Erfindung entsprechen.

### Patentansprüche

1. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler verbunden mit ersten positiven und negativen Netzleitungen und zweiten positiven und negativen Netzleitungen zur Übertragung einer Gleichspannung zwischen den ersten positiven und negativen Netzleitungen und denn zweiten positiven und negativen Netzleitungen, wobei der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt: Einen magnetischen Kreis mit einer ersten Primärwicklung, einer zweiten Primärwicklung, einer dritten Primärwicklung, einer vierten Primärwicklung, einer ersten Sekundärwicklung und einer zweiten Sekundärwicklung, wobei die erste und die zweite Primärwicklung magnetisch mit der ersten Sekundärwicklung gekoppelt sind und die dritte und vierte Primärwicklung magnetisch mit der zweiten Sekundärwicklung gekoppelt sind, die erste und die dritte Primärwicklung in Reihe gekoppelt sind, um ein erstes Spulenelement zu bilden, die zweite und die vierte Primärwicklung in Reihe miteinander gekoppelt sind um ein zweites Spulenelement zu bilden, und ein Ende des ersten Spulenelement mit der ersten Netzleitung verbunden ist;  
ein erstes Schaltelement, das zwischen die erste negative Netzleitung und das anderen Ende des ersten Spulenelements gekoppelt ist: und  
ein erster Kondensator zwischen den ersten negativen Anschluß und ein Ende des zweiten Spulenelements gekoppelt ist.

2. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 1, weiter umfassend eine Klammerschaltung mit einem ersten und einem zweiten Anschluß, von denen der erste Anschluß der Klammerschaltung mit dem einen Ende des zweiten Spulenelements verbunden ist, der zweite Anschluß der Klammerschaltung mit den anderen Enden des ersten bzw. des zweiten Spulenelements verbunden ist, und wobei die Klammerschaltung als Bypass zu durch das erste Schaltelement fließenden Strom geeignet ist für den Fall, daß das erste Schaltelement ausgeschaltet ist.

3. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 1, weiter umfassend eine mit dem ersten Schaltelement verbundene Steuerschaltung, die so gestaltet ist, daß sie periodisch einen Ladevorgang ausführt, um das erste Schaltelement auszuschalten und dadurch das Laden des ersten Kondensators zuzulassen, und einen Entladevorgang, um das erste Schaltelement einzuschalten und dadurch die Entladung des ersten Kondensators zuzulassen.

4. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 3, bei welchem die Klammerschaltung einen zweiten Kondensator enthält, der mit seinem einen Ende mit dem einen Ende des zweiten Spulenelements verbunden ist, und ein zweites Schaltelement mit seinem einen Anschluß mit dem anderen Ende des zweiten Kondensators und mit seinem anderen Anschluß mit diesen anderen Enden des ersten bzw. des zweiten Spulenelements verbunden ist, und bei welchem die Steuerschaltung so gestaltet ist, daß sie periodisch den Ladevorgang ausführt, um das erste Schaltelement auszuschalten und das zweite Schaltelement einzuschalten und dadurch das Laden des ersten Kondensators zuzulassen, und den Entladevorgang ausführt, um das erste Schaltelement einzuschalten und d. Laden des ersten Kondensators neu zu laden und das zweite Schaltelement auszuschalten und dadurch das Entladen des ersten Kondensators zuzulassen.

5. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 3, bei welchem die Gleichspannung durch die erste positive und negative Netzleitung an den magnetischen Kreis angelegt wird, dieser magnetische Kreis basierend auf der Gleichspannung einen ersten Ausgangsstrom in der zweiten Sekundärwicklung erzeugt, während das erste Schaltelement sich im Ausschaltzustand befindet, dieser magnetische Kreis basierend auf der Gleichspannung einen zweiten Ausgangsstrom in der ersten Sekundärwicklung erzeugt, während das zweite Schaltelement sich im Ausschaltzustand befindet.

6. Gleichstrom-Gleichstromwandler, nach Anspruch 4, weiter umfassend: ein drittes Schaltelement mit seinem einen Ende gekoppelt mit der zweiten negativen Netzleitung und mit

seinem anderen Ende mit einem Ende der zweiten Sekundärspule, sowie das andere Ende der zweiten Sekundärspule mit der zweiten positiven Netzleitung gekoppelt ist; und

ein viertes Schaltelement, das mit seinem einen Ende mit der zweiten negativen Netzleitung gekoppelt ist und mit seinem anderen Ende mit einem Ende der ersten Sekundärwicklung, sowie das andere Ende der ersten Sekundärwicklung mit der zweiten positiven Netzleitung gekoppelt ist, wobei die Steuervorrichtung so gestaltet ist, daß sie periodisch den Ladevorgang ausführt, um das erste Schaltelement auszuschalten synchron mit dem Ausschalten eines Schaltelements aus der das dritte und das vierte Schaltelement umfassenden Gruppe und das zweite Schaltelement einzuschalten synchron mit dem Einschalten des anderen Schaltelements aus der Gruppe, und dadurch dem ersten Kondensator zu gestatten, entladen zu werden, und den Entladevorgang ausführt, um das erste Schaltelement einzuschalten synchron mit dem Einschalten eines Schaltelements aus der das dritte und das vierte Schaltelement umfassenden Gruppe, und das zweite Schaltelement auszuschalten synchron mit dem Ausschalten des anderen Schaltelements aus der Gruppe, und dadurch dem ersten Kondensator zu gestatten, sich zu entladen.

7. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 5, bei welchem die Steuervorrichtung derart gestaltet ist, daß sie ein Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements und das des zweiten Schaltelements innerhalb eines vorgegebenen Bereichs verändert, um im ersten und im zweiten Ausgangsstrom enthaltene Brummkomponenten unterhalb eines vorgegebenen Niveaus einzustellen.

8. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 4, weiter umfassend ein erstes Spannungssystem gekoppelt mit der ersten positiven und der ersten negativen Netzleitung und betrieben mit einer vorgegebenen ersten Gleichspannung; und ein zweites Spannungssystem gekoppelt mit der ersten positiven und ersten negativen Netzleitung und betrieben mit einer vorgegebenen zweiten Gleichspannung, wobei die erste Gleichspannung höher ist als die zweite Gleichspannung.

9. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 4, weiter umfassend ein erstes Spannungssystem gekoppelt mit der ersten positiven und der ersten negativen Netzleitung und betrieben mit einer vorgegebenen ersten Gleichspannung; und ein zweites Spannungssystem gekoppelt mit der ersten positiven und der ersten negativen Netzleitung und betrieben mit einer vorgegebenen zweiten Gleichspannung, wobei die erste Gleichspannung niedriger ist als die zweite Gleichspannung.

10. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach An-

spruch 8, bei welchem das erste Spannungssystem entweder ein Gleichstrom-Netzteil oder eine Gleichstrom-Last einschließt und der erste Kondensator und das erste Schaltelement ohne Zwischenschaltung einer stromglättenden Drosselspule entweder mit dem Gleichstrom-Netzteil oder der Gleichstrom-Last gekoppelt sind.

11. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 8, bei welchem das zweite Spannungssystem entweder ein Gleichspannungs-Netzteil oder eine Gleichstrom-Last einschließt, weiter umfassend einen Wandlerkreis, der mit der ersten und der zweiten Sekundärwicklung gekoppelt ist, wobei der Wandlerkreis ohne Zwischenschaltung einer stromglättenden Drosselspule mit dem zweiten Spannungssystem verbunden ist.

12. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 8, bei welchem die Steuerschaltung so gestaltet ist, daß sie ein Einschalt-Verhältnis des ersten Schaltelements verändert um selektiv eine erste Energieübertragungs-Betriebsweise zur Energieübertragung auf der Basis der ersten Gleichspannung vom ersten Spannungssystem zum zweiten Spannungssystem durchzuführen und eine zweite Energieübertragungs-Betriebsweise zur Energieübertragung auf der Basis der zweiten Gleichspannung vom zweiten Spannungssystem zum ersten Spannungssystem.

13. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 12, bei welchem, wenn die erste Übertragungs-Betriebsweise durchgeführt wird, die Steuervorrichtung derart ausgestaltet ist, daß sie das Betriebsverhältnis des ersten Schaltelements erhöht, falls die zweite Gleichspannung niedriger ist als eine erste Zielspannung, und daß sie es absenkt, wenn die zweite Gleichspannung höher ist als die erste Zielspannung, und bei welchem bei der Durchführung der zweiten Übertragungs-Betriebsweise die Steuervorrichtung so ausgestaltet ist, daß das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements abgesenkt wird, falls die erste Gleichspannung niedriger ist, als eine zweite Zielspannung, und erhöht wird, wenn die erste Gleichspannung höher ist als die zweite Zielspannung.

14. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 8, weiter umfassend einen Glättungskondensator, der mit der ersten positiven und der ersten negativen Netzleitung parallel zum ersten Spannungssystem gekoppelt ist, wobei das erste Spannungssystem ein Gleichstromnetzteil und einen Netzteil-schalter umfaßt, die miteinander in Reihe verbunden sind und mit der ersten positiven Netzleitung und der ersten negativen Netzleitung parallel zum Glättungskondensator verbunden sind und bei welchem, wenn der Netzteil-schalter im Ausschaltzustand ist, die Steuervorrichtung so ausgestaltet ist, daß eine Ener-

gieübertragung vom zweiten Spannungssystem zum ersten Spannungssystem stattfindet, um den Glättungskondensator auf der Basis der übertragenen Energie mit Vorladungsspannung zu beaufschlagen und den Netzschalter einzuschalten, wenn die Vorladung vollendet ist.

15. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 14, bei welchem, wenn der Glättungskondensator vorgeladen wird, die Steuervorrichtung allmählich die am Glättungskondensator anliegende Spannung erhöht.

16. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 5, weiter umfassend:  
einen synchronen Gleichrichterkreis gekoppelt mit der zweiten positiven und der zweiten negativen Netzleitung zur Durchführung einer synchronen Gleichrichtung des ersten und des zweiten Ausgangsstromes;  
einen Stromsensor, der geeignet ist, einen durch das erste Schaltelement fließenden Strom zu erkennen, wobei die Steuervorrichtung mit dem synchronen Gleichrichterkreis gekoppelt und geeignet ist festzustellen, ob ein Laststrom im synchronen Gleichrichterkreis einen vorgegebenen Wert überschreitet, der mit einem zu einem vorgegebenen Zeitpunkt ermittelten Stromwert übereinstimmt, um dadurch die Gleichrichtung zuzulassen, wenn festgestellt wird, daß der Laststrom den vorgegebenen Wert überschreitet.

17. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 16, bei welchem der vorgegebene Zeitpunkt ein Zeitpunkt nach dem Ablauf einer vorgegebenen Zeit nach dem Einschalten des ersten Schaltelements ist.

18. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 17, bei welchem die vorgegebene Zeit so eingestellt ist, daß sie länger ist als die Zeit, während der ein exzessiver Resonanzstrom durch das erste Schaltelement in umgekehrter Richtung fließt.

19. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 12, bei welchem beim Durchführen der ersten Übertragungs-Betriebsweise die Steuervorrichtung so gestaltet ist, daß ein Maximalwert des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements abnimmt, wenn die zweite Gleichspannung des zweiten Spannungssystems zunimmt.

20. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 12, bei welchem beim Durchführen der zweiten Übertragungs-Betriebsweise die Steuervorrichtung so gestaltet ist, daß ein Maximalwert des Einschaltverhältnisses des ersten Schaltelements zunimmt, wenn die zweite Gleichspannung des zweiten Spannungssystems zunimmt.

21. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler eingefügt zwischen ein erstes Spannungssystem und ein zweites Spannungssystem zur Energieübertragung zwischen dem ersten und dem zweiten Spannungssystem, wobei das erste Spannungssystem ein Gleichstromnetzteil und einen Netzschalter aufweist, die miteinander in Reihe verbunden sind, und der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt: einen Glättungskondensator gekoppelt mit dem ersten Spannungssystem, das in Serie verbundene Gleichstrom-Netzteil und der Netzschalter in Parallelanordnung und eine Steuervorrichtung gekoppelt mit dem Netzschalter und derart gestaltet, daß wenn der Netzschalter sich im Ausschaltzustand befindet, die Energieübertragung vom zweiten Spannungssystem zum ersten Spannungssystem erfolgt zur Vorladung von Spannung auf der Basis der auf den Glättungskondensator übertragenen Energie, und der Netzschalter eingeschaltet wird, wenn die Vorladung abgeschlossen ist.

22. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 21, bei welchem, wenn der Glättungskondensator vorgeladen wird, die Steuervorrichtung allmählich die am Glättungskondensator anliegende Spannung erhöht.

23. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler nach Anspruch 21, bei welchem die Steuervorrichtung nach der Vollendung der Vorladung des Glättungskondensators den Netzschalter einschaltet, um Energie vom ersten Spannungssystem zum zweiten Spannungssystem zu übertragen.

24. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfassend:  
Ein Spulenelement mit einer vorgegebenen Induktivität;  
ein erstes Schaltelement gekoppelt mit dem Spulenelement und durch das Spulenelement mit einer Gleichspannung beaufschlagt, wobei das erste Schaltelement so ausgebildet ist, daß intermittierend einen Stromfluß durch das Spulenelement veranlaßt und  
eine Klammerschaltung mit einem Kondensator und einem zweiten Schaltelement, die miteinander in Reihe geschaltet sind, wobei die Klammerschaltung parallel zum Spulenelement angeschlossen ist, das zweite Schaltelement und das erste Schaltelement komplementär wirksam sind, um im Spulenelement erzeugte magnetische Energie zu dämpfen, wenn das erste Schaltelement im Ausschaltzustand ist, eine mit dem ersten Schaltelement und dem zweiten Schaltelement gekoppelte und diese intermittierend einschaltende Steuervorrichtung, wobei die Steuervorrichtung bei Zunahme der an das erste Schaltelement angelegten Spannung das Einschaltverhältnis des ersten Schaltelements erhöht, und wobei die Schaltvorrichtung einen Maximalwert des Einschaltverhältnisses des ersten Schalte-

ments so steuert, daß der Maximalwert geringer ist als ein vorgegebener Grenzwert, der mit Zunahme der Eingangsgleichspannung abnimmt.

25. Integrierte Transformatoranordnung umfassend  
eine erste Spulenordnung mit einer ersten Primärwicklung, einer zweiten Primärwicklung und einer ersten Sekundärwicklung, wobei die erste Primärwicklung, die zweite Primärwicklung und die erste Sekundärwicklung miteinander magnetisch gekoppelt sind,  
eine zweite Spulenordnung mit einer dritten Primärwicklung, einer vierten Primärwicklung und einer zweiten Sekundärwicklung, wobei die dritte Primärwicklung, die vierte Primärwicklung und die zweite Sekundärwicklung magnetisch miteinander gekoppelt sind, und  
einen Kernkörper, der mit einer Mehrzahl von Kernabschnitten versehen ist und wenigstens einen im wesentlichen ringförmigen Schlitz, der so ausgebildet ist, daß er einen der Mehrzahl von Kernabschnitten umgibt und wenigstens eine der Wicklungen der ersten Spulenordnung von dem wenigstens einen ringförmigen Schlitz aufgenommen und um wenigstens einen der Mehrzahl von Kernabschnitten gewickelt ist, wobei wenigstens eine der Wicklungen der zweiten Spulenordnung von dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen ist und um den wenigstens einen der Mehrzahl von Kernabschnitten gewickelt ist, um einen gemeinsamen magnetischen Pfad der ersten und der zweiten Spulenordnung zu bilden.

26. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 25, bei welcher die Mehrzahl von Kernabschnitten umfaßt:  
erste und zweite, parallel angeordnete Basiselemente, die sich mit einem vorgegebenen Abstand gegenüber befindlich angeordnet sind;  
einen ersten Außenwandabschnitt, der magnetisch zwischen einem Ende des ersten Basiselements und dem des zweiten Basiselements gekoppelt ist;  
einen zweiten Außenwandabschnitt der magnetisch zwischen dem anderen Ende des ersten Basiselement und dem anderen Ende des zweiten Basisabschnitts gekoppelt ist;  
erste und zweite Polabschnitte magnetisch gekoppelt zwischen dem ersten Basiselement und dem zweiten Basiselement; und  
einen inneren Wandabschnitt, der magnetisch zwischen dem ersten Basiselement und dem zweiten Basiselement gekoppelt ist, wobei der innere Wandabschnitt den gemeinsamen magnetischen Pfad bildet.

27. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 26, bei welcher der erste und der zweite Polabschnitt mit einem vorgegebenem Zwischenraum zwischen sich im wesentlichen an Mittelabschnitten des ersten und des zweiten Basiselements angeord-

net sind, und der innere Wandabschnitt entfernt vom ersten und zweiten Abschnitt und mit Abstand davon angeordnet ist, wobei wenigstens einer dieser Schlitze aus einem ersten und einem zweiten Schlitz besteht, deren erster den ersten Polabschnitt und deren zweiter den zweiten Polabschnitt umgibt.

28. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 27, bei welcher die erste und die zweite Primärwicklung und die erste Sekundärwicklung im ersten Schlitz um den ersten Polabschnitt gewickelt aufgenommen sind und die dritte und die vierte Primärwicklung und die zweite Sekundärwicklung um den zweiten Polabschnitt gewickelt im zweiten Schlitz aufgenommen sind, und wobei die Richtung eines im ersten Polabschnitt durch die erste und die zweite Primärwicklung und die erste Sekundärwicklung erzeugten magnetischen Flusses der Richtung eines durch die dritte und vierte Primärwicklung und die zweite Sekundärwicklung im zweiten Polabschnitt erzeugten magnetischen Flusses entgegengesetzt ist.

29. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 28, in welcher die um den ersten Polabschnitt erste Sekundärwicklung und die um den zweiten Polabschnitt gewickelte zweite Sekundärwicklung aus integrierten, leitenden Plattenelemente zusammengesetzt sind, wobei der erste Polabschnitt erste und zweite einander gegenüberliegende Seitenflächen aufweist und der zweite Polabschnitt einander gegenüberliegende erste und zweite Seitenflächen aufweist, von denen die erste Seitenfläche des ersten Polabschnitts und die erste Seitenfläche der zweiten Polabschnitts einander gegenüberliegen und die leitenden Plattenelemente umfassen:  
einen gemeinsamen Anschluß der aus dem vorgegebenen Zwischenraum zwischen dem ersten und dem zweiten Polabschnitt nach außen hervorsteht;  
einen ersten Anschluß der längs der zweiten Seitenfläche des ersten Polabschnitts nach außen vorsteht und  
einen zweiten Anschluß der längs der zweiten Seitenfläche des zweiten Polabschnitts nach außen vorsteht.

30. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 25, bei welcher die Mehrzahl von Kernabschnitten einschließt:  
ein Basiselement;  
einen ersten, äußeren Wandabschnitt, der magnetisch mit dem Basiselement gekoppelt ist und sich von diesem aus in Achsrichtung des Schlitzes erstreckt;  
einen zweiten, äußeren Wandabschnitt, der magnetisch mit dem anderen Ende des Basiselements gekoppelt ist und sich von diesem aus längs der Achsrichtung des Schlitzes erstreckt;  
einen Polabschnitt, der magnetisch mit dem Basiselement gekoppelt ist und sich von diesem aus längs der Achsrichtung des Schlitzes erstreckt, wobei die

ser wenigstens eine Schlitz den Polabschnitt umschließt;

eine erstes Abdeckelement, das auf dem ersten äußeren Wandabschnitt befestigt ist und magnetisch damit gekoppelt ist, wobei das erste Abdeckelement und der Polabschnitt zwischen sich einen ersten Spalt bilden, das erste Abdeckelement, der erste Spalt, der Polabschnitt, das Basiselement und der erste äußere Wandabschnitt einen ersten, geschlossenen, magnetischen Kreis mit dem ersten Spalt bilden und

ein zweites Abdeckelement, das auf dem zweiten äußeren Wandabschnitt befestigt ist und magnetisch damit gekoppelt ist, wobei das zweite Abdeckelement und der Polabschnitt zwischen sich einen zweiten Spalt bilden, das zweite Abdeckelement, der zweite Spalt, der Polabschnitt, das Basiselement und der zweite äußere Wandabschnitt einen zweiten, geschlossenen, magnetischen Kreis mit dem zweiten Spalt bilden.

31. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 30, bei welcher die erste und die dritte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz enthalten sind und um den Polabschnitt gewickelt sind, und die zweite und die vierte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz enthalten sind und um den Polabschnitt gewickelt sind, und

bei welchem die erste Sekundärwicklung zwischen der ersten äußeren Wandabschnitt und dem Polabschnitt angeordnet und in dem wenigstens einen Schlitz enthalten sind und um den Polabschnitt gewickelt ist, und

die zweite Sekundärwicklung zwischen dem zweiten äußeren Wandabschnitt und dem Polabschnitt angeordnet und in dem wenigstens einen Schlitz enthalten sind und um den Polabschnitt gewickelt ist

32. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 31, bei welcher die erste und die zweite Sekundärwicklung miteinander integriert sind.

33. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 30, bei welcher das erste Abdeckelement und das zweite Abdeckelement einen dritten Spalt zwischen sich ausbilden, die erste und die dritte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen sind und um den Polabschnitt gewickelt sind, und daß die zweite und die vierte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen sind und um den Polabschnitt gewickelt sind, und die erste Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem ersten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem ersten Spalt bildet und die zweite Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem zweiten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem zweiten Spalt bildet.

34. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 33, bei welcher die erste Sekundärwicklung um den ersten äußeren Wandabschnitt und die zweite Sekundärwicklung um den zweiten äußeren Wandabschnitt gewickelt ist.

35. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 30, bei welcher das erste und das zweite Abdeckelement miteinander integriert sind, die erste und die dritte Primärwicklung miteinander integrierte und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt sind, die zweite und vierte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt sind, und die erste Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem ersten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem ersten Spalt bildet und die zweite Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem zweiten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem zweiten Spalt bildet.

36. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 35, bei welcher die erste Sekundärwicklung um den ersten äußeren Wandabschnitt und die zweite Sekundärwicklung um den zweiten äußeren Wandabschnitt gewickelt ist.

37. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 25, bei welcher die Mehrzahl der Kernabschnitte einschließen:

ein Basiselement;

einen ersten, äußeren Wandabschnitt, der magnetisch mit dem Basiselement gekoppelt ist und sich von diesem aus in Achsrichtung des Schlitzes erstreckt;

einen zweiten, äußeren Wandabschnitt, der magnetisch mit dem anderen Ende des Basiselements gekoppelt ist und sich von diesem aus längs der Achsrichtung des Schlitzes erstreckt;

einen Polabschnitt, der magnetisch mit dem Basiselement gekoppelt ist und sich von diesem aus längs der Achsrichtung des Schlitzes erstreckt, wobei dieser wenigstens einen Schlitz den Polabschnitt umschließt;

eine erstes Abdeckelement, das auf dem ersten äußeren Wandabschnitt befestigt ist und magnetisch damit gekoppelt ist, wobei das erste Abdeckelement und der Polabschnitt zwischen sich einen ersten Spalt bilden, das erste Abdeckelement, der erste Spalt, der Polabschnitt, das Basiselement und der erste äußere Wandabschnitt einen ersten, geschlossenen, magnetischen Kreis mit dem ersten Spalt bilden und

ein zweites Abdeckelement, das auf dem zweiten äußeren Wandabschnitt befestigt ist und magnetisch damit gekoppelt ist, wobei das zweite Abdeckelement und der Polabschnitt zwischen sich einen zweiten Spalt bilden, das zweite Abdeckelement, der zweite Spalt, der Polabschnitt, das Basiselement und

der zweite äußere Wandabschnitt einen zweiten, geschlossenen, magnetischen Kreis mit dem zweiten Spalt bilden, wobei das erste Abdeckelement und das zweite Abdeckelement einen dritten Spalt zwischen sich bilden.

38. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 37, bei welcher die erste und die dritte Primärwicklung miteinander integriert sind und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt sind, und die zweite und vierte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt sind, und bei welcher die erste Sekundärwicklung zwischen dem ersten äußeren Wandabschnitt und dem Polabschnitt angeordnet und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt ist.

39. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 37, bei welcher die erste und die dritte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und um den Polabschnitt gewickelt sind, und die zweite und die vierte Primärwicklung miteinander integriert und in dem wenigstens einen Schlitz aufgenommen und in dem Polabschnitt gewickelt sind,

und bei welcher die erste Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem ersten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem ersten Spalt bildet und

die zweite Sekundärwicklung so angeordnet ist, daß sie eine Verknüpfung mit dem zweiten geschlossenen magnetischen Kreis mit dem zweiten Spalt bildet.

40. Integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 37, bei welcher wenigstens ein Element aus der das erste und das zweite Abdeckelement aufweisenden Gruppe auf wenigstens einen Abschnitt aus der den ersten und den zweiten Wandabschnitt aufweisenden Gruppe positionierbar ist.

41. Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler verbunden mit einer ersten positiven Netzleitung und einer ersten negativen Netzleitung sowie einer zweiten positiven Netzleitung und einer zweiten negativen Netzleitung zur Übertragung einer Gleichspannung zwischen den ersten positiven und negativen Netzleitungen und den zweiten positiven und negativen Netzleitungen, wobei der Gleichstrom-Gleichstrom-Wandler umfaßt:

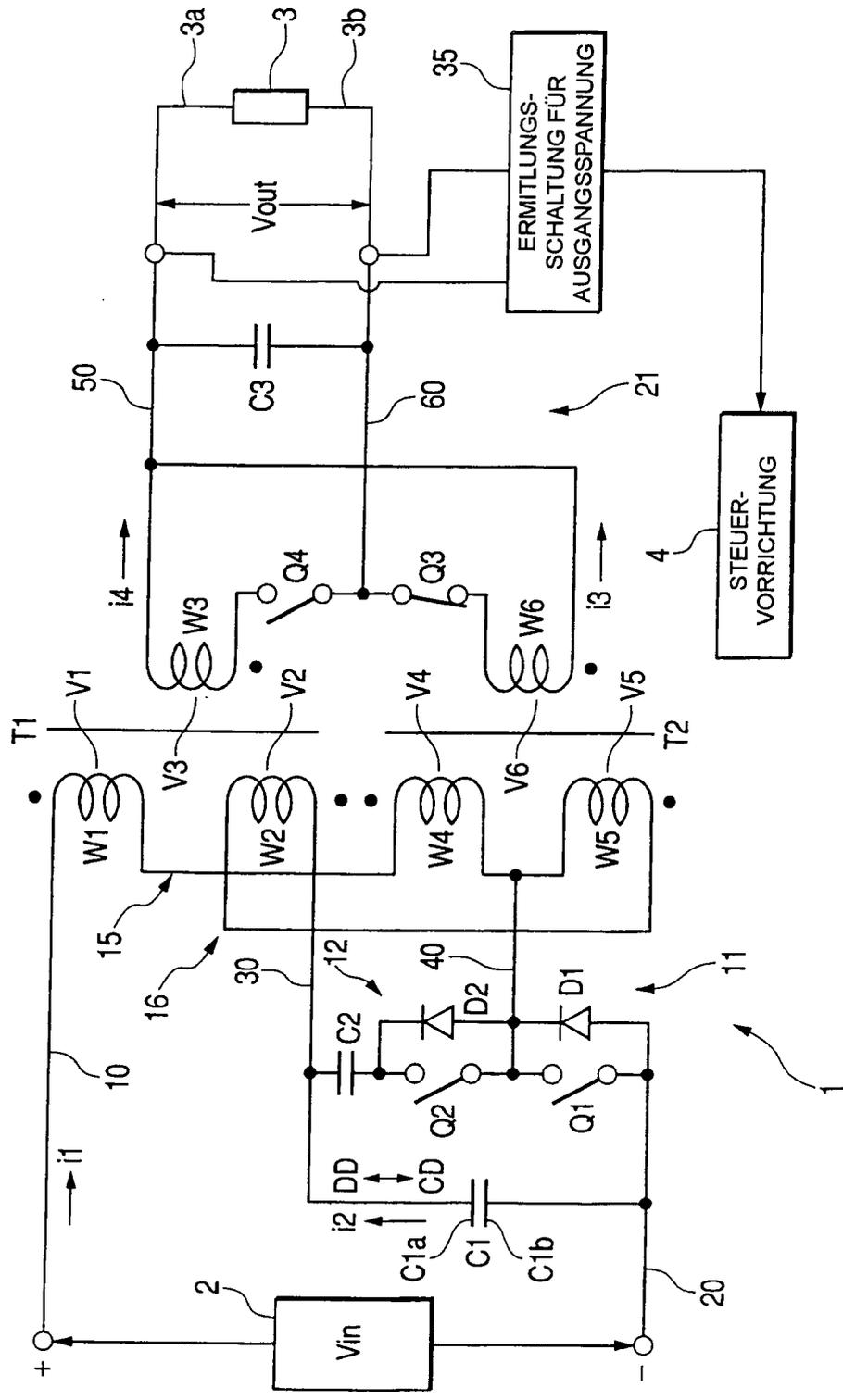
eine integrierte Transformatoranordnung nach Anspruch 25, wobei die erste und die dritte Primärwicklung in Reihe gekoppelt sind, um ein erstes Spulenelement zu bilden, und die zweite und die vierte Primärwicklung in Reihe gekoppelt sind um ein zweites Spulenelement zu bilden, wobei ein Ende des ersten Spulenelements mit der ersten positiven Netzleitung gekoppelt ist;

ein erstes Schaltelement gekoppelt zwischen der ersten negativen Netzleitung und dem anderen Ende des ersten Spulenelements, und einem ersten Kondensator der zwischen der ersten negativen Anschluß und einem Ende des zweiten Spulenelements gekoppelt ist.

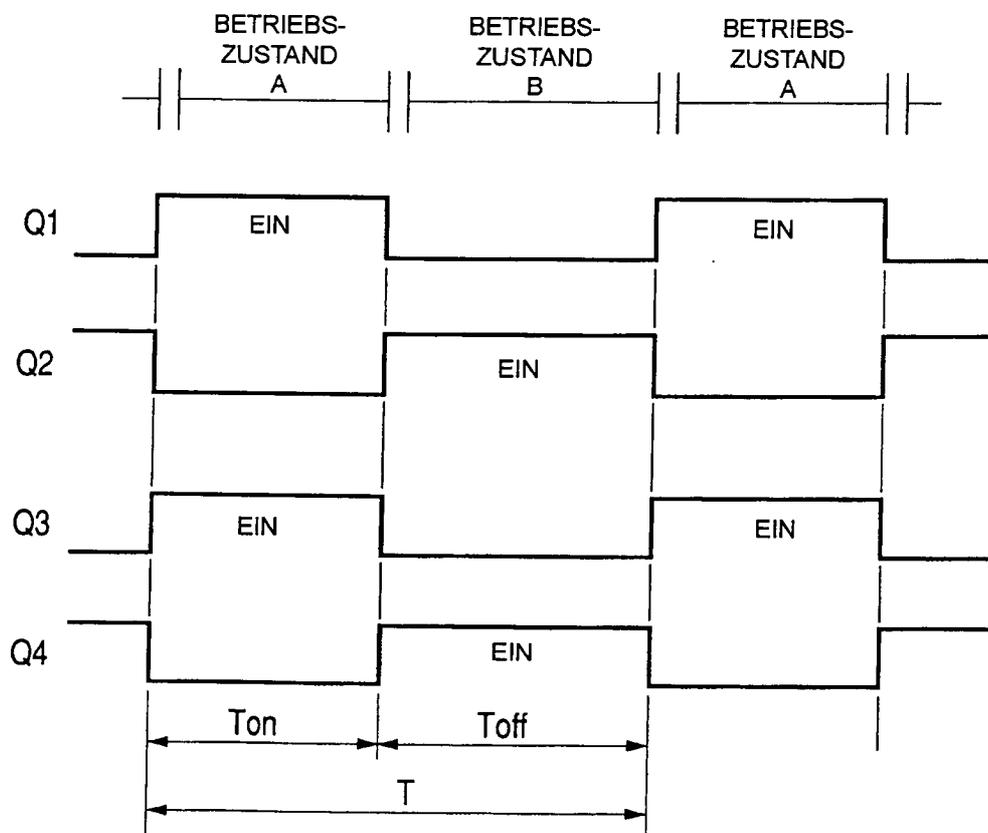
Es folgen 23 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

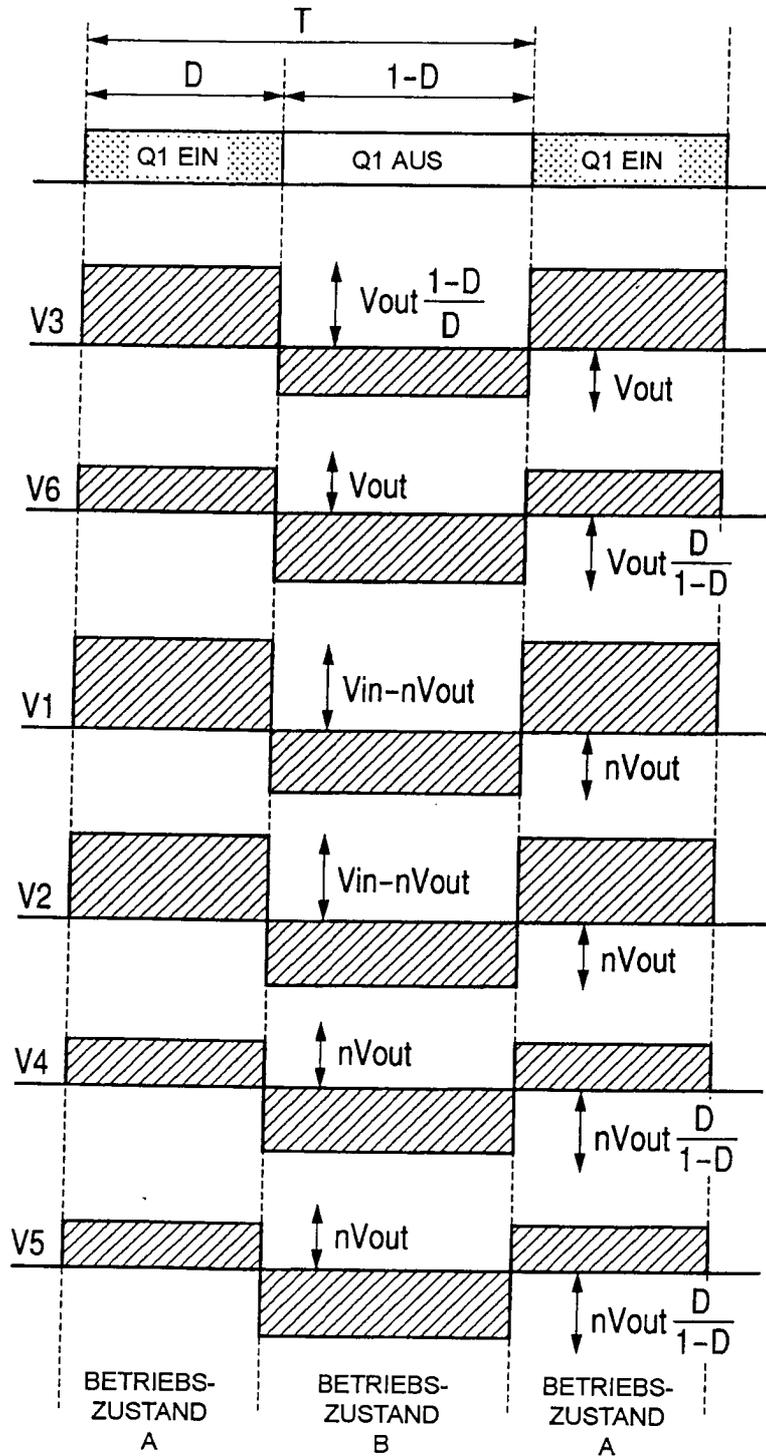


**FIG. 2**



$D(ONDuty)=T_{on}/T$  : TOTZEITEN SIND WEGGELASSEN

FIG. 3



D:Q1:EINSCHALTVERHÄLTNIS

FIG. 4

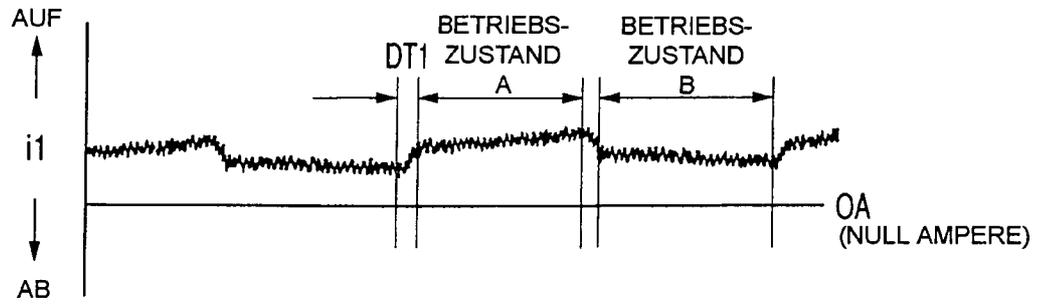


FIG. 5

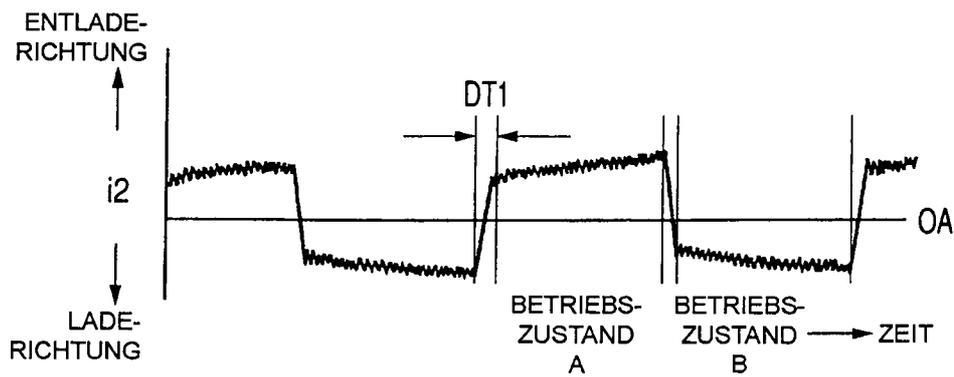


FIG. 6

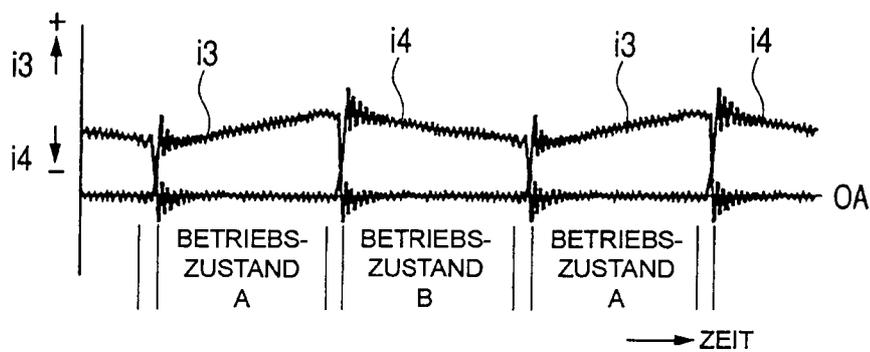


FIG. 7

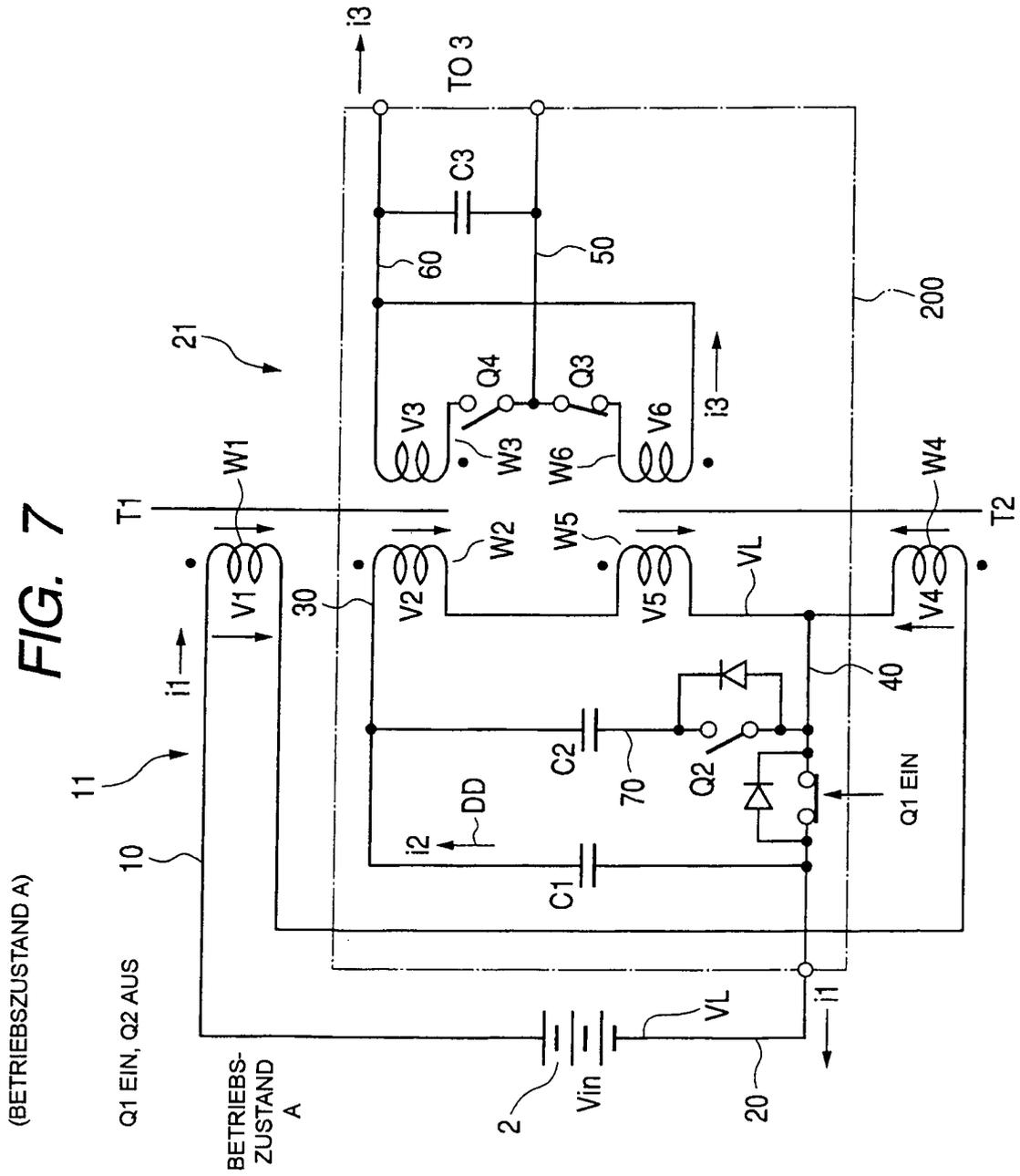


FIG. 8

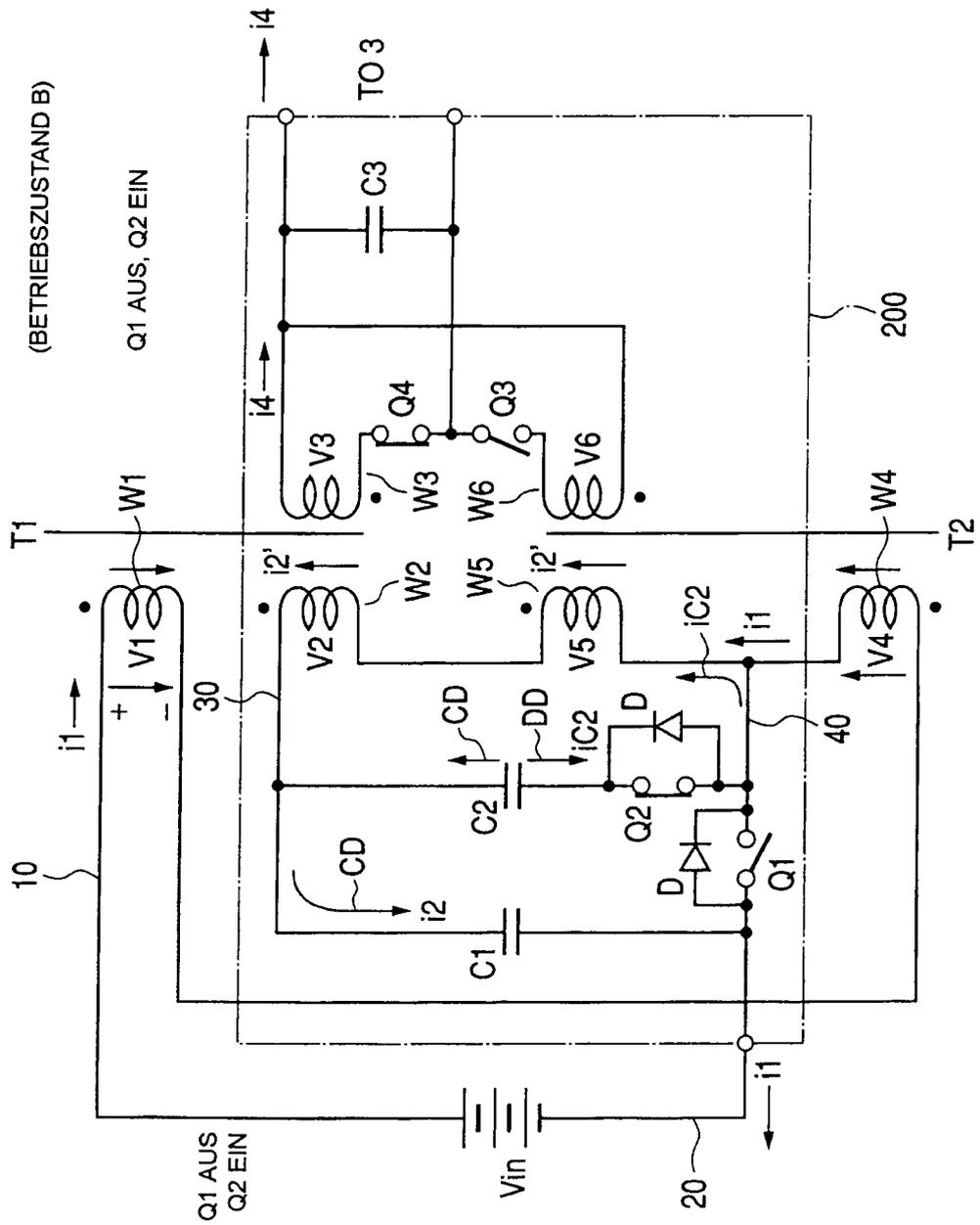


FIG. 9

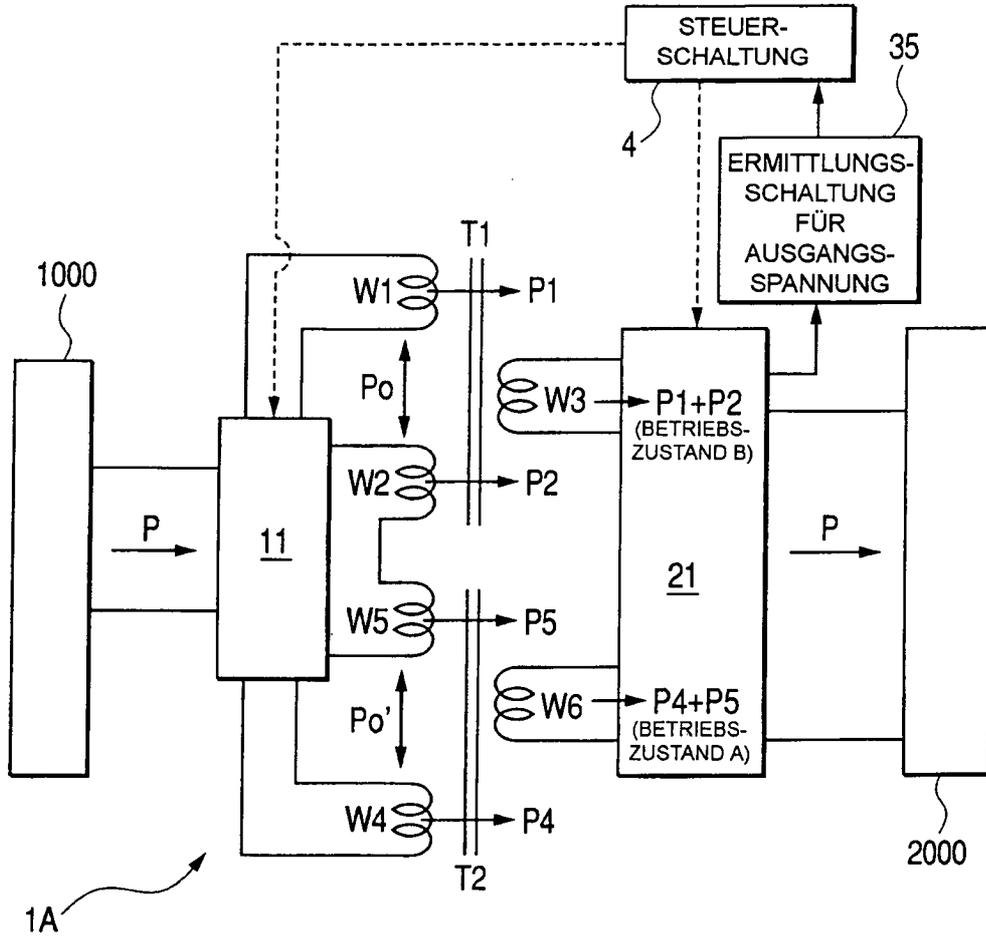


FIG. 10

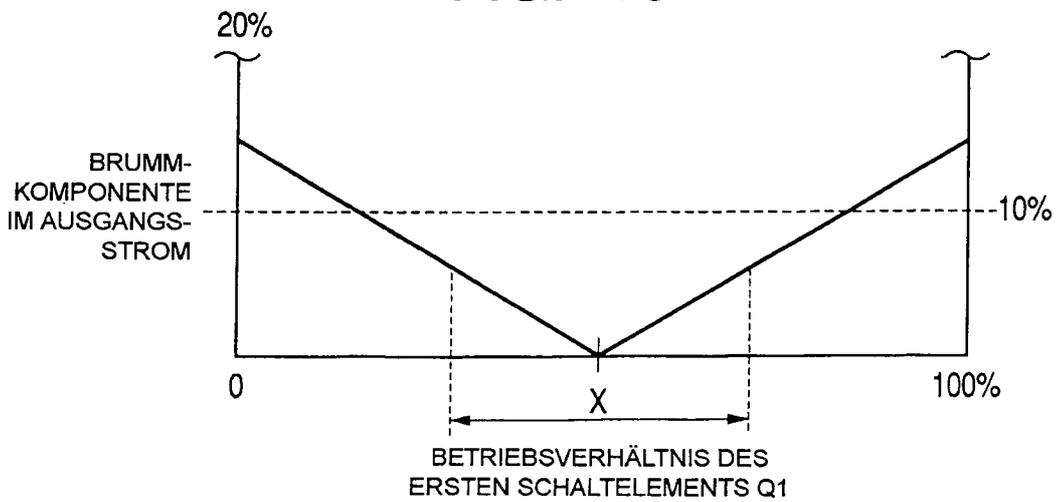
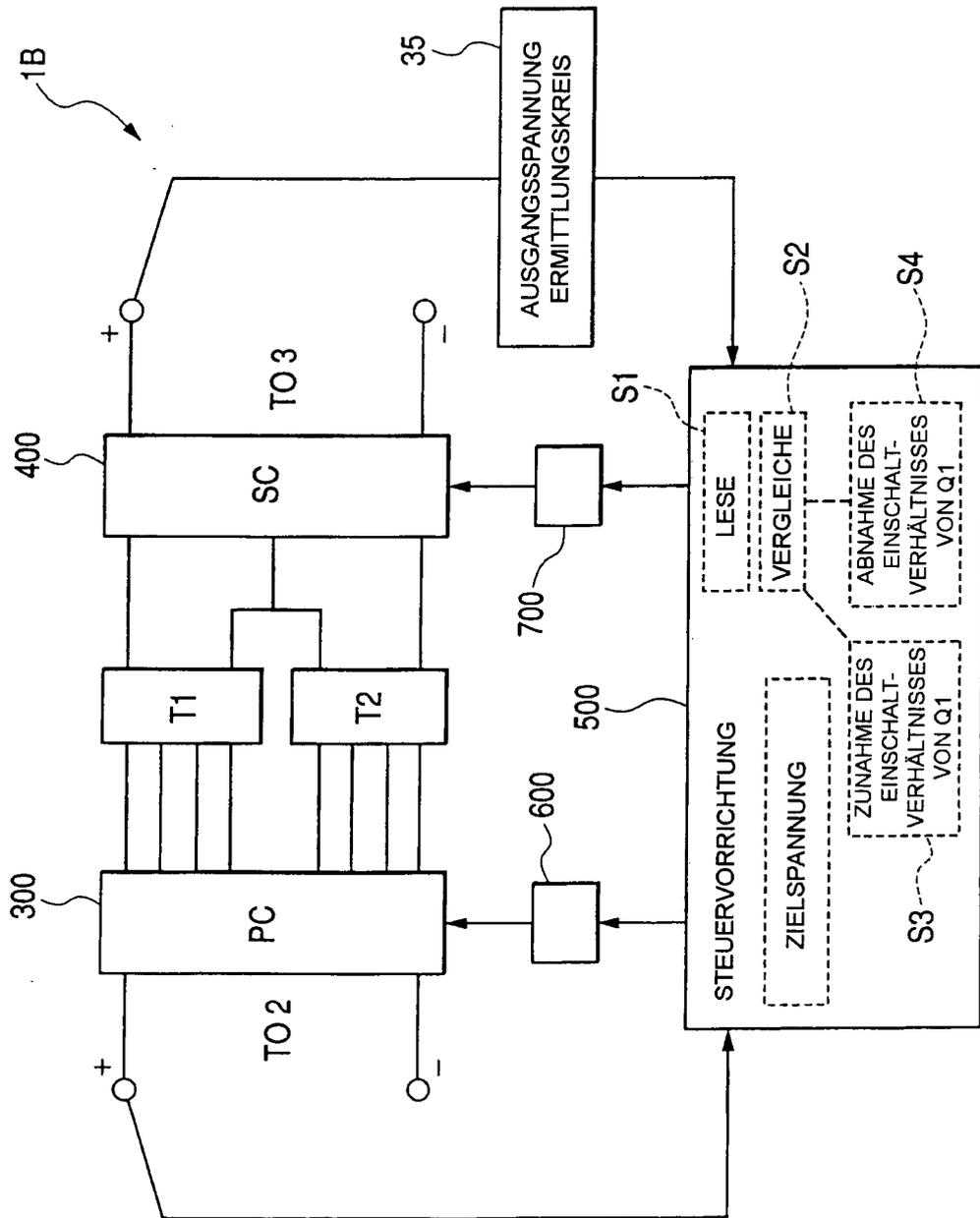
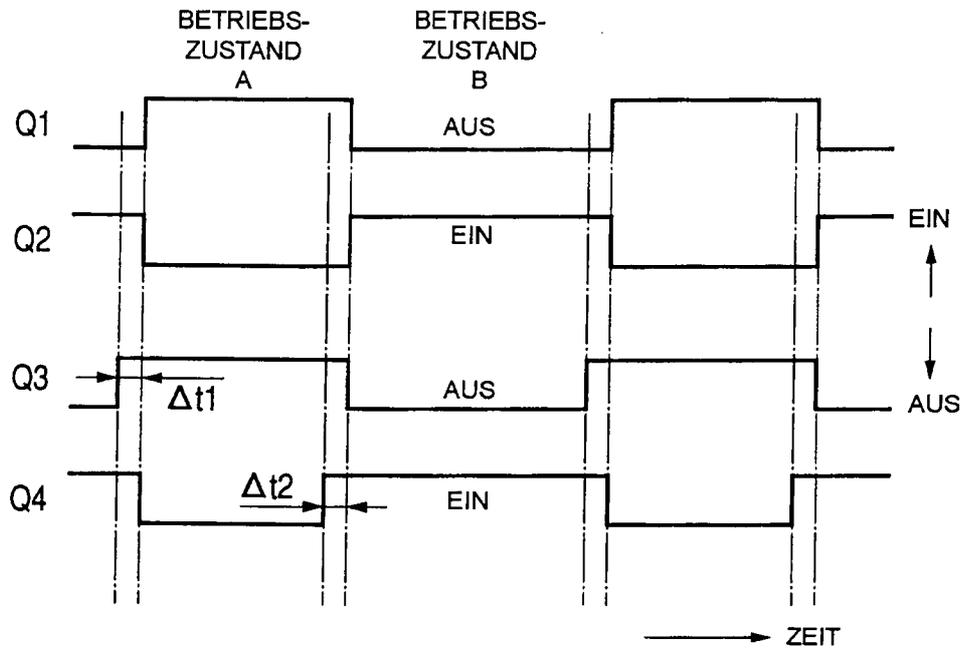


FIG. 11



**FIG. 12**



**FIG. 13**

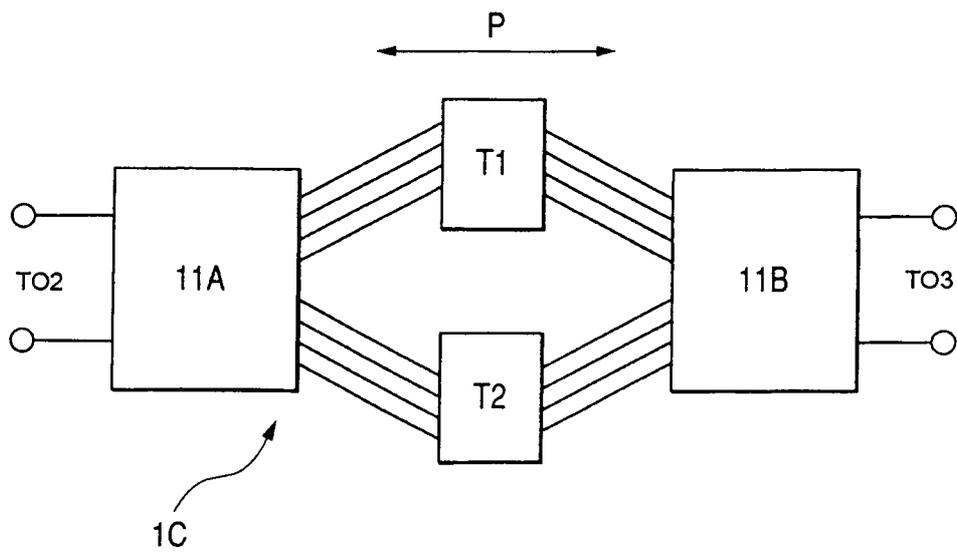


FIG. 14

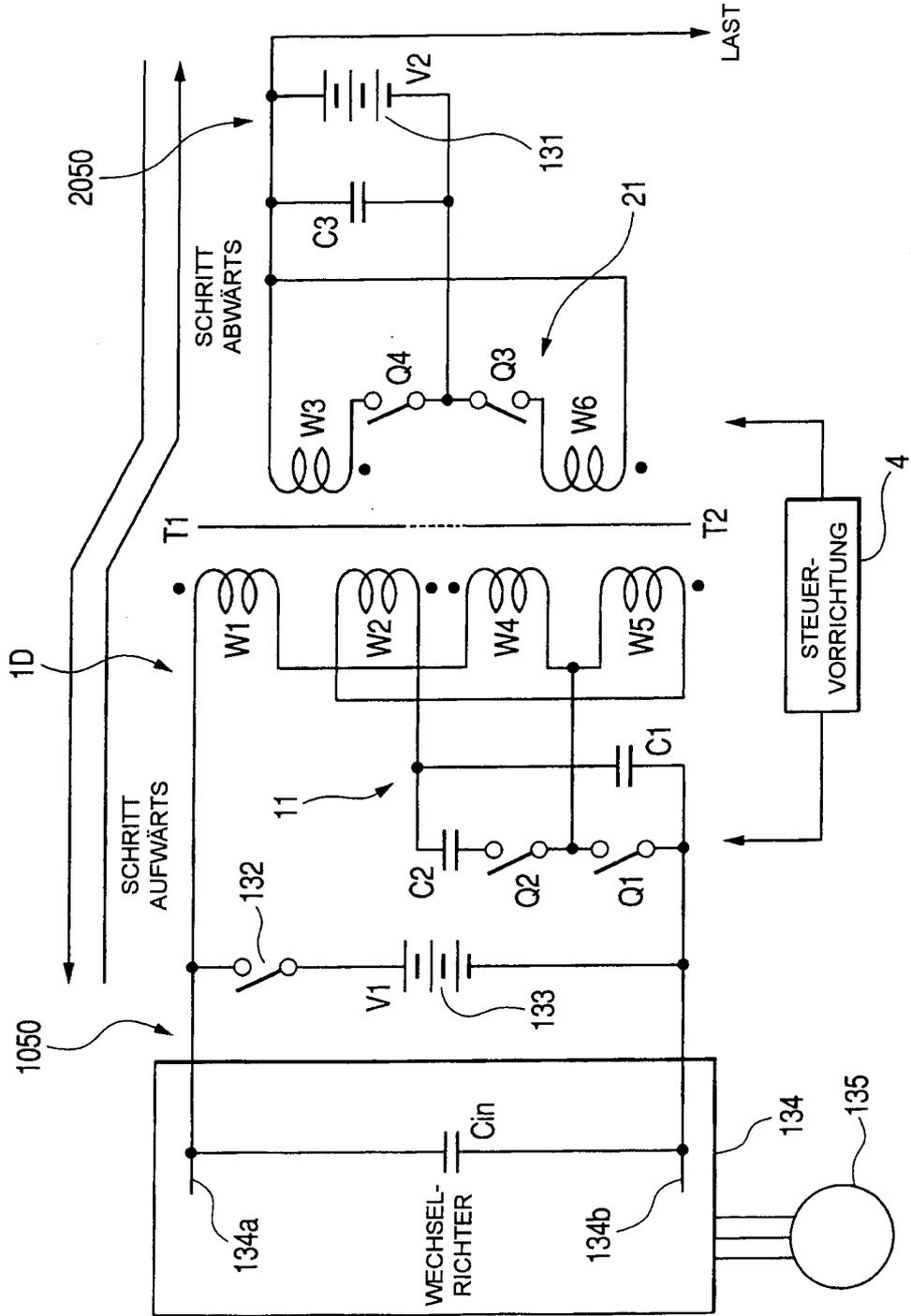


FIG. 15

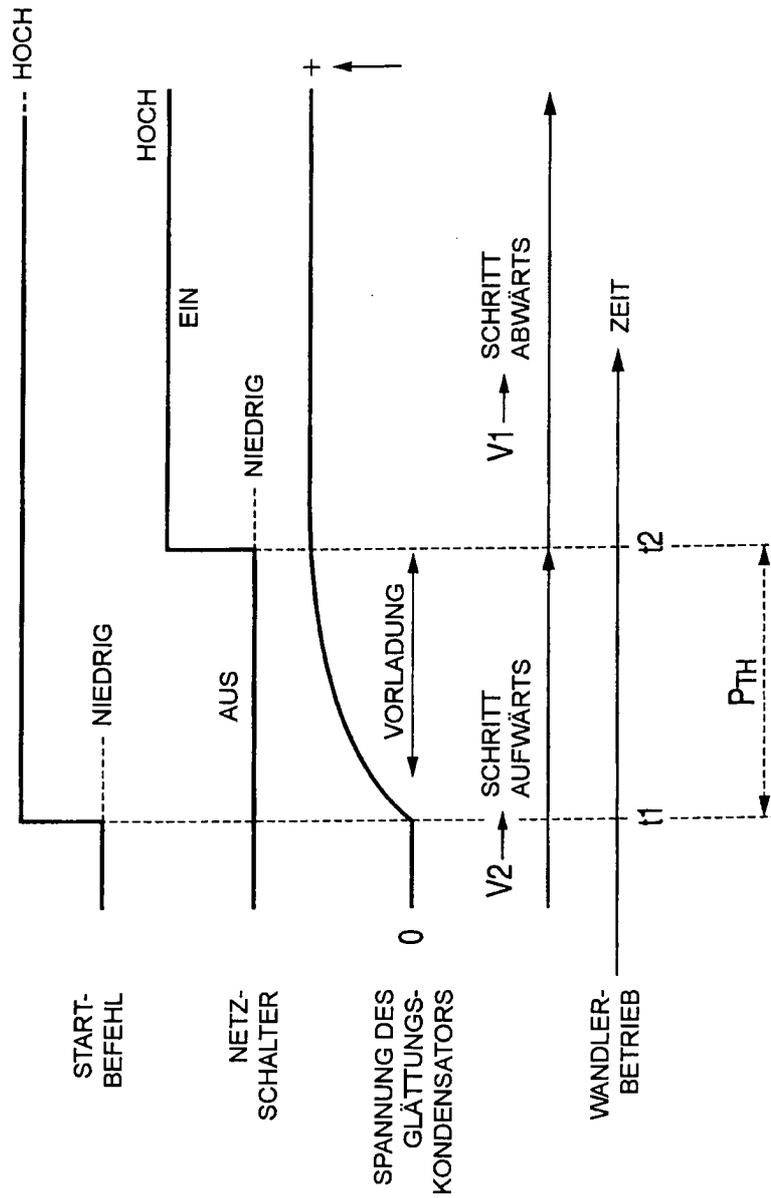


FIG. 16

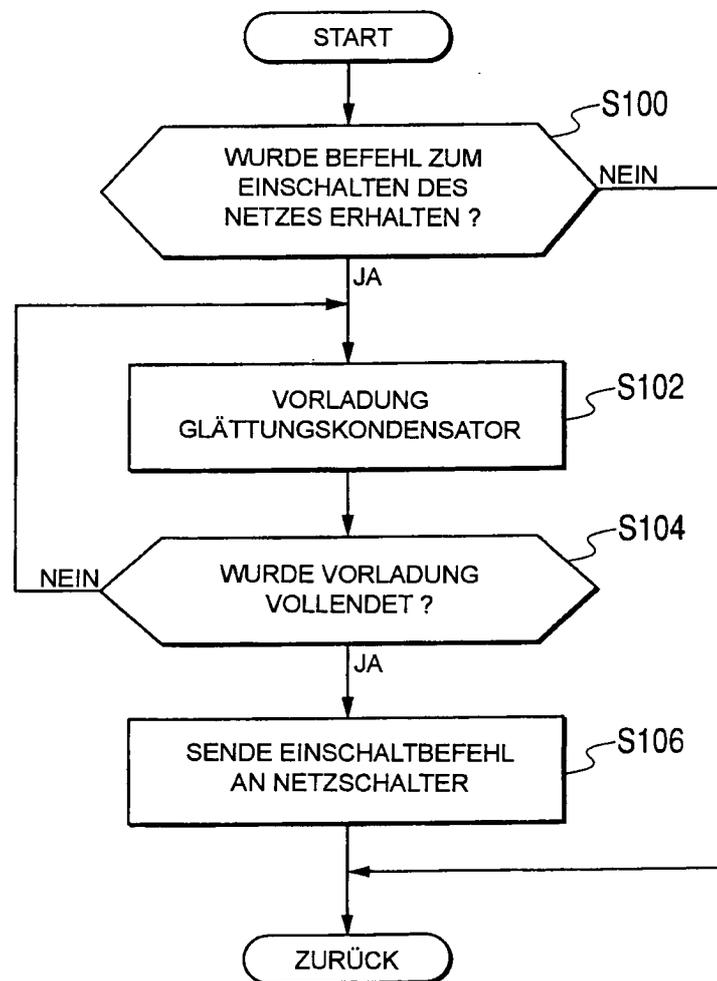


FIG. 17

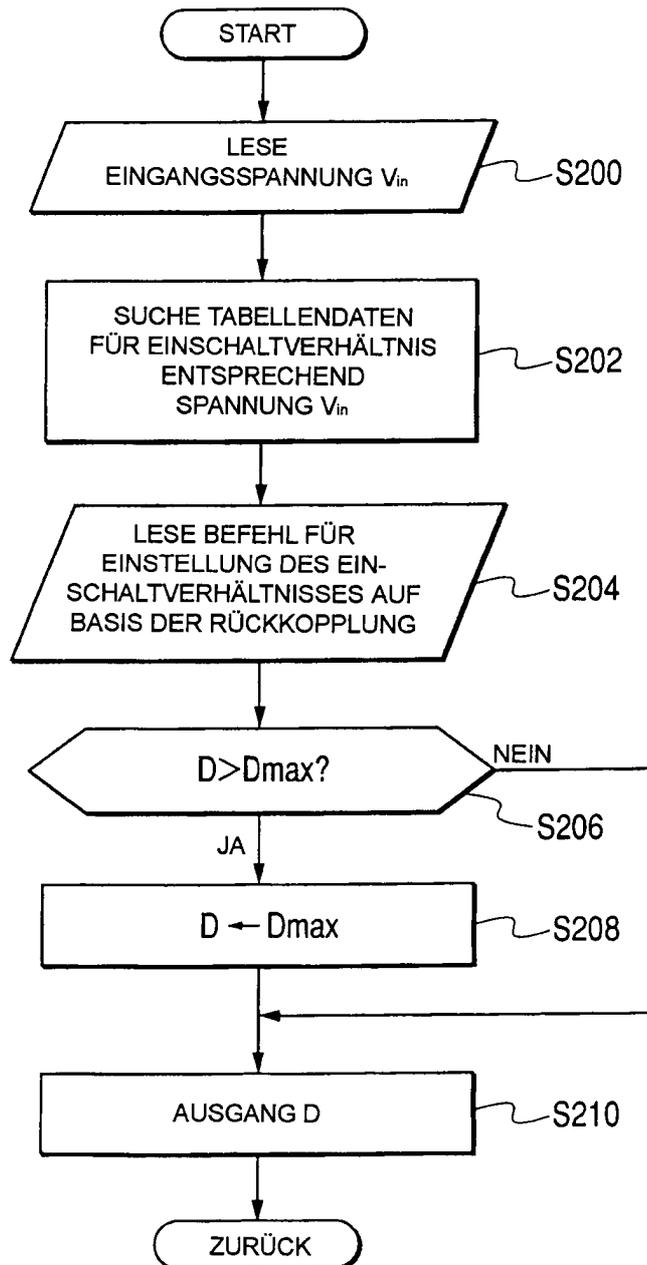


FIG. 18

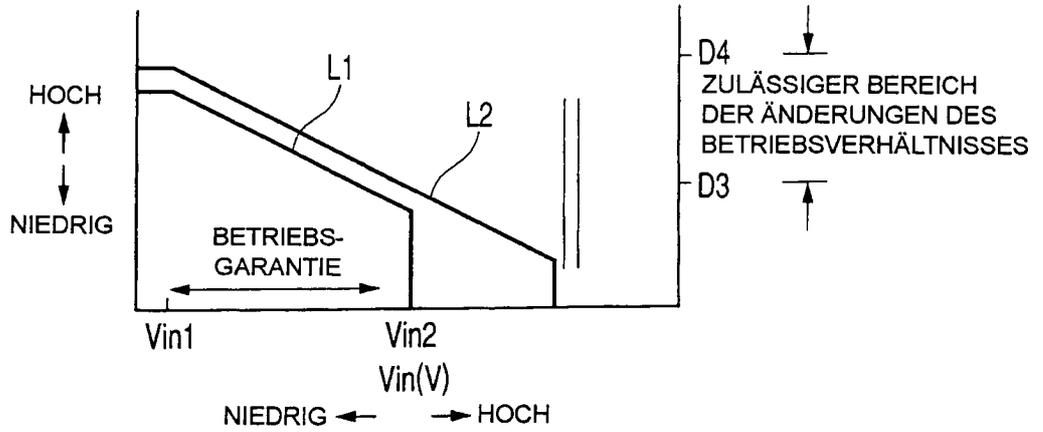


FIG. 19

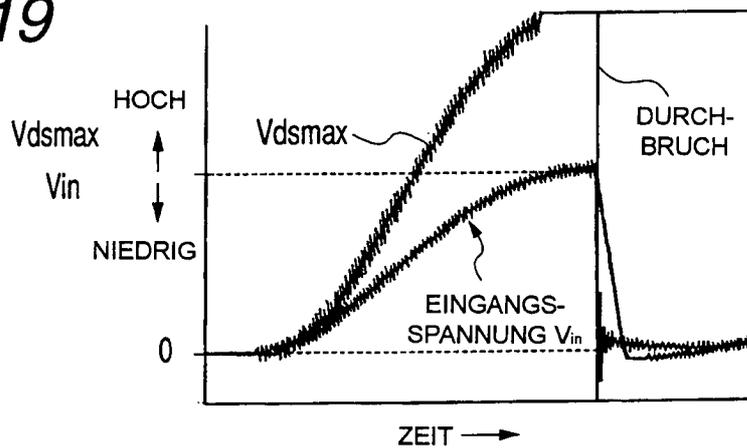


FIG. 20

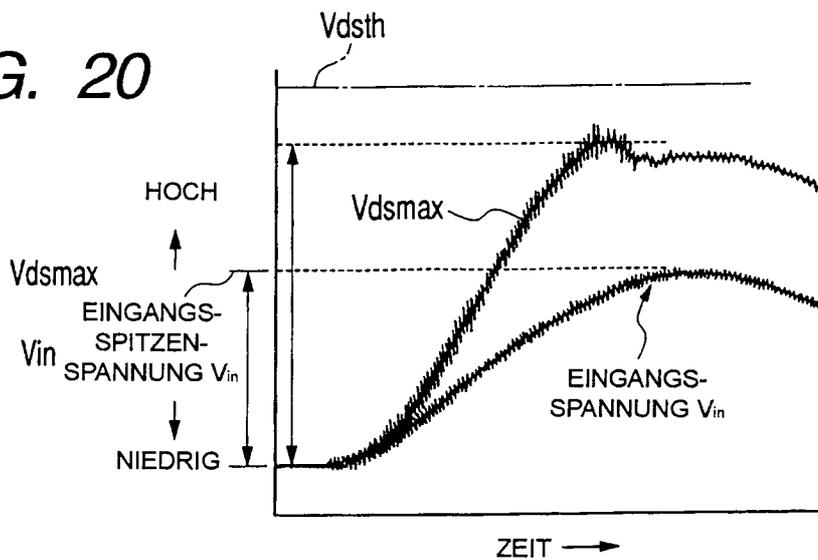


FIG. 21

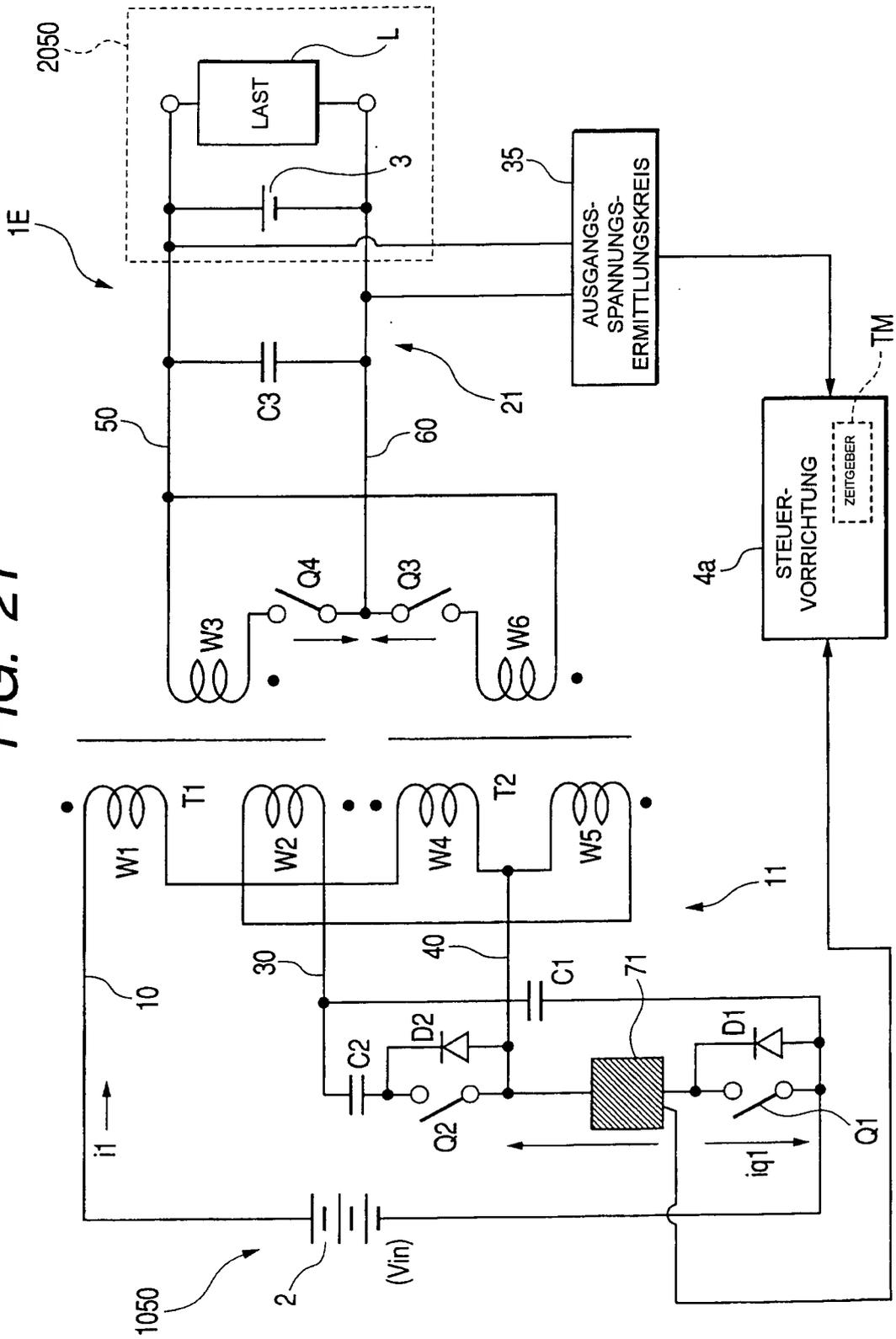


FIG. 22

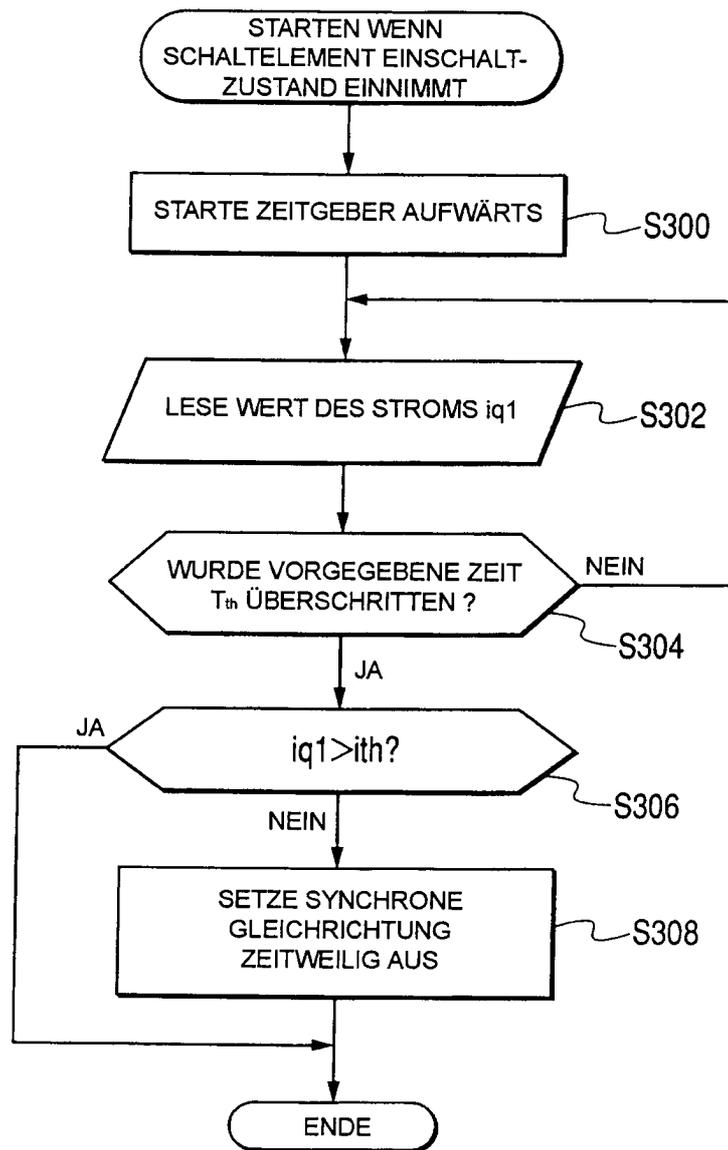


FIG. 23

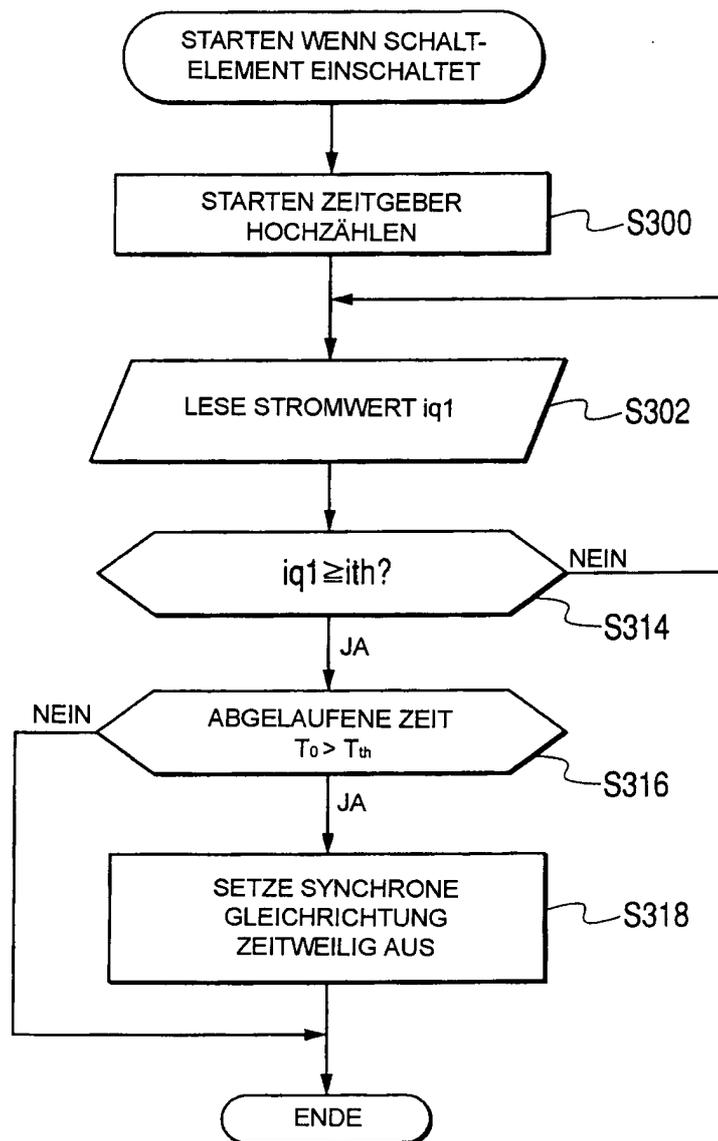


FIG. 24

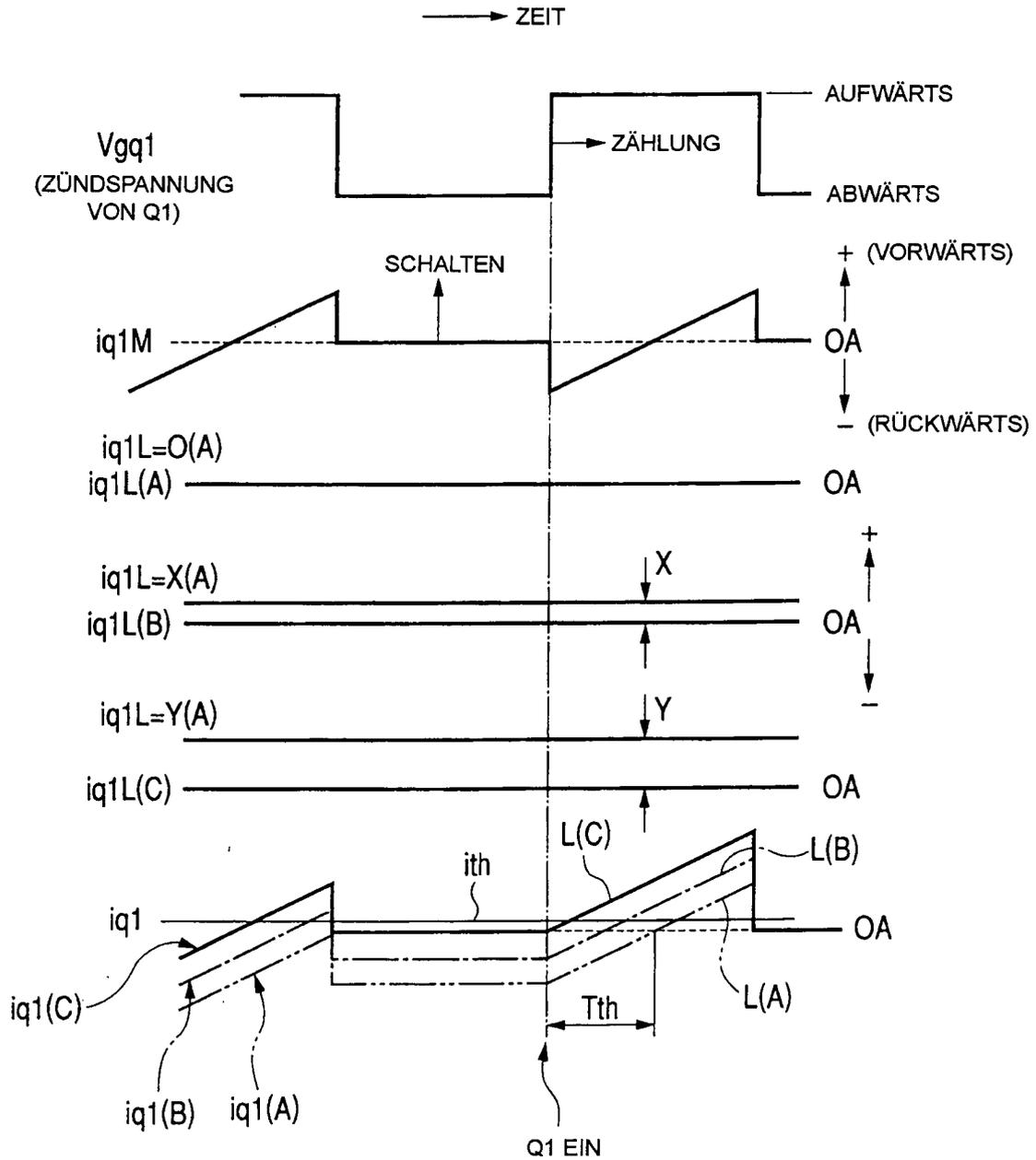


FIG. 25

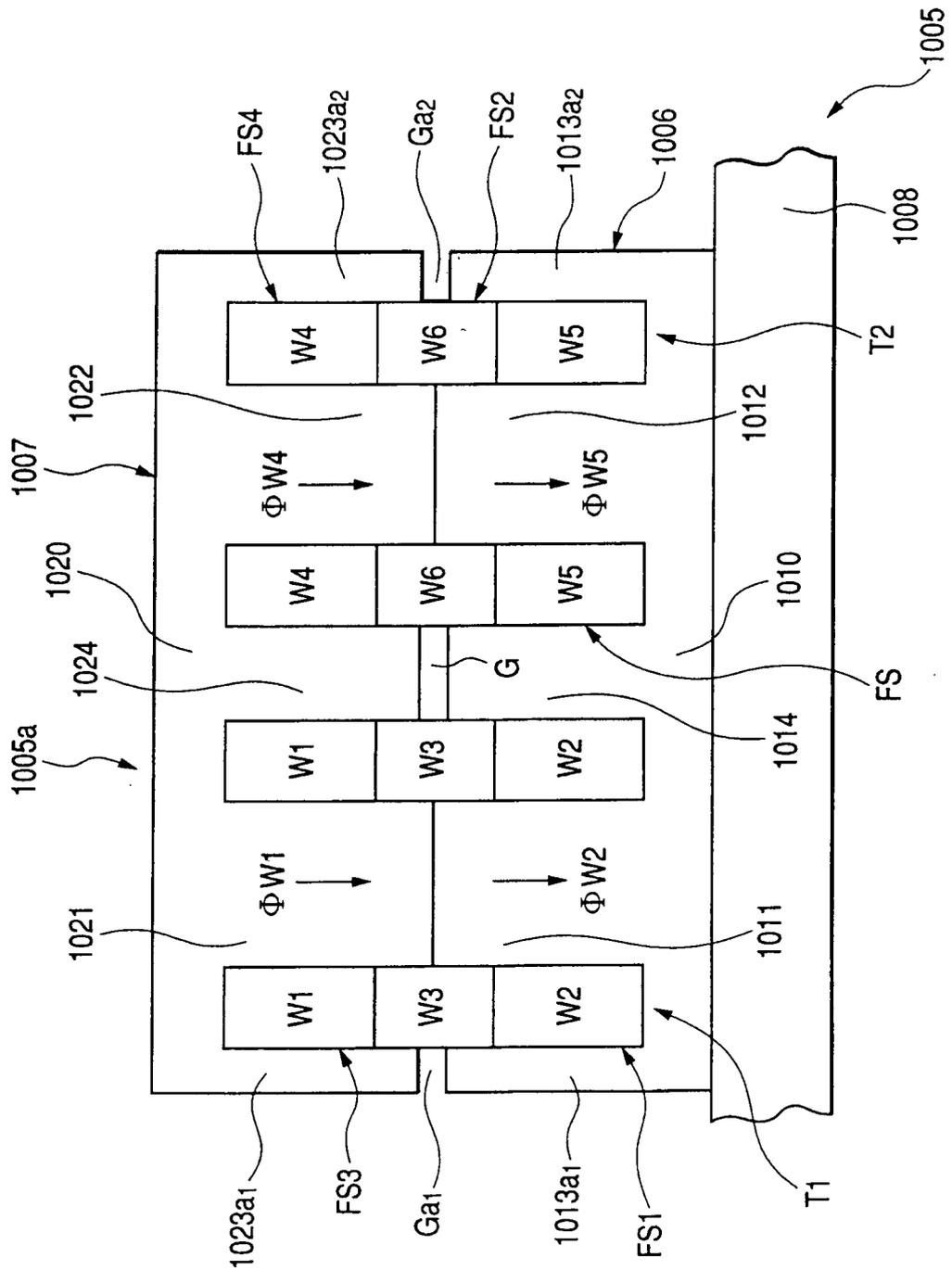


FIG. 26

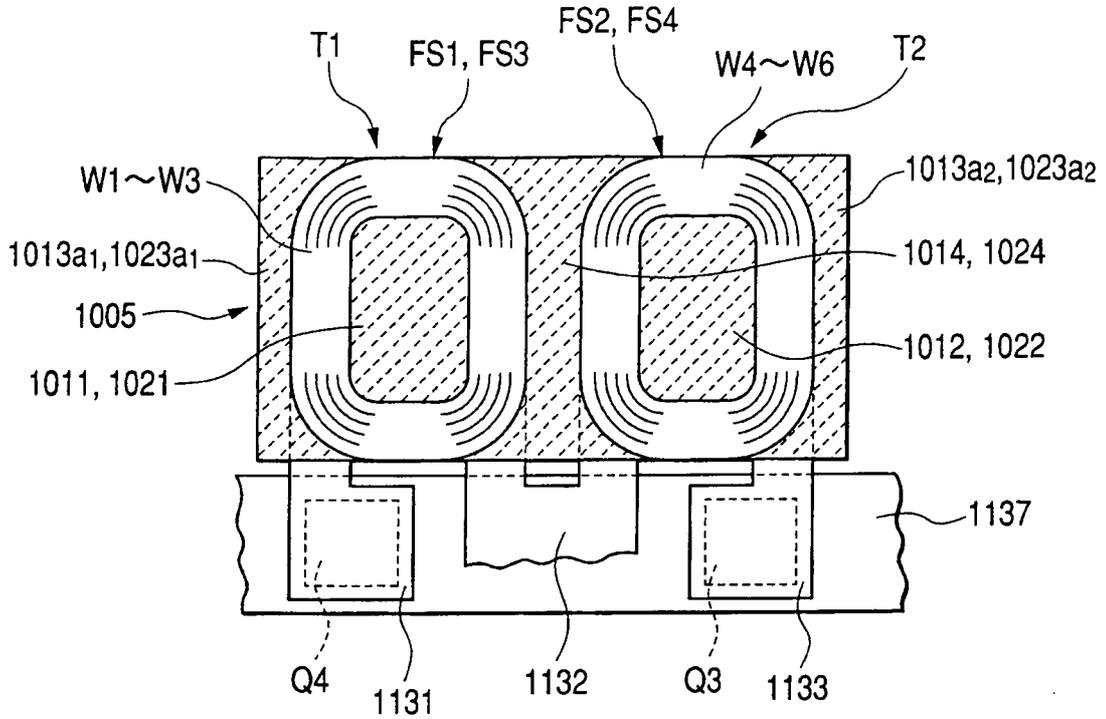
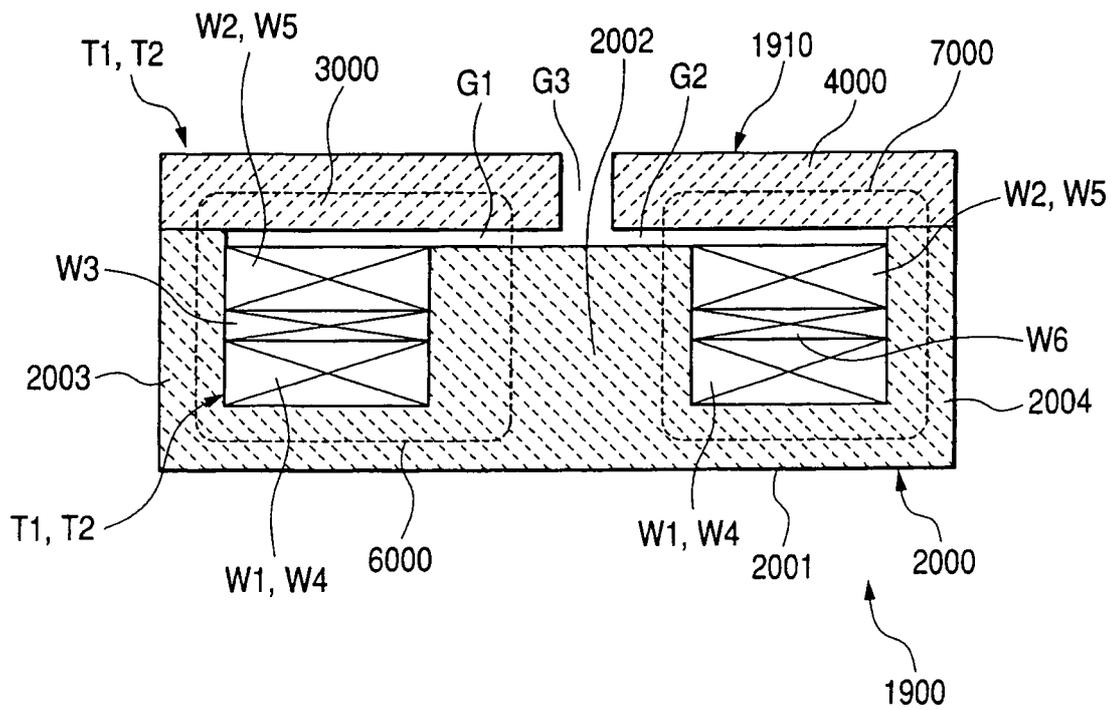
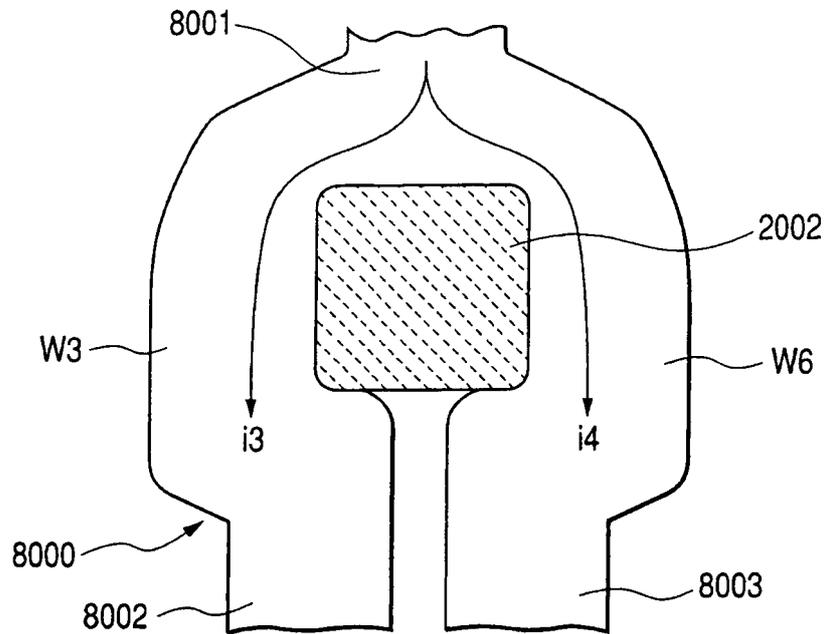


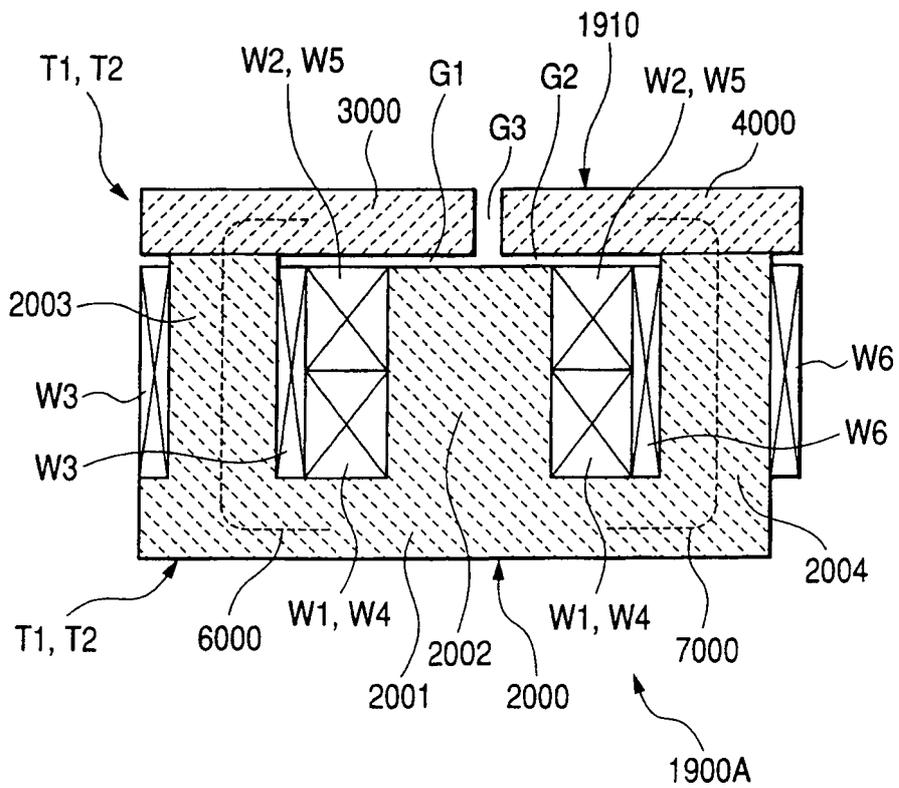
FIG. 27



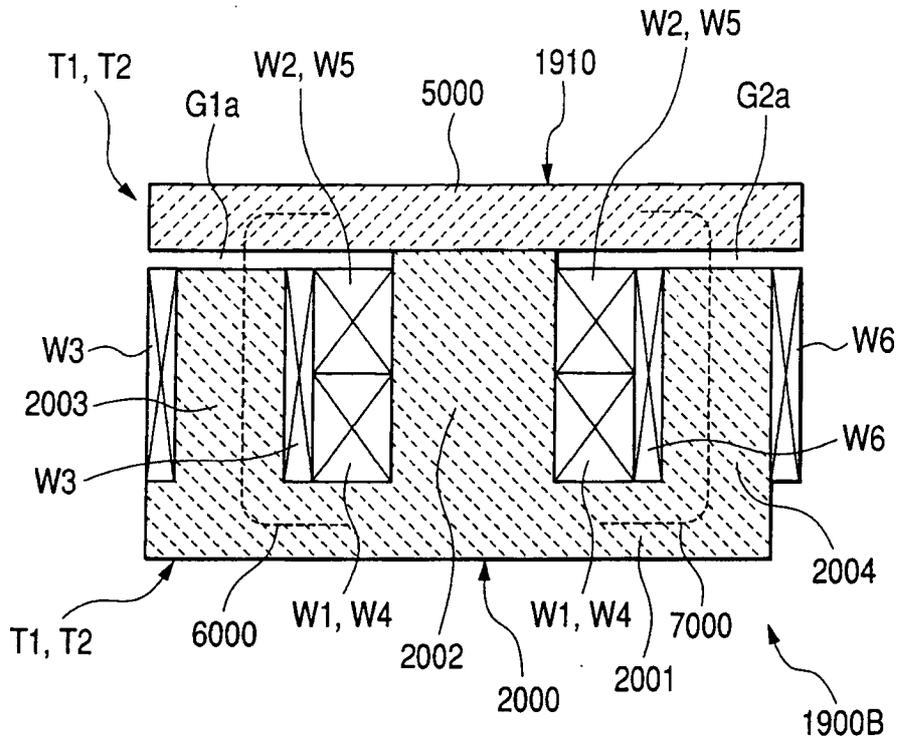
**FIG. 28**



**FIG. 29**



**FIG. 30**



**FIG. 31**

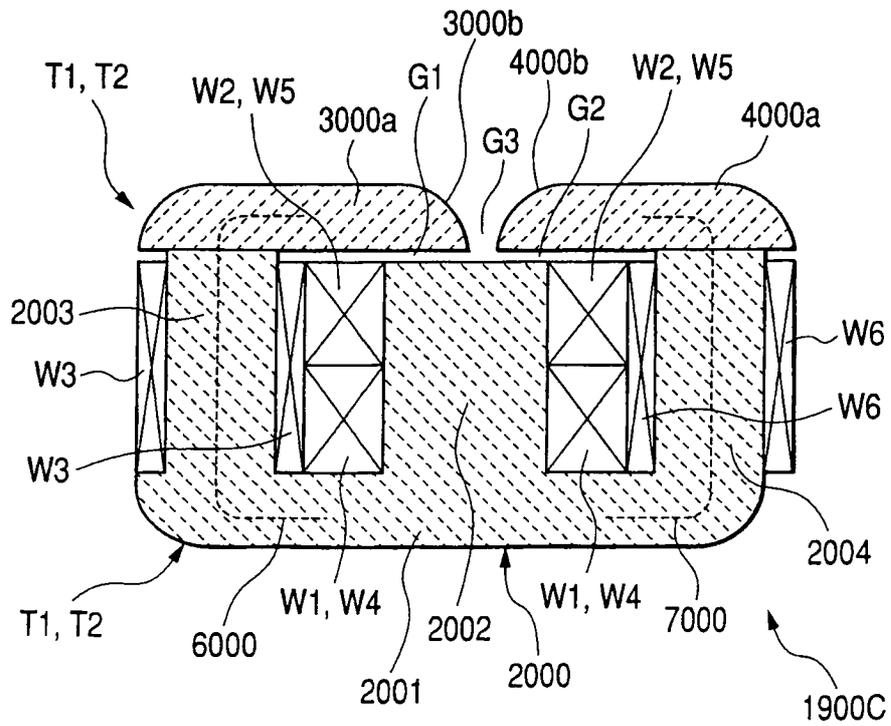
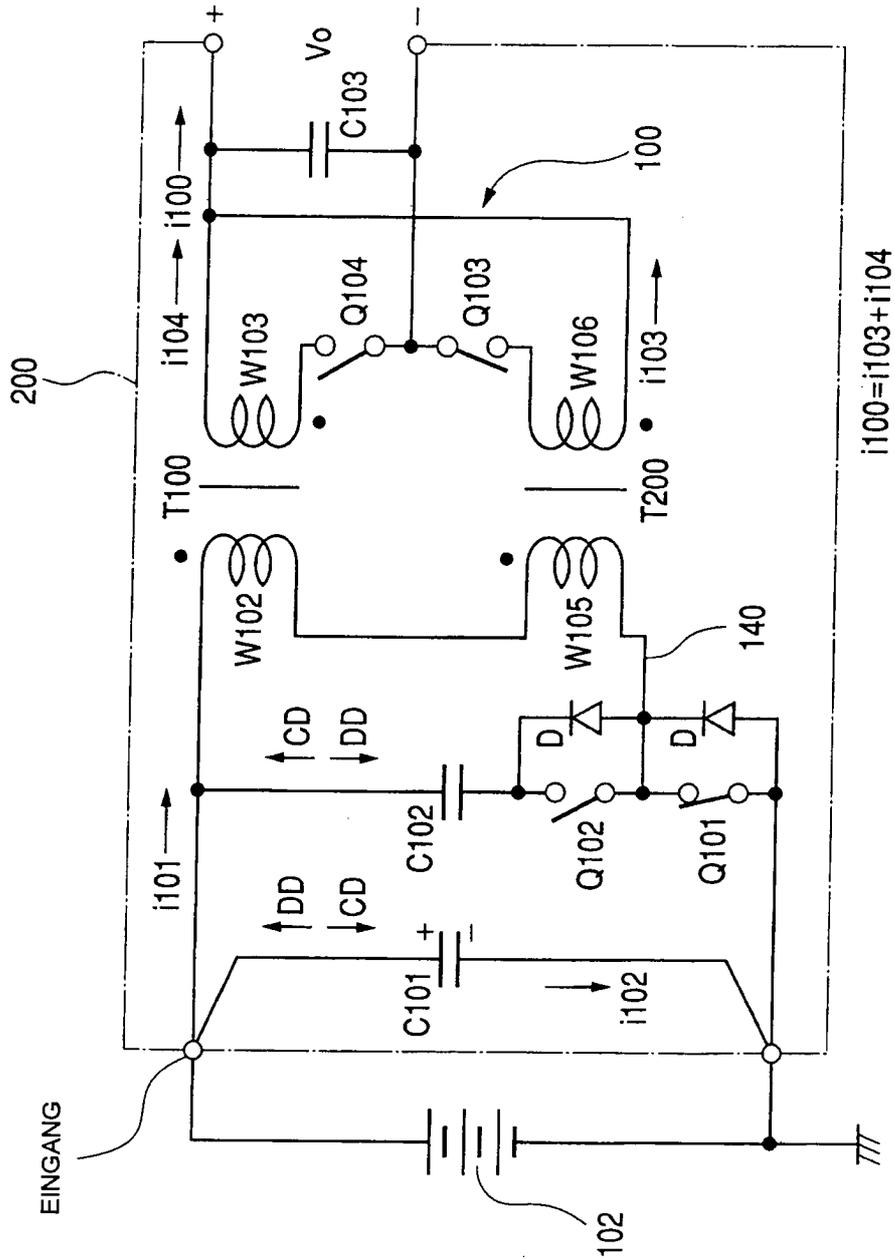


FIG. 32



STAND DER TECHNIK