



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 698 30 284 T2** 2006.02.02

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 902 531 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **698 30 284.2**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **98 117 284.4**

(96) Europäischer Anmeldetag: **11.09.1998**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.03.1999**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **25.05.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **02.02.2006**

(51) Int Cl.⁸: **H02M 7/5387** (2006.01)

H02M 3/337 (2006.01)

H02M 1/084 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

24805697

12.09.1997

JP

(74) Vertreter:

JUNG HML, 80799 München

(73) Patentinhaber:

**Matsushita Electric Industrial Co., Ltd., Kadoma,
Osaka, JP**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB

(72) Erfinder:

Yoshida, Koji, Hirakata City, JP

(54) Bezeichnung: **Schaltnetzteil und Regelverfahren dafür**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung**HINTERGRUND DER ERFINDUNG**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein Schaltnetzteil zum Zuführen von Gleichspannung zu einem elektronischen Gerät, und ein Regelverfahren für dieses.

[0002] In den zurückliegenden Jahren ergab sich zusätzlich zu den Erfordernissen eines geringeren Preises und einer kleineren Bauform Bedarf an hohem Leistungsvermögen und Energieeinsparung für elektronische Geräte für Endverbraucher und für die Industrie. In Übereinstimmung mit derartigen Erfordernissen besteht außerdem ein Bedarf an einem Schaltnetzteil zum Zuführen von Gleichspannung zu dem elektronischen Gerät kleinerer Bauform, stabilerer Leistungsabgabe und höheren Wirkungsgrads.

[0003] Nunmehr wird ein herkömmliches Schaltnetzteil unter Bezug auf [Fig. 4](#) erläutert, die ein Äquivalentschaltungsdiagramm eines herkömmlichen Schaltnetzteils zeigt.

[0004] Wie in [Fig. 4](#) gezeigt, umfasst dieses herkömmliche Schaltnetzteil einen Vollbrückenstromrichter, und eine Gleichstromquelle **51** ist mit den Eingangsanschlüssen **52a** und **52b** des Schaltnetzteils verbunden. Im Einzelnen ist eine positive Elektrode der Gleichstromquelle **51** mit dem Eingangsanschluss **52a** verbunden und eine negative Elektrode der Gleichstromquelle **51** ist mit dem Eingangsanschluss **52b** verbunden. Die Gleichstromquelle **51** führt eine vorbestimmte Eingangsspannung V_{in} in Eingangsanschlüssen **52a** und **52b** zu.

[0005] Das herkömmliche Schaltnetzteil umfasst ein erstes Schaltelement **53**, ein zweites Schaltelement **54**, das zu dem ersten Schaltelement **53** in Reihe geschaltet ist, ein drittes Schaltelement **55**, ein viertes Schaltelement **56**, das zu dem dritten Schaltelement **55** in Reihe geschaltet ist, und eine Regelschaltung **57**, die dazu genutzt wird, die ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** zu regeln.

[0006] Ein Ende von sowohl dem ersten wie dem dritten Schaltelement **53** und **55** ist mit dem Eingangsanschluss **52a** verbunden, und ein Ende von sowohl dem zweiten wie dem vierten Schaltelement **54** und **56** ist mit dem Eingangsanschluss **52b** verbunden. Jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** umfasst eine parasitäre Kapazität, die zu dem entsprechenden Element parallel geschaltet ist. Das heißt, wie in [Fig. 4](#) gezeigt, wächst die erste parasitäre Kapazität **58** über dem ersten Schaltelement **53** parallel und die zweite parasitäre Kapazität **59** wächst über dem zweiten Schaltelement **54** parallel. In ähnlicher Weise wächst die dritte parasitäre Kapazität **60** über dem dritten Schaltelement **55** parallel

und die vierte parasitäre Kapazität **61** wächst über dem vierten Schaltelement **56** parallel.

[0007] Die Regelschaltung **57** empfängt eine Gleichstromausgangsspannung V_{out} , die an beiden Enden eines (nachfolgend erläuterten) Glättungskondensators **66** erzeugt wird, und sie regelt ein Verhältnis der EIN-Schaltperiode und der AUS-Schaltperiode von jedem der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56**, um die Ausgangsspannung V_{out} zu stabilisieren. Im Einzelnen gibt die Regelschaltung **57** Regelsignale g_1 und g_2 an die jeweiligen ersten und zweiten Schaltelemente **53** und **54** derart aus, dass jedes der ersten und zweiten Schaltelemente **53** und **54** abwechselnd den EIN-Schaltzustand und den AUS-Schaltzustand wiederholt. Die Regelschaltung **57** gibt außerdem ein Regelsignal g_3 an das dritte Schaltelement **55** derart aus, dass das dritte Schaltelemente **55** den EIN-Schaltzustand und den AUS-Schaltzustand mit demselben Zeitverlauf bzw. Takt bzw. zum selben Zeitpunkt wiederholt wie das zweite Schaltelement **54**. Ferner gibt die Regelschaltung **57** das Regelsignal g_4 an das vierte Schaltelement **56** derart aus, dass das vierte Schaltelement **56** den EIN-Schaltzustand und den AUS-Schaltzustand wiederholt mit demselben Zeitverlauf bzw. Takt bzw. zum selben Zeitpunkt wie das erste Schaltelement **53**.

[0008] Das herkömmliche Schaltnetzteil ist mit einem Transformator **62** versehen, der den vorstehend genannten Vollbrückenstromrichter zusätzlich zu den ersten bis vierten Schaltelementen **53–56** umfasst. Der Transformator **62** umfasst eine Primärwicklung **62a** und erste und zweite Sekundärwicklungen **62b** und **62c**. Die Primärwicklung **62a** ist mit der Primärseite des Vollbrückenstromrichters verbunden. Das heißt, ein Ende der Primärwicklung **62a** ist mit einem Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Schaltelementen **53** und **54** verbunden, und das andere Ende der Primärwicklung **62a** ist mit einem Verbindungspunkt zwischen den dritten und vierten Schaltelementen **55** und **56** verbunden. Die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** sind in Reihe zueinander geschaltet. Für die Primärwicklung **62a** und die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** ist ein Wicklungsverhältnis von $n:1$ gewählt.

[0009] Erste und zweite Gleichrichtungsdiode **63** und **64** sind mit beiden Enden der in Reihe geschalteten ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** verbunden. Ein Induktanzelement **65** und ein Glättungskondensator **66** sind mit einem Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Gleichrichtungsdiode **63** und **64** in dieser Abfolge in Reihe geschaltet. Eine Last **68** ist über beide Enden des Glättungskondensators **66** über jeweilige Ausgangsanschlüsse **67a** und **67b** in Verbindung gebracht. Insbesondere ist eine Anode der ersten Gleichrichtungs-

diode **63** mit einem Ende der ersten Sekundärwicklung **62b** verbunden, und eine Anode der zweiten Gleichrichtungsdiode **64** ist mit einem Ende der zweiten Sekundärwicklung **62c** verbunden. Die Kathoden der ersten und zweiten Gleichrichtungsdioden **63** und **64** sind miteinander verbunden, und am Verbindungspunkt zwischen diesen Kathoden ist ein Ende des Induktanzelements **65** angeschlossen.

[0010] Das andere Ende des Induktanzelements **65** ist mit einem Ende des Glättungskondensators **66** verbunden. Ein Ende des Glättungskondensators **66** ist mit einem Ausgangsanschluss **67a** verbunden, und das andere Ende ist mit einem Ausgangsanschluss **67b** verbunden. Die ersten und zweiten Gleichrichtungsdioden **63** und **64** richten dadurch eine induzierte Spannung gleich, die in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** erzeugt wird. Der Glättungskondensator **66** richtet die gleichgerichtete induzierte Spannung gleich und gibt eine geglättete induzierte Spannung an die Last **68** über die Ausgangsanschlüsse **67a** und **67b** als Ausgangsspannung V_{out} aus. Da der Glättungskondensator **66** mit einer elektrostatischen Kapazität ausgerüstet ist, die ausreicht, die induzierte Spannung von dem Induktanzelement **65** gleichzurichten, gibt sie die geglättete Spannung aus Ausgangsspannung V_{out} aus.

[0011] Die Arbeitsweise dieses herkömmlichen Schaltnetzteils wird unter Bezug auf [Fig. 4](#) bis [Fig. 5](#) erläutert.

[0012] [Fig. 5](#) zeigt ein Wellenformdiagramm einer Impulswellenform von jedem Regelsignal und Spannungs- und Stromwellenformen bei einer Betriebsbedingung des herkömmlichen Schaltnetzteils, das in [Fig. 4](#) gezeigt ist. In (a) bis (j) von [Fig. 5](#) ist auf der Abszisse die Zeit aufgetragen. In (a) bis (j) in [Fig. 5](#) sind die jeweiligen Wellenformen mit ihren jeweiligen Zeit- bzw. Taktpositionen (durch vertikale gebrochene Linien dargestellt) in Übereinstimmung miteinander aufgetragen.

[0013] In (a) bis (d) von [Fig. 5](#) zeigen die Impulswellenformen die Regelsignale $g_1 - g_4$ an. Eine Spannung V_{51} in (e) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform einer Spannung an, die an das zweite Schaltelement **54** angelegt ist. Eine Spannung V_{52} in (f) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform einer Spannung an, die an das vierte Schaltelement **56** angelegt ist. Eine Spannung V_{5t} in (g) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform einer an die Primärwicklung **62a** angelegten Spannung an. Ein Strom I_{5t} in (h) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in der Primärwicklung **62a** fließt. Ein Strom I_{51} in (i) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in einer Parallelschaltung aus dem ersten Schaltelement **53** und der ersten parasitären Kapazität **58** fließt. Ein Strom I_{52} in (j) von [Fig. 5](#) zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in einer

Parallelschaltung aus dem zweiten Schaltelement **55** und der zweiten parasitären Kapazität **59** fließt.

[0014] Die Regelschaltung **57** gibt die Regelsignale g_1 und g_4 an die jeweiligen ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** zu einem Zeitpunkt T_{50} in [Fig. 5](#) aus, so dass sich die ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** gleichzeitig im EIN-Schaltzustand befinden. Die Eingangsspannung V_{in} wird an die Primärwicklung **62a** folglich derart angelegt, dass die induzierte Spannung (V_{in}/n) in der ersten Sekundärwicklung **62b** erzeugt wird. Hierdurch befindet sich die erste Gleichrichtungsdiode **63** im leitenden Zustand und die zweite Gleichrichtungsdiode **64** befindet sich in einem nicht leitenden Zustand. Das Induktanzelement **65** empfängt eine Spannung ($V_{in}/n - V_{out}$), weil die Ausgangsspannung V_{out} bereits in dem Induktanzelement **65** von dem Glättungskondensator **66** angelegt ist. Andererseits bildet der Strom I_{51} in (i) von [Fig. 5](#) die Summe aus einem Erregungsstrom des Transformators **62** und einem gewandelten Komponentenstrom, bei dem es sich um die Komponente handelt, so dass ein Erregungsstrom des Induktanzelements **65** in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **62** fließt und das erste Schaltungselement **53** durchsetzt.

[0015] Folglich gibt die Regelschaltung **57** die Regelsignale g_1 und g_4 an die jeweiligen ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** zu einem Zeitpunkt T_{51} aus, so dass sich die ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** gleichzeitig im AUS-Schaltzustand befinden. Da zu diesem Zeitpunkt eine Erregungsenergie des Transformators **62** eine kontinuierliche Charakteristik besitzt, wird ein Sekundärstrom des Transformators **62** in zwei Pfade unterteilt; einen in der ersten Sekundärwicklung **62b** und den anderen in der zweiten Sekundärwicklung **62c**. Folglich befinden sich die ersten und zweiten Gleichrichtungsdioden **63** und **64** in leitendem Zustand, so dass die induzierte Spannung der ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** auf null fällt. Die Ausgangsspannung V_{out} wird an das Induktanzelement **65** umgekehrt angelegt.

[0016] Daraufhin gibt die Regelschaltung **57** die Regelsignale g_2 und g_3 an die jeweiligen zweiten und dritten Schaltelemente **54** und **55** zum Zeitpunkt T_{52} aus, so dass sich die zweiten und dritten Schaltelemente **54** und **55** gleichzeitig im EIN-Schaltzustand befinden. Folglich wird eine Spannung ($-V_{in}$) dadurch an die Primärwicklung **62a** derart angelegt, dass die induzierte Spannung (V_{in}/n) in der zweiten Sekundärwicklung **62c** erzeugt wird. Hierdurch befindet sich die erste Gleichrichtungsdiode **63** im nicht leitenden Zustand und die zweite Gleichrichtungsdiode **64** befindet sich im leitenden Zustand. Das Induktanzelement **65** empfängt die Spannung ($V_{in}/n - V_{out}$), weil die Ausgangsspannung V_{out} bereits an das Induktanzelement **65** von dem Glättungskonden-

sator **66** angelegt ist.

[0017] Andererseits stellt ein Strom die Summe aus einem Erregungsstrom des Transformators **62** mit einem gewandelten Komponentenstrom dar, wobei es sich um die Komponente derart handelt, dass ein Erregungsstrom des Induktanzelements **65** in einen Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **62** fließt und die zweiten und dritten Schaltungselemente **54** und **55** durchsetzt.

[0018] Hierdurch gibt die Regelschaltung **57** die Regelsignale g_2 und g_3 an die jeweiligen zweiten und dritten Schaltelemente **54** und **55** zu einem Zeitpunkt T_{53} aus, so dass sich die zweiten und dritten Schaltelemente **55** und **55** gleichzeitig im AUS-Schaltzustand befinden. Da zu diesem Zeitpunkt eine Erregungsenergie des Transformators **62** die kontinuierliche Charakteristik aufweist, wird der Sekundärstrom des Transformators **62** in zwei Pfade unterteilt; einen in der ersten Sekundärwicklung **62b** und den anderen in der zweiten Sekundärwicklung **62c**. Folglich befinden sich die ersten und zweiten Gleichrichtungsdioden **63** und **64** jeweils im leitenden Zustand, so dass die induzierte Spannung der ersten und zweiten Sekundärwicklungen **62b** und **62c** auf null fallen. Die Ausgangsspannung V_{out} wird dadurch an das Induktanzelement **65** umgekehrt angelegt.

[0019] Daraufhin gibt die Regelschaltung **57** die Regelsignale g_1 und g_4 an die jeweiligen ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** zu einem Zeitpunkt T_{55} entsprechend dem Zeitpunkt T_{50} aus, so dass sich die ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** gleichzeitig im EIN-Schaltzustand befinden. Folglich wird die Eingangsspannung V_{in} an die Primärwicklung **62a** angelegt, wodurch die vorstehend angeführten Betriebsabläufe in dem Schaltnetzteil wiederholt werden.

[0020] Nunmehr wird im Einzelnen das Verhältnis der EIN-Schaltdauer zur AUS-Schaltdauer von jedem der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** in dem herkömmlichen Schaltnetzteil erläutert.

[0021] Wie in der nachfolgenden Gleichung (11) gezeigt, nimmt die EIN-Schaltperiode T_{on} , in der sich jedes der Schaltelemente **53–56** im EIN-Schaltzustand befindet, einen konstanten Wert ein. Wie außerdem in der nachfolgenden Gleichung (12) gezeigt, nimmt die AUS-Schaltperiode T_{off} , in der sich sämtliche der Schaltelemente **53–56** im AUS-Schaltzustand befinden, einen konstanten Wert ein.

$$T_{on} = T_{51} - T_{50} = T_{53} - T_{52} \quad (11)$$

$$T_{off} = T_{52} - T_{51} = T_{54} - T_{53} \quad (12)$$

[0022] Wenn eine Rücksetzbedingung des Induktanzelements **65**, die in der folgenden Gleichung (13)

gezeigt ist, erfüllt ist, wird der Betrieb des Induktanzelements **65** stabilisiert.

$$(V_{in}/n - V_{out}) \times T_{on} = V_{out} \times T_{off} \quad (13)$$

[0023] Diese Gleichung (13) kann in die folgende Gleichung (15) unter Verwendung einer Gleichung (14) modifiziert werden.

$$\delta = T_{on}/(T_{on} + T_{off}) \quad (14)$$

$$V = \delta \times V_{in}/n \quad (15)$$

[0024] In dem herkömmlichen Schaltnetzteil wird das vorstehend genannte Verhältnis der EIN-Schaltperiode und der AUS-Schaltperiode so eingestellt, dass ein Wert " $\delta \times V_{in}$ " ein konstanter Wert ist. Wenn in dem herkömmlichen Schaltnetzteil die Eingangsspannung V_{in} variiert wird, konnte dadurch die Ausgangsspannung V_{out} stabilisiert werden, wie in den Gleichungen (14) und (15) gezeigt.

[0025] In diesem herkömmlichen Schaltnetzteil ist der Vollbrückenstromrichter, der aus den ersten bis vierten Schaltelementen **53–56** bestand, und der Transformator **62** verwendet, und außerdem sind die Eingangsanschlüsse **52a** und **52b** dieses Vollbrückenrichters mit der Gleichstromquelle **51** verbunden. In dem herkömmlichen Schaltnetzteil ist deshalb eine Spannung über der Eingangsspannung V_{in} nicht an eines der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** angelegt. Da außerdem ein gut ausgeglichener Strom in den Schaltelementen **53–56** zum Fließen gebracht wird, wird die Strombelastung verteilt und damit kann der Stromrichter für ein Schaltnetzteil mit größerer elektrischer Leistung eingesetzt werden.

[0026] In dem herkömmlichen Schaltnetzteil ist es jedoch nicht möglich, Stoßstrom und Stoßspannung zu unterdrücken, die erzeugt werden, wenn jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** zwischen dem EIN-Schaltzustand und dem AUS-Schaltzustand umgeschaltet wird. In dem herkömmlichen Schaltnetzteil treten deshalb die Probleme auf, dass der Stoßstrom einen Energieverlust hervorruft, den Wirkungsgrad absenkt und Geräusch erzeugt.

[0027] Wenn in diesem herkömmlichen Schaltnetzteil sich im Einzelnen das erste Schaltelement **53** im EIN-Schaltzustand befindet, beispielsweise zu dem in [Fig. 5](#) gezeigten Zeitpunkt T_{50} , wird die erste parasitäre Kapazität **58** entladen und die zweite parasitäre Kapazität **59** wird geladen. Folglich nimmt der Strom I_{51} einen Spitzenstromwert ein, bei dem es sich um einen Stoßstrom (Transientenstrom) handelt, wie in (j) von [Fig. 5](#) gezeigt.

[0028] Wenn sich das zweite Schaltelement **54** im EIN-Schaltzustand beispielsweise zum Zeitpunkt T_{52} , der in [Fig. 5](#) gezeigt ist, befindet, wird die erste

parasitäre Kapazität **58** geladen und die zweite parasitäre Kapazität **59** wird entladen. Folglich enthielt der Strom I52 den Spitzenspannungsstrom, wie in (j) von [Fig. 5](#) gezeigt.

[0029] Wenn sich das dritte Schaltelement **55** in derselben Weise im EIN-Schaltzustand befindet (beispielsweise zum Zeitpunkt T52), wird die dritte parasitäre Kapazität **60** entladen und die vierte parasitäre Kapazität **61** wird geladen. Ein in dem dritten Schaltelement **55** fließender Strom nimmt dadurch den Spitzenspannungsstromwert ein. Wenn sich das vierte Schaltelement **56** in dem EIN-Schaltzustand befindet (beispielsweise zum Zeitpunkt T50), wird die dritte parasitäre Kapazität **60** entladen und die vierte parasitäre Kapazität **61** wird geladen. Ein in dem dritten Schaltelement **55** fließender Strom nimmt dadurch den Spitzenspannungsstromwert ein. Wenn sich das vierte Schaltelement **56** in dem EIN-Schaltzustand befindet (beispielsweise zum Zeitpunkt T50), wird die dritte parasitäre Kapazität **60** geladen und die vierte parasitäre Kapazität **61** wird entladen. Folglich nimmt ein in dem vierten Schaltelement **56** fließender Strom den Spitzenspannungsstromwert ein.

[0030] Wenn in diesem herkömmlichen Schaltnetzteil andererseits jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **53–56** den AUS-Schaltzustand einnimmt, wird die Stoßspannung durch eine Leckageinduktanz in dem Transformator **62** und die parasitäre Induktanz der Leitungsdrähte und dergleichen erzeugt. Wie in (g) von [Fig. 5](#) gezeigt, wird beispielsweise dann, nachdem sich die ersten und vierten Schaltelemente **53** und **56** zum Zeitpunkt T51 im AUS-Schaltzustand befinden, die Stoßspannung erzeugt, so dass die Spannung V5t, die an die Primärwicklung **62a** angelegt war, verändert wird. In derselben Weise wird, nachdem sich die zweiten und dritten Schaltelemente **54** und **55** zum Zeitpunkt T53 im AUS-Schaltzustand befinden, die Stoßspannung erzeugt, so dass die Spannung V5t, die an die Primärwicklung **62a** angelegt ist, verändert wird.

[0031] Die EP 0625820A2 offenbart einen Gleichstromrichter, aufweisend einen Transformator mit primären und sekundären Wicklungen und zwei Paare regelbare Halbleiterschalt Elemente, die in Brückenkonfiguration geschaltet sind. Jedes Paar umfasst zwei in Reihe geschaltete regelbare Halbleiterschalt Elemente. Die Paare sind zu einer Eingangsgleichstromquelle parallel geschaltet. Der Gleichstromrichter umfasst außerdem eine Regelschaltung, die die regelbaren Halbleiterschalt Elemente derart treibt, dass die beiden regelbaren Halbleiterschalt Elemente des ersten Paares abwechselnd und nicht überlappend eingeschaltet werden, während das zweite Paar der regelbaren Halbleiterschalt Elemente entsprechend ein- und ausgeschaltet wird, jedoch zu Zeitpunkten, die relativ zu den Schaltmomenten des ersten Paares zeitlich verzögert sind, um eine steuer-

bare Verzögerungszeit zwischen null und der halben Periodendauer der Schaltfrequenz, wodurch die Spannung über der Last geregelt werden kann. Die Steuerschaltung erzeugt ein Rückkopplungssignal proportional zu der Differenz zwischen einem gewünschten und einem tatsächlichen Wert der regelbaren Spannung. Die Steuerschaltung ermittelt die Verzögerungszeit auf Grundlage der zeitintegrierten Differenz zwischen dem Rückkopplungssignal proportional zu dem Strom in der Primärwicklung.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0032] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, ein Schaltnetzteil zu schaffen, das geeignet ist, die vorstehend genannten Probleme des herkömmlichen Schaltnetzteils zu überwinden und das mit geringeren Kosten erstellt werden kann und eine lange Lebensdauer besitzt.

[0033] Im die vorstehend genannte Aufgabe zu lösen, umfasst das erfindungsgemäße Schaltnetzteil: Erste und zweite Schalteinheiten, die in Bezug aufeinander und mit einer Gleichstromquelle in Reihe geschaltet sind, dritte und vierte Schalteinheiten, die in Bezug aufeinander und mit der Gleichstromquelle in Reihe geschaltet sind, einen Transformator mit einer Primärwicklung, die zwischen einen Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Schalteinheiten und einen Verbindungspunkt zwischen den dritten und vierten Schalteinheiten geschaltet ist und Energie speichert zum Entladen einer parasitären Kapazität der ersten bis vierten Schalteinheiten, und eine Regeleinheit, die den Betrieb von jeder der ersten bis vierten Schalteinheiten derart regelt, dass sich die ersten und zweiten Schalteinheiten komplementär in einem EIN-Schaltzustand befinden nach einer ersten vorbestimmten Totzeitperiode, in der die ersten und zweiten Schalteinheiten beide sich in einem AUS-Schaltzustand befinden, wobei sich die dritten und vierten Schalteinheiten komplementär in einem EIN-Schaltzustand befinden nach einer zweiten vorbestimmten Totzeitperiode, in der die dritten und vierten Schalteinheiten sich beide im AUS-Schaltzustand befinden, und die ersten bis vierten Schalteinheiten so geregelt werden, dass sie die Primärwicklung kurzschließen, die in den Perioden zwischen der ersten Totzeit und der zweiten Totzeit kurzgeschlossen ist, und die in den Transformator gespeicherte Energie in der Kurzschlusszeitperiode gehalten ist, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgangsspannung des Schaltnetzteils geregelt wird durch Einstellen des Verhältnisses der EIN-Schaltperiode zur AUS-Schaltperiode von jeder der ersten und dritten Schalteinheiten, so dass die EIN-Schalt- und AUS-Schalt-Zustandswahlzeitpunkte der ersten Schalteinheit um einen halben Schaltzy-

klus verschoben sind ausgehend von den EIN-Schaltzustand- und AUS-Schaltzustand-Wahlzeitpunkten der dritten Schalteinheit.

[0034] Mit einer derartigen Konfiguration ist das erfindungsgemäße Schaltnetzteil in der Lage, die Erzeugung von sowohl Stoßstrom wie Stoßspannung zu unterdrücken sowie Energieverlust, um dadurch den Wirkungsgrad deutlich zu verbessern. Außerdem ist das erfindungsgemäße Schaltnetzteil in der Lage, die Erzeugung von Geräuschen zu unterbinden, wodurch ein Schaltnetzteil mit geringem Geräusch problemlos bereitgestellt werden kann.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0035] [Fig. 1](#) zeigt ein Äquivalenzschaltungsdiagramm einer Konfiguration eines Schaltnetzteils gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0036] [Fig. 2](#) zeigt ein Wellenformdiagramm unter Darstellung einer Impulswellenform von jedem Regelsignal und Spannungs- und Stromwellenformen in dem Betriebszustand des in [Fig. 1](#) gezeigten Schaltnetzteils.

[0037] [Fig. 3](#) zeigt ein Wellenformdiagramm unter Darstellung einer Impulswellenform von jedem Regelsignal und Spannungs- und Stromwellenformen unter der Betriebsbedingung eines Schaltnetzteils gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0038] [Fig. 4](#) zeigt ein Äquivalenzschaltungsdiagramm einer Konfiguration eines herkömmlichen Schaltnetzteils.

[0039] [Fig. 5](#) zeigt ein Wellenformdiagramm unter Darstellung einer Impulswellenform von jedem Regelsignal und Spannungs- und Stromwellenformen unter einer Betriebsbedingung des in [Fig. 4](#) gezeigten herkömmlichen Schaltnetzteils.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0040] Bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung für ein Schaltnetzteil und ein Regelverfahren für dieses werden unter Bezug auf die anliegenden Zeichnungen erläutert. In der nachfolgenden Erläuterung ist das Schaltnetzteil so konfiguriert, das es den Vollbrückenstromrichter umfasst, um den Vergleich mit dem herkömmlichen Schaltnetzteil zu erleichtern.

«Erste Ausführungsform»

[0041] [Fig. 1](#) zeigt ein Äquivalenzschaltungsdiagramm einer Konfiguration einer ersten Ausführungs-

form des erfindungsgemäßen Schaltnetzteils.

[0042] Wie in [Fig. 1](#) gezeigt, umfasst das Schaltnetzteil dieser Ausführungsform eine Gleichstromquelle **1** zum Zuführen einer Eingangsspannung VIN, Eingangsanschlüsse **2a** und **2b**, die mit einer positiven Elektrode bzw. einer negativen Elektrode der Gleichstromquelle **1** verbunden sind, und erste, zweite, dritte und vierte Schalteinheiten **3**, **4**, **5** und **6**, die in Brückenschaltung geschaltet sind. Das Schaltnetzteil dieser Ausführungsform weist außerdem einen Transformator **7** auf, der eine Primärwicklung **7a** umfasst sowie erste und zweite Sekundärwicklungen **7b** und **7c**, eine Gleichrichterglättungsschaltung **8**, die mit den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** zum Glätten einer induzierten Spannung verbunden ist, die in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** erzeugt wird, und eine Regelschaltung **9** zum Steuern jeder der ersten bis vierten Schalteinheiten **3–6**.

[0043] Die ersten und zweiten Schalteinheiten **3** und **4** sind zueinander in Reihe geschaltet. Die ersten und zweiten Schalteinheiten **3** und **4** sind über die Eingangsanschlüsse **2a** und **2b** in Verbindung gebracht. In ähnlicher Weise sind die dritten und vierten Schalteinheiten **5** und **6** zueinander in Reihe geschaltet. Die dritten und vierten Schalteinheiten **5** und **6** sind über die Eingangsanschlüsse **2a** und **2b** in Verbindung gebracht.

[0044] Die erste Schalteinheit **3** umfasst ein erstes Schaltelement **3a**, das durch ein Steuersignal G1 betätigt wird, das von der Regelschaltung **9** ausgegeben wird, und eine erste Diode **3b**, die zu dem ersten Schaltelement **3a** derart parallel geschaltet ist, dass sie in der umgekehrten Richtung für die Gleichstromquelle **1** eingestellt ist. Die erste Schalteinheit **3** umfasst außerdem eine erste parasitäre Kapazität **3c**, die sowohl auf dem ersten Schaltelement **3a** wie der ersten Diode **3b** parasitär ist. Diese erste parasitäre Kapazität **3c** wächst über dem ersten Schaltelement **3a** und der ersten Diode **3b** parallel.

[0045] Die zweite Schalteinheit **4** umfasst ein zweites Schaltelement **4a**, das durch ein Steuersignal G2 betätigt wird, das von der Regelschaltung **9** ausgegeben wird, und eine zweite Diode **4b**, die zu dem zweiten Schaltelement **4a** derart parallel geschaltet ist, dass sie in der umgekehrten Richtung für die Gleichstromquelle **1** eingestellt ist. Außerdem enthält die zweite Schalteinheit **4** eine zweite parasitäre Kapazität **4c**, die sowohl auf dem zweiten Schaltelement **4a** wie der zweiten Diode **4b** parasitär ist. Diese zweite parasitäre Kapazität **4c** wächst über dem zweiten Schaltelement **4a** und der zweiten Diode **4b** parallel.

[0046] Die dritte Schalteinheit **5** umfasst ein drittes Schaltelement **5a**, das durch ein Steuersignal G3 betätigt wird, das von der Regelschaltung **9** ausgege-

ben wird, und eine dritte Diode **5b**, die zu dem dritten Schaltelement **5a** derart parallel geschaltet ist, dass sie in der umgekehrten Richtung für die Gleichstromquelle **1** eingestellt ist. Außerdem umfasst die dritte Schalteinheit **5** die dritte parasitäre Kapazität **5c**, die sowohl auf dem dritten Schaltelement **5a** wie der dritten Diode **5b** parasitär ist. Diese dritte parasitäre Kapazität **5c** wächst über dem dritten Schaltelement **5a** und der dritten Diode **5b** parallel.

[0047] Die vierte Schalteinheit **6** umfasst ein viertes Schaltelement **6a**, das durch ein Steuersignal G4 betätigt wird, das von der Regelschaltung **9** ausgegeben wird, und eine vierte Diode **6b**, die zu dem vierten Schaltelement **6a** derart parallel geschaltet ist, dass sie in der umgekehrten Richtung für die Gleichstromquelle **1** eingestellt ist bzw. liegt. Außerdem umfasst die vierte Schalteinheit **6** die vierte parasitäre Kapazität **6c**, die sowohl auf dem vierten Schaltelement **6a** wie der vierten Diode **6b** parasitär ist. Diese vierte parasitäre Kapazität **6c** wächst über dem vierten Schaltelement **6a** und der vierten Diode **6b** parallel.

[0048] Die ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** sollten bevorzugt mit einem Halbleiterelement konfiguriert sein, beispielsweise mit einem bipolaren Transistor oder einem MOSFET. In dem Fall, dass jede der Schalteinheiten **3–6** mit dem MOSFET konfiguriert ist, können insbesondere die vorstehend genannten Dioden **3b**, **4b**, **5b** oder **6b** entfallen, weil der MOSFET eine eingebaute Diode aufweist, die parallel zu ihm in derselben Packung bzw. im selben Gehäuse geschaltet ist.

[0049] In dem Transformator **7** sind die Primärwicklung **7a**, die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** mit einem Wicklungsverhältnis von N:1:1 gewählt. Ein Ende der Primärwicklung **7a** ist mit einem Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Schalteinheiten **3** und **4** verbunden, und das andere Ende ist mit einem Verbindungspunkt zwischen den dritten und vierten Schalteinheiten **5** und **6** verbunden.

[0050] Die Gleichrichterglättungseinheit **8** umfasst eine erste Gleichrichtungsdiode **8a**, die mit der ersten Sekundärwicklung **7b** in Durchlassrichtung verbunden ist, eine zweite Gleichrichtungsdiode **8b**, die mit der zweiten Sekundärwicklung **7c** in Durchlassrichtung verbunden ist, ein Induktanzelement **8c**, das mit den ersten und zweiten Gleichrichtungsdioden **8a** und **8b** an seinem einen Ende verbunden ist, und einen Glättungskondensator **8d**, der mit dem anderen Ende des Induktanzelements **8c** an seinem einen Ende und mit dem Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** an seinem anderen Ende verbunden ist. Die Gleichrichterglättungseinheit **8** richtet dadurch die induzierte Spannung gleich und glättet sie, die in zumindest

entweder der ersten oder zweiten Sekundärwicklung **7b** oder **7c** erzeugt wird, und führt eine Ausgangsspannung VOUT einer Last **11** zu, die mit beiden Enden des Glättungskondensators **8d** über Ausgangsanschlüsse **9a** und **9b** verbunden ist.

[0051] Die Regelschaltung **9** ermittelt die Ausgangsspannung VOUT, die an beiden Enden des Glättungskondensators **8d** erzeugt wird, um dadurch den Betrieb der ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** derart zu steuern, dass der Pegel der Ausgangsspannung VOUT fix bzw. unveränderlich ist. Im Einzelnen gibt die Regelschaltung **9** die Regelsignale G1 und G2 an die jeweiligen ersten und zweiten Schaltelemente **3a** und **4a** derart aus, dass die ersten und zweiten Schaltelemente **3a** und **4a** beide sich komplementär in einer ersten vorbestimmten kurze Totzeitperiode in einem EIN-Schaltzustand befinden, in dem die ersten und zweiten Schaltelemente **3a** und **4a** sich in einem AUS-Schaltzustand befinden. In derselben Weise gibt die Regelschaltung **9** die Regelsignale G3 und G4 an die jeweiligen dritten und vierten Schaltelemente **5a** und **6a** derart aus, dass die dritten und vierten Schaltelemente **5a** und **6a** beide sich komplementär in einer EIN-Schaltzustand in einer zweiten vorbestimmten kurze Totzeitperiode befinden, in der beide, die dritten und vierten Schaltelemente **5a** und **6a** sich in einem AUS-Schaltzustand befinden.

[0052] Die Regelschaltung **9** regelt außerdem die ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** derart, dass eine Kurzschlusszeitperiode, in der die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen ist, zwischen den ersten und zweiten Totzeitperioden stattfindet. Die Regelschaltung **9** gibt insbesondere die Regelsignale G2 und G4 an die jeweiligen zweiten und vierten Schaltelemente **4a** und **6a** so aus, dass eine Zeitperiode, in der die zweiten und vierten Schaltelemente **4a** und **6a** sich im EIN-Schaltzustand befinden, zwischen den ersten und zweiten Totzeitperioden stattfindet. Die Primärwicklung **7a** ist dadurch während den ersten und zweiten Totzeitperioden kurzgeschlossen.

[0053] Mit einer derartigen, vorstehend erläuterten Konfiguration ist es in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform möglich, Leckageinduktanz und eine Erregungsinduktanz des Transformators **7** gespeicherte Energie während der Kurzschlusszeitperiode der Primärwicklung **7a** zurückzuhalten. In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform können ferner die ersten bis vierten parasitären Kapazitäten **3c**, **4c**, **5c** und **6c** in den ersten und zweiten Totperioden geladen und entladen werden. Hierdurch vermag das Schaltnetzteil gemäß dieser Ausführungsform einen Stoßstrom zu unterbinden, der erzeugt wird, wenn jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** sich im EIN-Schaltzustand befindet (nachfolgend näher erläutert).

[0054] Jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** ist außerdem mit der entsprechenden einen der ersten bis vierten Dioden **3b**, **4b**, **5b** und **6b** verbunden. In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform kann folglich eine Stoßspannung blockiert werden, die erzeugt wird, wenn jedes der ersten bis vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** sich im AUS-Schaltzustand befindet, und zwar effektiver. Das Schaltnetzteil dieser Ausführungsform kann dadurch die Erzeugung von Stoßspannung unterbinden.

[0055] Die Arbeitsweise des Schaltnetzteils wird nachfolgend unter Bezug auf **Fig. 1** und **Fig. 2** erläutert.

[0056] **Fig. 2** zeigt ein Wellenformdiagramm einer Impulswellenform von jedem Regelsignal und Spannungs- und Stromwellenformen unter einer Betriebsbedingung des Schaltnetzteils, das in **Fig. 1** gezeigt ist. In (a) bis (j) von **Fig. 2** ist auf der Abszisse die Zeit aufgetragen. In (a) bis (j) in **Fig. 2** sind die jeweiligen Wellenformen mit ihren jeweiligen Takt- bzw. Zeitverlaufspositionen oder Zeitpunkten (durch vertikal durchbrochene Linien dargestellt) in Übereinstimmung miteinander aufgetragen.

[0057] In (a) bis (d) von **Fig. 2** zeigen die Impulswellenformen die jeweiligen Regelsignale G1 – G4 an. Eine Spannung V1 in (e) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform einer Spannung an, die an die zweite Schalteinheit **4** angelegt ist. Eine Spannung V2 in (f) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform einer Spannung an, die an die vierte Schalteinheit **6** angelegt ist. Eine Spannung Vt in (g) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform einer Spannung an, die an die Primärwicklung **7a** angelegte ist. Ein Strom It in (h) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in der Primärwicklung **7a** fließt. Ein Strom I1 in (i) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in der ersten Schalteinheit **3** fließt. Ein Strom I2 in (j) von **Fig. 2** zeigt die Wellenform eines Stroms an, der in der zweiten Schalteinheit **4** fließt.

[0058] Die Regelschaltung **9** gibt das Regelsignal G1 an das erste Schaltelement **3a** zu einem Zeitpunkt T0 in **Fig. 2** aus, so dass das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Da zu diesem Zeitpunkt das vierte Schaltelement **6a** sich bereits im EIN-Schaltzustand befindet, wird die Eingangsspannung VIN an die Primärwicklung **7a** von der Gleichstromquelle **1** zugeführt. Die induzierte Spannung (VIN/N) wird hierdurch in der ersten Sekundärwicklung **7b** erzeugt, und dadurch wird die erste Gleichrichtungsdiode **8a** in einen leitenden Zustand geschaltet. Zu diesem Zeitpunkt wird die Ausgangsspannung VOUT an das Induktanzelement **8c** von dem Glättungskondensator **8d** angelegt. Eine Spannung (VIN/N – VOUT) wird demnach an das Induktanzelement **8c** angelegt. Daraufhin wird ein Strom, der im Induktanzelement **8c** fließt, linear er-

höht.

[0059] Bei dem Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, handelt es sich um die Summe aus einem Erregungsstrom des Transformators **7** und einem gewandelten Komponentenstrom, bei dem es sich um die Komponente handelt, wie etwa dass ein Strom, der in der ersten Sekundärwicklung **7b** fließt, in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **7a** fließt. Folglich wird der vorstehend genannte Strom nicht linear erhöht, wie in (h) von **Fig. 2** gezeigt. Die Erregungsenergie wird dadurch sowohl im Transformator **7** wie im Induktanzelement **8c** gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt schaltet die Regelschaltung **9** sowohl das zweite wie das dritte Schaltelement **4a** und **5a** ab und das vierte Schaltelement **6a** ein. Da die zweiten und dritten Dioden **5b** und **6b** relativ zur Gleichstromquelle **1** umgekehrt angeschlossen sind, wird die Eingangsspannung VIN für die zweiten und dritten Dioden **5b** und **6b** entgegengesetzt vorgespannt. Die zweiten und dritten Dioden **5b** und **6b** schalten deshalb in einen nicht leitenden Zustand, wodurch die zweiten und dritten Schalteinheiten **4** und **5** den Schaltungsbetrieb in keiner Weise beeinträchtigen.

[0060] Die Regelschaltung **9** gibt daraufhin das Regelsignal G1 an das erste Schaltelement **3a** zu einem Zeitpunkt T1 aus, so dass das erste Schaltelement **3a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Zu diesem Zeitpunkt fließt der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, weiterhin unbeeinträchtigt kontinuierlich durch die Leckageinduktanz des Transformators **7**. Die erste parasitäre Kapazität **3c** wird dadurch geladen und die zweite parasitäre Kapazität **4c** wird entladen. Die Spannung V1, die an die zweite Schalteinheit **4** angelegt ist, wird dadurch allmählich reduziert, um null zum Zeitpunkt T2 zu erreichen, und die zweite Diode **4b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn die zweite Diode **4b** zu diesem Zeitpunkt T2 den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G2 an das zweite Schaltelement **4a** derart aus, dass das zweite Schaltelement **4a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das zweite Schaltelement **4a** zum Zeitpunkt T2 ein nach der ersten Totzeitperiode, die zum Zeitpunkt T1 gestartet wird. Wenn die Regelschaltung **9** das zweite Schaltelement **4a** zu diesem Zeitpunkt T2 einschaltet, tritt keine Schaltungsänderung auf, unabhängig davon, ob der Strom I2, der in der zweiten Schalteinheit **4** fließt, in der zweiten Diode **4b** oder im zweiten Schaltelement **4a** fließt.

[0061] Das vierte Schaltelement **6a** befindet sich zu diesem Zeitpunkt T2 bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn die zweite Diode **4b** in den leitenden Zustand schaltet und das zweite Schaltelement **4a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, durchsetzt der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, deshalb das vierte

Schaltelement **6a** und die zweite Diode **4b** bzw. das zweite Schaltelement **4a**. Hierdurch wird die Primärwicklung **7a** so kurzgeschlossen, dass sie sowohl in der Leckageinduktanz wie in der Erregungsinduktanz des Transformators **7** gespeicherte Energie gehalten wird.

[0062] Wenn die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen wird, fallen die in den ersten und zweiten Wicklungen **7b** und **7c** induzierten Spannungen auf null und die an das Induktanzelement **8c** angelegte Spannung wird zu einer inversen Ausgangsspannung V_{OUT} relativ zu dem Glättungskondensator **8d**. Hierdurch wird ein Strom unterteilt und zum Fließen in die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** veranlasst, um die Erregungsenergie kontinuierlich zu halten. Sowohl die erste wie die zweite Gleichrichtungsdiode **8a** und **8b** werden dadurch in den leitenden Zustand geschaltet.

[0063] Daraufhin gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G_4 an das vierte Schaltelement **6a** zu einem Zeitpunkt T_3 aus, so dass das vierte Schaltelement **6a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Hierdurch wird die dritte parasitäre Kapazität **5c** entladen und die vierte parasitäre Kapazität **6c** wird geladen durch die im Transformator **7** gehaltene Energie. Die an die vierte Schalteinheit **6** angelegte Spannung V_2 wird dadurch allmählich erhöht, um die Eingangsspannung V_{IN} zu einem Zeitpunkt T_4 zu erreichen, und die dritte Diode **5b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn diese dritte Diode **5b** zum Zeitpunkt T_4 den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G_3 an das dritte Schaltelement **5a** derart aus, dass das dritte Schaltelement **5a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das dritte Schaltelement **5a** zum Zeitpunkt T_4 ein, nachdem die zweite Totzeitperiode zum Zeitpunkt T_3 gestartet hat. Wenn das dritte Schaltelement **5a** zu diesem Zeitpunkt T_4 in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird, tritt keine Betriebsänderung unabhängig davon auf, ob der Strom, der in der dritten Schalteinheit **5** fließt, in der dritten Diode **5b** oder in dem dritten Schaltelement **5a** fließt.

[0064] Das zweite Schaltelement **4a** befindet sich zum Zeitpunkt T_4 bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn das dritte Schaltelement **5a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird, durchsetzt deshalb der Strom I_t , der in der Primärwicklung **7a** fließt, die zweiten und dritten Schaltelemente **4a** und **5a**. Hierdurch wird eine inverse Eingangsspannung ($-V_{IN}$) an die Primärwicklung **7a** angelegt, wodurch der in der Primärwicklung **7a** fließende Strom I_t scharf bzw. kurzfristig verringert wird. Daraufhin wird ein inverser Strom in ausreichender Weise der Primärwicklung **7a** zugeführt, woraufhin die erste Gleichrichtungsdiode **8a** in den nicht leitenden Zustand schaltet und die induzierte Spannung (V_{IN}/N) in der zweiten Sekundär-

wicklung **7c** erzeugt wird. Folglich wird die Spannung ($V_{IN}/N - V_{OUT}$) an das Induktanzelement **8c** angelegt, und dadurch wird der in dem Induktanzelement **8c** fließende Strom linear erhöht. Der Strom I_t wird dadurch linear verringert, weil der Strom I_t , der in der Primärwicklung **7a** fließt, die Summe aus dem Erregungsstrom des Transformators **7** und einem gewandelten Komponentenstrom einnimmt, bei dem es sich um die Komponente handelt, demnach ein in der zweiten Sekundärwicklung **7c** fließender Strom in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **7a** fließt. Die Erregungsenergie wird dadurch sowohl im Transformator **7** wie im Induktanzelement **8c** gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt schaltet die Regelschaltung **9** die ersten und vierten Schaltelemente **3a** und **6a** aus und das zweite Schaltelement **4a** ein. Da die ersten und zweiten Dioden **3b** und **6b** jedoch umgekehrt relativ zur Gleichstromquelle **1** geschaltet sind, wird die Eingangsspannung V_{IN} an die ersten und vierten Dioden **3b** und **6b** in umgekehrter Richtung vorgespannt. Die ersten und vierten Dioden **3b** und **6b** schalten dadurch in den nicht leitenden Zustand, wodurch die ersten und vierten Schalteinheiten **3** und **6** den Schaltbetrieb in keiner Weise beeinträchtigen.

[0065] Daraufhin gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G_3 an das dritte Schaltelement **5a** zu einem Zeitpunkt T_5 aus, so dass das dritte Schaltelement **5a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Hierdurch wird erreicht, dass der Strom I_t , der in der Primärwicklung **7a** fließt, durch die Leckageinduktanz des Transformators **7** kontinuierlich weiterhin fließt. Hierdurch wird die dritte parasitäre Kapazität **5c** geladen und die vierte parasitäre Kapazität **6c** wird entladen. Dadurch wird die an die vierte Schalteinheit **6** angelegte Spannung V_2 allmählich verringert, um zum Zeitpunkt T_6 null zu erreichen, und die vierte Diode **6b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn die vierte Diode **6b** zu diesem Zeitpunkt T_6 den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G_4 an das vierte Schaltelement **6a** aus, so dass das vierte Schaltelement **6a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das vierte Schaltelement **6a** zum Zeitpunkt T_6 ein nach der zweiten Totzeitperiode, die zum Zeitpunkt T_5 gestartet wurde. Wenn zu diesem Zeitpunkt T_6 das vierte Schaltelement **6a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, findet keine Betriebsänderung statt, unabhängig davon, ob der Strom der in der vierten Schalteinheit **6**, in der vierten Diode **6b** oder im vierten Schaltelement **6a** fließt.

[0066] Das zweite Schaltelement **4a** befindet sich zu diesem Zeitpunkt T_6 bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn das vierte Schaltelement **6a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, fließt deshalb der Strom I_t , der in der Primärwicklung **7a** fließt, in dem zweiten Schaltelement **4a** und in dem vierten Schaltelement **6a**. Hierdurch wird die Primärwicklung **7a** kurzge-

geschlossen, so dass die sowohl in der Leckageinduktanz wie in der Erregungsinduktanz des Transformators **7** gespeicherte Energie gehalten wird.

[0067] Wenn die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen wird, fallen die in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** induzierten Spannungen auf null, und die an das Induktanzelement **8c** angelegte Spannung nimmt die inverse Ausgangsspannung relativ zum Glättungskondensator **8d** ein. Hierdurch wird der Strom geteilt und in die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** so fließen gelassen, dass die Erregungsenergie kontinuierlich gehalten wird. Sowohl die erste wie die zweite Gleichrichtungsdiode **8a** und **8b** schalten dadurch in den leitenden Zustand.

[0068] Daraufhin gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G2 an das zweite Schaltelement **4a** zum Zeitpunkt T7 so aus, so dass das zweite Schaltelement **4a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Hierdurch wird die erste parasitäre Kapazität **3c** entladen und die zweite parasitäre Kapazität **4c** wird geladen durch die Energie, die im Transformator **7** gehalten ist. Die Spannung V1, die an die zweite Schalteinheit **4** angelegt ist, wird dadurch allmählich größer und erreicht die Eingangsspannung VIN zu einem Zeitpunkt T8, und die erste Diode **3b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn die erste Diode **3b** zum Zeitpunkt T8 den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G1 an das erste Schaltelement **3a** aus, so dass das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das erste Schaltelement **3a** zum Zeitpunkt T8 ein, nachdem die erste Totzeitperiode zum Zeitpunkt T7 gestartet ist. Wenn das erste Schaltelement **3a** zu diesem Zeitpunkt T8 in den EIN-Schaltzustand schaltet, tritt keine Betriebsänderung auf, unabhängig davon, ob der Strom I1, der in der ersten Schalteinheit **3** fließt, in der ersten Diode **3b** oder im ersten Schaltelement **3a** fließt.

[0069] Das vierte Schaltelement **6a** befindet sich zum Zeitpunkt T8 bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, durchsetzt deshalb der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, das erste Schaltelement **3a** und das vierte Schaltelement **6a**. Die Eingangsspannung VIN wird deshalb an die Primärwicklung **7a** derart angelegt, dass der Strom It in der Primärwicklung **7a** scharf bzw. steil ansteigend größer wird. Wenn daraufhin der Strom It in ausreichender Menge der Primärwicklung **7a** zugeführt wird, wird die zweite Gleichrichtungsdiode **8b** in den nicht leitenden Zustand geschaltet, wodurch die induzierte Spannung (VIN/N) in der ersten Sekundärwicklung **7b** erzeugt wird. Die Spannung $(VIN/N - VOUT)$ wird deshalb an das Induktanzelement **8c** derart angelegt, dass der Strom im Induktanzelement **8c** linear größer

wird. Der Strom It wird linear verringert, weil der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, die Summe aus dem Erregungsstrom des Transformators **7** und einem gewandelten Komponentenstrom einnimmt, bei dem es sich um die Komponente handelt, demnach ein in der ersten Sekundärwicklung **7b** fließender Strom in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **7a** fließt. Die Erregungsenergie wird dadurch sowohl im Transformator **7** wie im Induktanzelement **8c** gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt schaltet die Regelschaltung **9** die zweiten und dritten Schaltelemente **4a** und **5a** aus und die ersten und vierten Schaltelemente **3a** und **6a** ein. Da die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** relativ zur Gleichstromquelle **1** umgekehrt angeschlossen sind, wird die Eingangsspannung VIN an die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** in umgekehrter Richtung vorgespannt. Die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** schalten dadurch in den nicht leitenden Zustand, weshalb die zweiten und dritten Schalteinheiten **4** und **5** den Schaltkreis- bzw. Stromkreisbetrieb nicht beeinträchtigen. Das Schaltnetzteil gemäß dieser Ausführungsform wiederholt daraufhin die vorstehend angeführten Betriebsabläufe.

[0070] Nunmehr wird das Verhältnis der EIN-Schaltperiode zu der AUS-Schaltperiode von jeder der ersten und vierten Schalteinheiten **3-6** in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform erläutert.

[0071] In der nachfolgenden Erläuterung wird vorausgesetzt, dass die EIN-Schaltperiode TON sowohl in der ersten wie der zweiten Schalteinheit **3** und **5** gleich ist. Ferner wird vorausgesetzt, dass die AUS-Schaltperiode TOFF zwischen dem Zustand, wenn sich die erste Schalteinheit **3** im AUS-Schaltzustand befindet, und dem Zustand, wenn sich die dritte Schalteinheit **5** im EIN-Schaltzustand gleich der AUS-Schaltperiode TOFF zwischen dem Zustand ist, wenn sich die dritte Schalteinheit **5** im AUS-Schaltzustand befindet, und wenn sich die vierte Schalteinheit **4** im EIN-Schaltzustand befindet. Ferner wird angenommen, dass die erste Totzeitperiode $(T1 - T2, T2 - T8)$ und die zweite Totzeitperiode $(T3 - T4, T5 - T6)$ den Betrieb der zweiten und vierten Schalteinheiten **4** und **6** in keiner Weise beeinträchtigen, weil diese Perioden kurz sind.

[0072] Die nachfolgende Gleichung (1) ergibt sich aus der Rücksetzbedingung des Induktanzelements **8c**.

$$(VIN/N - VOUT) \times TON = VOUT \times TOFF \quad (1)$$

[0073] Unter Verwendung der nachstehend genannten Gleichung (2) kann die Gleichung (1) in die Gleichung (3) wie folgt geändert werden.

$$\delta = TON / (TON + TOFF) \quad (2)$$

$$V_{OUT} = \delta \times V_{IN/N} \quad (3)$$

[0074] Wie aus den Gleichung (2) und (3) hervorgeht, kann in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform die Ausgangsspannung V_{OUT} geregelt werden durch Einstellen des Verhältnisses der EIN-Schaltperiode zu der AUS-Schaltperiode von jeder der ersten und dritten Schalteinheiten **3** und **5**. In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform wird die Eingangsspannung V_{IN} in die Ausgangsspannung V_{OUT} gewandelt, wie in der Gleichung (3) gezeigt, unter Verwendung derselben Wandlungsgleichung wie im Falle des herkömmlichen Vollbrückenstromrichters. In diesem Fall ist die Ausgangsspannung V_{OUT} niedriger als die herkömmliche Spannung, wenn die ersten und die zweiten Totzeitperioden in Betracht gezogen werden. In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform kann jedoch eine vorbestimmte Ausgangsspannung V_{OUT} erzielt werden durch Vergrößern des in der Gleichung (2) gezeigten δ -Wertes.

[0075] In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform regelt die Regelschaltung **9** außerdem derart, dass der EIN-Schaltzustand und der AUS-Schaltzustand zum Wählen der Zeitabläufe bzw. Takte der ersten Schalteinheit **3** um einen halben Schaltzyklus verschoben sind, ausgehend von den EIN-Schaltzustand- und AUS-Schaltzustand-Einstelltakten bzw. -Zeitverläufen der dritten Schalteinheit **5**. Insbesondere regelt die Regelschaltung **9** die Schaltvorgänge der ersten und dritten Schalteinheiten **3** und **5** derart, dass die Periode zwischen T_0 und T_8 doppelt so groß wird wie die Periode zwischen T_0 und T_4 , wie in [Fig. 2](#) gezeigt. Die Eingangsspannung V_{IN} wird deshalb der Primärwicklung **7a** mit gleichen Intervallen so zugeführt, dass V_{IN} bei der Zufuhr abwechselnd umgekehrt wird. Hierdurch kann in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform die induzierte Spannung in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** in gut ausgeglichener Weise erzeugt werden.

[0076] Wie vorstehend erläutert, regelt in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform die Regelschaltung **9** die ersten und vierten Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** derart, dass die Kurzschlusszeitperiode, in der die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen ist, zwischen den ersten und zweiten Kurzschlussperioden zu liegen kommt. Dadurch kann die in der Leckageinduktanz und der Erregungsinduktanz des Transformators **7** während der Kurzschlusszeitperiode der Primärwicklung **7a** gespeicherte Energie gehalten werden. Ferner kann jede der ersten bis vierten parasitären Kapazitäten **3c**, **4c**, **5c** und **6c** durch die Energie geladen und entladen werden, die gespeichert wurde, bevor sich die entsprechenden Schaltelemente **3a**, **4a**, **5a** und **6a** im EIN-Schaltzustand befanden. Das Schaltnetzteil dieser Ausführungsform vermag deshalb die Ausbildung eines stoßartigen Kurzschlussstroms (Stoßstroms) zu re-

duzieren, wodurch der Wirkungsgrad verbessert wird und das Entstehen von Geräusch unterdrückt wird.

[0077] Ferner kann in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform die Stoßspannung, die durch die Leckageinduktanz des Transformators **7** hervorgerufen wird, in wirksamer Weise blockiert werden, wenn sich die ersten und zweiten Schaltelemente **3a** und **4a** im AUS-Schaltzustand befinden durch Einschalten der zweiten und ersten Dioden **4b** und **3b**. Dadurch wird verhindert, dass die Stoßspannung an die Primärwicklung **7a** angelegt wird. In ähnlicher Weise kann in dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform die Stoßspannung i in wirksamer Weise blockiert werden, die hervorgerufen ist durch die Leckageinduktanz des Transformators **7**, wenn sich die dritten und vierten Schaltelemente **5a** und **6a** im AUS-Schaltzustand befinden durch Einschalten der vierten und dritten Dioden **6b** und **5b**. Dadurch wird verhindert, dass die Stoßspannung an die Primärwicklung **7a** angelegt wird. Das Schaltnetzteil in dieser Ausführungsform kann dadurch verhindern, dass die Stoßspannung in der Ausgangsspannung V_{OUT} erzeugt wird.

[0078] Wie vorstehend erläutert, wird jede der ersten bis vierten parasitären Kapazitäten **3c**, **4c**, **5c** und **6c** durch die Energie geladen und entladen, die in der Leckageinduktanz des Transformators **7** gespeichert ist. Dadurch kann das Induktanzelement mit der Primärwicklung **7a** oder der ersten Sekundärwicklung **7b** des Transformators **7** in Reihe geschaltet werden, wodurch die Entladeenergie von jeder der parasitären Kapazitäten **3c**, **4c**, **5c** und **6c** vergrößert wird. Dadurch kann der Induktanzwert des Transformators **7** verringert werden und der Transformator kann in entgegengesetzter Richtung erregt werden, und dadurch kann die Entladung der ersten und zweiten parasitären Kapazitäten **3c** und **4c** und der verteilten Kapazität des Transformators **7** gefördert werden.

[0079] Die Eingangsspannung V_{IN} ist die maximale Spannung, die an jede der Schalteinheiten **3–6** angelegt ist. Der Transformator **7** wird für eine Gleichspannung nicht in einer Richtung erregt. Folglich ist ein Schaltnetzteil dieser Ausführungsform mit hohem Wirkungsgrad, geringem Geräusch und hoher Schaltfrequenz realisierbar.

«Zweite Ausführungsform»

[0080] [Fig. 3](#) zeigt ein Wellenformdiagramm einer Impulswellenform von jedem Steuersignal und Spannungs- und Stromwellenformen unter der Betriebsbedingung eines Schaltnetzteils in einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

[0081] In dem Schaltnetzteil dieser Ausführungsform werden die ersten und dritten Schaltelemente derart gesteuert bzw. geregelt, dass eine Zeitperiode, in der sich die ersten und dritten Schaltelemente im

EIN-Schaltzustand befinden, zwischen den ersten und zweiten Totzeitperioden zu liegen kommt. Die übrigen Elemente und Abschnitte sind ähnlich wie diejenigen der ersten Ausführungsform und werden nicht erläutert.

[0082] In (a) bis (d) von [Fig. 3](#) bezeichnen die Impulswellenformen die Regelsignale G1 – G4. Eine Spannung V1 in (e) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform einer an die zweite Schalteinheit 4 angelegten Spannung. Eine Spannung V2 in (f) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform einer an die vierte Schalteinheit 6 angelegten Spannung. Eine Spannung Vt in (g) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform einer an die Primärwicklung 7a angelegten Spannung. Der Strom It in (h) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform eines in der Primärwicklung 7a fließenden Stroms. Ein Strom I1 in (i) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform eines Stroms, der in der ersten Schalteinheit 3 fließt. Ein Strom I2 in (j) von [Fig. 3](#) bezeichnet die Wellenform eines Stroms, der in der zweiten Schalteinheit 4 fließt. In (a) bis (j) von [Fig. 2](#) ist auf der Abszisse die Zeit aufgetragen. In (a) bis (j) von [Fig. 2](#) sind die jeweiligen Wellenformen mit ihren Zeit- bzw. Zeitverlaufspositionen (durch vertikale durchbrochene Linien gezeigt) in Übereinstimmung mit einander dargestellt.

[0083] Die Arbeitsweise des Schaltnetzteils wird nunmehr unter Bezug auf [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) erläutert.

[0084] Die Regelschaltung 9 gibt das Regelsignal G4 an das vierte Schaltelement 6a zu einem Zeitpunkt T0' in [Fig. 3](#) aus, so dass das vierte Schaltelement 6a in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Da sich zu diesem Zeitpunkt das erste Schaltelement 3a bereits im EIN-Schaltzustand befindet, wird die Eingangsspannung VIN der Primärwicklung 7a von der Gleichstromquelle 1 zugeführt. Hierdurch wird die induzierte Spannung (VIN/N) in der ersten Sekundärwicklung 7b erzeugt und dadurch wird die erste Gleichrichtungsdiode 8a in den leitenden Zustand geschaltet. Zu diesem Zeitpunkt wird die Ausgangsspannung VOUT an das Induktanzelement 8c von dem Glättungskondensator 8d angelegt. Eine Spannung (VIN/N – VOUT) wird deshalb an das Induktanzelement 8c angelegt. Ein in dem Induktanzelement 8c fließender Strom wird dadurch linear erhöht.

[0085] Der in der Primärwicklung 7a fließende Strom It ist die Summe aus einem Erregungsstrom des Transformators 7 und einem gewandelten Komponentenstrom, wobei es sich hier um die Komponente handelt, demnach der Strom, der in der ersten Sekundärwicklung 7b fließt, in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung 7a fließt. Folglich wird der vorstehend genannte Strom linear erhöht, wie in (h) von [Fig. 3](#) gezeigt. Die Erregungsenergie wird dadurch sowohl im Transformator 7 wie im Induktanzelement 8c gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt

schaltet die Regelschaltung 9 sowohl das zweite wie das dritte Schaltelement 4a und 5a aus und die ersten und vierten Schaltelemente 3a und 6a ein. Da die zweiten und dritten Dioden 5b und 6b relativ zur Gleichstromquelle 1 umgekehrt bzw. entgegengesetzt geschaltet sind, wird jedoch die Eingangsspannung VIN an die zweiten und dritten Dioden 5b und 6b in umgekehrter Richtung vorgespannt. Die zweiten und dritten Dioden 5b und 6b werden dadurch in den nicht leitenden Zustand geschaltet, wodurch die zweiten und dritten Schalteinheiten 4 und 5 den Schaltungs- bzw. Schaltkreisbetrieb nicht beeinflussen bzw. beeinträchtigen.

[0086] Daraufhin gibt die Regelschaltung 9 das Regelsignal G4 an das vierte Schaltelement 6a zu einem Zeitpunkt T1' aus, so dass das vierte Schaltelement 6a in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Zu diesem Zeitpunkt fließt der Strom It, der in der Primärwicklung 7a fließt, weiterhin, beeinflusst durch die Leckageinduktanz des Transformators 7, in kontinuierlicher Weise. Die vierte parasitäre Kapazität 6c wird dadurch geladen und die dritte zweite parasitäre Kapazität 5c wird entladen. Die an die vierte Schalteinheit 6 abgelegte Spannung V2 wird dadurch allmählich vergrößert und erreicht zum Zeitpunkt T2' die Eingangsspannung VIN, und die dritte Diode 5b wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn die dritte Diode 5b zu diesem Zeitpunkt T2' den leitenden Zustand erreicht, gibt die Regelschaltung 9 das Regelsignal G3 an das dritte Schaltelement 5a aus, so dass das dritte Schaltelement 5a in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung 9 schaltet das dritte Schaltelement 5a zum Zeitpunkt T2' ein, nachdem die zweite Totzeitperiode zum Zeitpunkt T1' gestartet ist. Wenn die Regelschaltung 9 das dritte Schaltelement 5a zu diesem Zeitpunkt T2' einschaltet, tritt unabhängig davon keine Betriebsänderung auf, ob der in der dritten Schalteinheit 5 fließende Strom in der dritten Diode 5b oder im dritten Schaltelement 5a fließt.

[0087] Das erste Schaltelement 3a befindet sich zu diesem Zeitpunkt T2' bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn die dritte Diode 5b in den leitenden Zustand schaltet und das dritte Schaltelement 5a in den EIN-Schaltzustand schaltet, durchsetzt deshalb der Strom It, der in der Primärwicklung 7a fließt, das erste Schaltelement 3a und die dritte Diode 5b oder das dritte Schaltelement 5a. Die Primärwicklung 7a ist deshalb kurzgeschlossen, so dass die sowohl in der Leckageinduktanz wie in der Erregungsinduktanz des Transformators 7 gespeicherte Energie gehalten wird.

[0088] Wenn die Primärwicklung 7a kurzgeschlossen ist, fallen die in den ersten und zweiten Wicklungen 7b und 7c induzierten Spannungen auf null, und die an das Induktanzelement 8c angelegte Spannung wird zu einer inversen Ausgangsspannung

VOUT relativ zu dem Glättungskondensator **8d**. Dadurch wird ein Strom unterteilt und in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** so zum Fließen gebracht, dass die Erregungsenergie kontinuierlich gehalten wird. Sowohl die erste wie die zweite Gleichrichtungsdiode **8a** und **8b** werden dadurch in den leitenden Zustand geschaltet.

[0089] Daraufhin gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G1 an das erste Schaltelement **3a** zu einem Zeitpunkt T3' aus, so dass das erste Schaltelement **3a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Die zweite parasitäre Kapazität **4c** wird hierdurch entladen und die erste parasitäre Kapazität **3c** wird geladen durch die Energie, die im Transformator **7** gehalten ist. Die an die zweite Schalteinheit **3** angelegte Spannung V1 nimmt dadurch allmählich ab und erreicht zum Zeitpunkt T4' null, und die zweite Diode **4b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn diese zweite Diode **4b** zum Zeitpunkt T4' den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G2 an das zweite Schaltelement **4a** derart aus, dass das zweite Schaltelement **4a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird.

[0090] Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das zweite Schaltelement **4a** zum Zeitpunkt T4' ein, nachdem die zweite Totzeitperiode zum Zeitpunkt T3' gestartet ist. Wenn das zweite Schaltelement **4a** zu diesem Zeitpunkt T4' in den EIN-Schaltzustand schaltet, tritt keinerlei Betriebsänderung auf, unabhängig davon, ob der in der zweiten Schalteinheit **4** fließende Strom in der zweiten Diode **4b** oder in dem zweiten Schaltelement **4a** fließt.

[0091] Das dritte Schaltelement **5a** befindet sich zum Zeitpunkt T4' bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn das zweite Schaltelement **4a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird, durchsetzt der in der Primärwicklung **7a** fließende Strom It deshalb die zweiten und dritten Schaltelemente **4a** und **5a**. Die inverse Eingangsspannung ($-V_{IN}$) wird dadurch an die Primärwicklung **7a** angelegt, und dadurch wird der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, scharf bzw. steil reduziert. Daraufhin wird der inverse Strom ausreichend der Primärwicklung **7a** zugeführt, woraufhin die erste Gleichrichtungsdiode **8a** in den nicht leitenden Zustand schaltet und die induzierte Spannung (V_{IN}/N) wird in der zweiten Sekundärwicklung **7c** erzeugt wird. Die Spannung ($V_{IN}/N - V_{OUT}$) wird hierdurch an das Induktanzelement **8c** angelegt und dadurch wird der im Induktanzelement **8c** fließende Strom linear erhöht. Der Strom It wird linear verringert, weil der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, die Summe aus dem Erregungsstrom des Transformators **7** und einem gewandelten Komponentenstrom einnimmt, bei dem es sich um die Komponente handelt, demnach ein in der zweiten Sekundärwicklung **7c** fließender Strom in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung **7a** fließt.

Dadurch wird die Erregungsenergie sowohl im Transformator **7** wie im Induktanzelement **8c** gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt schaltet die Regelschaltung **9** die ersten und vierten Schaltelemente **3a** und **6a** aus und das zweite Schaltelement **4a** ein. Da die ersten und vierten Dioden **3b** und **6b** relativ zur Gleichstromquelle **1** entgegengesetzt bzw. umgekehrt angeschlossen sind, wird die Eingangsspannung V_{IN} an die ersten und vierten Dioden **3b** und **6b** in umgekehrter bzw. entgegengesetzter Richtung vorgespannt. Die ersten und vierten Dioden **3b** und **6b** schalten deshalb in den leitenden Zustand, wodurch die ersten und vierten Schalteinheiten **3** und **6** den Schaltungs- bzw. Stromkreisbetrieb nicht beeinträchtigen.

[0092] Daraufhin gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G2 an das zweite Schaltelement **4a** zu einem Zeitpunkt T5' derart aus, dass das zweite Schaltelement **4a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, fließt deshalb weiterhin beeinflusst durch die Leckageinduktanz des Transformators **7** in kontinuierlicher Weise.

[0093] Die zweite parasitäre Kapazität **4c** wird folglich geladen und die erste parasitäre Kapazität **3c** wird entladen. Die an die zweite Schalteinheit **4** angelegte Spannung V1 wird dadurch allmählich vergrößert und erreicht die Eingangsspannung V_{IN} zu einem Zeitpunkt T6', und die erste Diode **3b** schaltet in den leitenden Zustand. Wenn die erste Diode **3b** zu diesem Zeitpunkt T6' den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G1 an das erste Schaltelement **3a** aus, dass das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das erste Schaltelement **3a** zum Zeitpunkt T6' ein, nachdem die erste Totzeitperiode zum Zeitpunkt T5' gestartet ist. Wenn zu diesem Zeitpunkt T6' das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, tritt keine Betriebsänderung auf, unabhängig davon, ob der in der ersten Schalteinheit **3** fließende Strom in der ersten Diode **3b** oder in dem ersten Schaltelement **3a** fließt.

[0094] Das dritte Schaltelement **5a** befindet sich zu diesem Zeitpunkt T6' bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn das erste Schaltelement **3a** in den EIN-Schaltzustand schaltet, fließt deshalb der in der Primärwicklung **7a** fließende Strom It in dem ersten Schaltelement **3a** und in dem dritten Schaltelement **5a**. Hierdurch wird die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen, so dass die sowohl in der Leckageinduktanz wie in der Erregungsinduktanz des Transformators **7** gespeicherte Energie gehalten wird.

[0095] Wenn die Primärwicklung **7a** kurzgeschlossen ist, fallen die induzierten Spannungen, die in den ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c**

erzeugt werden, auf null, und die an das Induktanzelement **8c** angelegte Spannung nimmt die inverse Eingangsspannung relativ zum Glättungskondensator **8d** ein. Der Strom wird hierdurch geteilt und in die ersten und zweiten Sekundärwicklungen **7b** und **7c** derart fließen gelassen, dass die Erregungsenergie kontinuierlich gehalten wird. Sowohl die erste wie die zweite Gleichrichtungsdiode **8a** und **8b** schalten in den leitenden Zustand.

[0096] Darauf gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G3 an das dritte Schaltelement **5a** zum Zeitpunkt T7' derart aus, dass das dritte Schaltelement **5a** in den AUS-Schaltzustand geschaltet wird. Die vierte parasitäre Kapazität **6c** wird dadurch entladen und die dritte parasitäre Kapazität **5c** wird geladen durch die Energie, die im Transformator **7** gehalten ist. Die Spannung V2, die an die vierte Schalteinheit **6** angelegt ist, nimmt dadurch allmählich ab und erreicht null zu einem Zeitpunkt T8', und die vierte Diode **6b** wird in den leitenden Zustand geschaltet. Wenn die vierte Diode **6b** zum Zeitpunkt T8' den leitenden Zustand einnimmt, gibt die Regelschaltung **9** das Regelsignal G4 an das vierte Schaltelement **6a** derart aus, dass das vierte Schaltelement **6a** in den EIN-Schaltzustand geschaltet wird. Das heißt, die Regelschaltung **9** schaltet das vierte Schaltelement **6a** zum Zeitpunkt T8' ein, nachdem die zweite Totzeitperiode zum Zeitpunkt T7' gestartet ist. Wenn das vierte Schaltelement **6a** zu diesem Zeitpunkt T8' in den EIN-Schaltzustand schaltet, findet keine Betriebsänderung statt, unabhängig davon, ob der in der vierten Schalteinheit **6** fließende Strom in der vierten Diode **6b** oder in dem vierten Schaltelement **6a** fließt.

[0097] Das erste Schaltelement **3a** befindet sich zum Zeitpunkt T8' bereits im EIN-Schaltzustand. Wenn sich deshalb das vierte Schaltelement **6a** im EIN-Schaltzustand befindet, durchsetzt der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, das erste Schaltelement **3a** und das vierte Schaltelement **6a**. Die Eingangsspannung VIN wird dadurch an die Primärwicklung **7a** derart angelegt, dass der in der Primärwicklung **7a** fließende Strom scharf erhöht wird. Wenn daraufhin der Strom It ausreichend der Primärwicklung **7a** zugeführt wird, wird die zweite Gleichrichtungsdiode **8b** in den nicht leitenden Zustand geschaltet und dadurch wird die induzierte Spannung (VIN/N) in der ersten Sekundärwicklung **7b** erzeugt. Die Spannung (VIN/N – VOUT) wird deshalb an das Induktanzelement **8c** so angelegt, dass der Strom in dem Induktanzelement **8c** linear erhöht wird. Der Strom It wird deshalb linear verringert, weil der Strom It, der in der Primärwicklung **7a** fließt, die Summe aus dem Erregungsstrom des Transformators **7** und einem gewandelten Komponentenstrom einnimmt, bei dem es sich um die Komponente handelt, demnach ein in der ersten Sekundärwicklung **7b** fließender Strom in den Strom gewandelt wird, der durch die Primärwicklung

7a fließt. Die Erregungsenergie wird dadurch sowohl im Transformator **7** wie im Induktanzelement **8c** gespeichert. Zu diesem Zeitpunkt schaltet die Regelschaltung **9** die zweiten und dritten Schaltelemente **4a** und **5a** aus und die ersten und vierten Schaltelement **3a** und **6a** ein. Da die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** relativ zur Gleichstromquelle **1** umgekehrt bzw. entgegengesetzt geschaltet sind, wird jedoch die Eingangsspannung VIN an die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** entgegengesetzt bzw. umgekehrt vorgespannt. Die zweiten und dritten Dioden **4b** und **5b** schalten deshalb in den nicht leitenden Zustand und dadurch beeinflussen die zweiten und dritten Schalteinheiten **4** und **5** den Schaltungsbetrieb nicht. Daraufhin wiederholt das Schaltnetzteil gemäß dieser Ausführungsform die vorstehend angeführten Betriebsabläufe.

[0098] Durch die vorstehenden Betriebsabläufe vermag das Schaltnetzteil in dieser Ausführungsform dieselbe Wirkung zu erzielen wie dasjenige in der ersten Ausführungsform.

[0099] Obwohl die vorliegende Erfindung im Hinblick auf die aktuell bevorzugten Ausführungsformen erläutert wurde, wird bemerkt, dass diese Offenbarung nicht als beschränkend anzusehen ist. Verschiedene Abwandlungen und Modifikationen erschließen sich dem Fachmann auf diesem Gebiet der Technik, an den sich die vorliegende Erfindung wendet, nachdem dieser die vorstehend genannte Offenbarung gelesen hat. Die anliegenden Ansprüche sind deshalb als sämtliche Abwandlungen und Modifikationen abdeckend anzusehen, die in den Umfang der Erfindung fallen.

Patentansprüche

1. Schaltnetzteil, aufweisend:

Erste und zweite Schalteinheiten (**3**, **4**), die in Bezug aufeinander und mit einer Gleichstromquelle (**1**) in Reihe geschaltet sind,
 dritte und vierte Schalteinheiten (**5**, **6**), die in Bezug aufeinander und mit der Gleichstromquelle (**1**) in Reihe geschaltet sind,
 einen Transformator (**7**) mit einer Primärwicklung (**7a**), die zwischen einen Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Schalteinheiten (**3**, **4**) und einen Verbindungspunkt zwischen den dritten und vierten Schalteinheiten (**5**, **6**) geschaltet ist und Energie speichert zum Entladen einer parasitären Kapazität der ersten bis vierten Schalteinheiten (**3** bis **6**), und eine Regeleinheit (**9**), die den Betrieb von jeder der ersten bis vierten Schalteinheiten (**3** bis **6**) derart regelt, dass sich die ersten und zweiten Schalteinheiten (**3**, **4**) komplementär in einem EIN-Schaltzustand befinden nach einer ersten vorbestimmten Totzeitperiode, in der die ersten und zweiten Schalteinheiten (**3**, **4**) beide sich in einem AUS-Schaltzustand befinden, wobei sich die dritten und vierten Schalteinheiten (**5**,

6) komplementär in einem EIN-Schaltzustand befinden nach einer zweiten vorbestimmten Totzeitperiode, in der die dritten und vierten Schalteinheiten (**5a**, **6a**) sich beide im AUS-Schaltzustand befinden, und die ersten bis vierten Schalteinheiten (**3** bis **6**) so geregelt werden, dass sie die Primärwicklung (**7a**) kurzschließen, die in den Perioden zwischen der ersten Totzeit und der zweiten Totzeit kurzgeschlossen ist, und die in den Transformator (**7**) gespeicherte Energie in der Kurzschlusszeitperiode gehalten ist, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Ausgangsspannung (Vout) des Schaltnetzteils geregelt wird durch Einstellen des Verhältnisses der EIN-Schaltperiode zur AUS-Schaltperiode von jeder der ersten und dritten Schalteinheiten (**3**, **5**), so dass die EIN-Schalt- und AUS-Schalt-Zustandswahlzeitpunkte der ersten Schalteinheit (**3**) um einen halben Schaltzyklus verschoben sind ausgehend von den EIN-Schaltzustand- und AUS-Schaltzustand-Wahlzeitpunkten der dritten Schalteinheit (**5**).

2. Schaltnetzteil nach Anspruch 1, wobei die zweiten und vierten Schalteinheiten (**4**, **6**) derart in den EIN-Schaltzustand geregelt werden, dass die Primärwicklung kurzgeschlossen ist.

3. Schaltnetzteil nach Anspruch 1, wobei die ersten und dritten Schalteinheiten (**3**, **5**) derart in den EIN-Schaltzustand geregelt werden, dass die Primärwicklung kurzgeschlossen ist.

4. Schaltnetzteil nach Anspruch 3, wobei jede der ersten bis vierten Schalteinheiten mit einem Schaltelement (**3a**, **4a**, **5a** oder **6a**) und einer Diode (**3b**, **4b**, **5b** oder **6b**) konfiguriert ist, die parallel zu dem Schaltelement so geschaltet ist, dass sie in umgekehrter Richtung für die Gleichstromquelle angeschlossen ist.

5. Schaltnetzteil nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei jede der ersten bis vierten Schalteinheiten (**3** bis **6**) aus einem MOSFET besteht.

6. Verfahren zum Regeln eines Schaltnetzteils, aufweisend erste und zweite Schalteinheiten (**3**, **4**), die in Bezug aufeinander und zu einer Gleichstromquelle in Reihe geschaltet sind, dritte und vierte Schalteinheiten (**5**, **6**), die in Bezug aufeinander und zu der Gleichstromquelle in Reihe geschaltet sind, und einen Transformator mit einer Primärwicklung, die zwischen einen Verbindungspunkt zwischen den ersten und zweiten Schalteinheiten und einen Verbindungspunkt zwischen den dritten und vierten Schalteinheiten geschaltet ist, wobei das Verfahren die Schritte aufweist

Regeln der ersten und zweiten Schalteinheiten (**3**, **4**) derart, dass sich die ersten und zweiten Schalteinheiten sich komplementär in einem EIN-Schaltzustand befinden nach einer ersten vorbestimmten Totzeitperiode, in der sich die ersten und zweiten Schalteinhei-

ten beide in einem AUS-Schaltzustand befinden, Regeln der dritten und vierten Schalteinheiten (**5**, **6**) derart, dass sich die dritten und vierten Schalteinheiten komplementär in dem EIN-Schaltzustand befinden nach einer zweiten vorbestimmten Totzeitperiode, in der sich die dritten und vierten Schalteinheiten (**5**, **6**) beide im AUS-Schaltzustand befinden, und Kurzschließen der Primärwicklung (**7a**) während der Perioden zwischen der ersten Totzeit und der zweiten Totzeit, gekennzeichnet durch Steuern der Ausgangsspannung (Vout) des Schaltnetzteils durch Einstellen des Verhältnisses der EIN-Schaltperiode und der AUS-Schaltperiode von jeder der ersten und dritten Schalteinheiten (**3**, **5**) derart, dass die EIN-Schalt- und AUS-Schalt-Zustandswahlzeitpunkte der ersten Schalteinheit (**3**) um einen halben Schaltzyklus verschoben sind ausgehend von den EIN-Schaltzustand- und AUS-Schaltzustand-Wahlzeitpunkten der dritten Schalteinheit (**5**).

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

FIG . 1

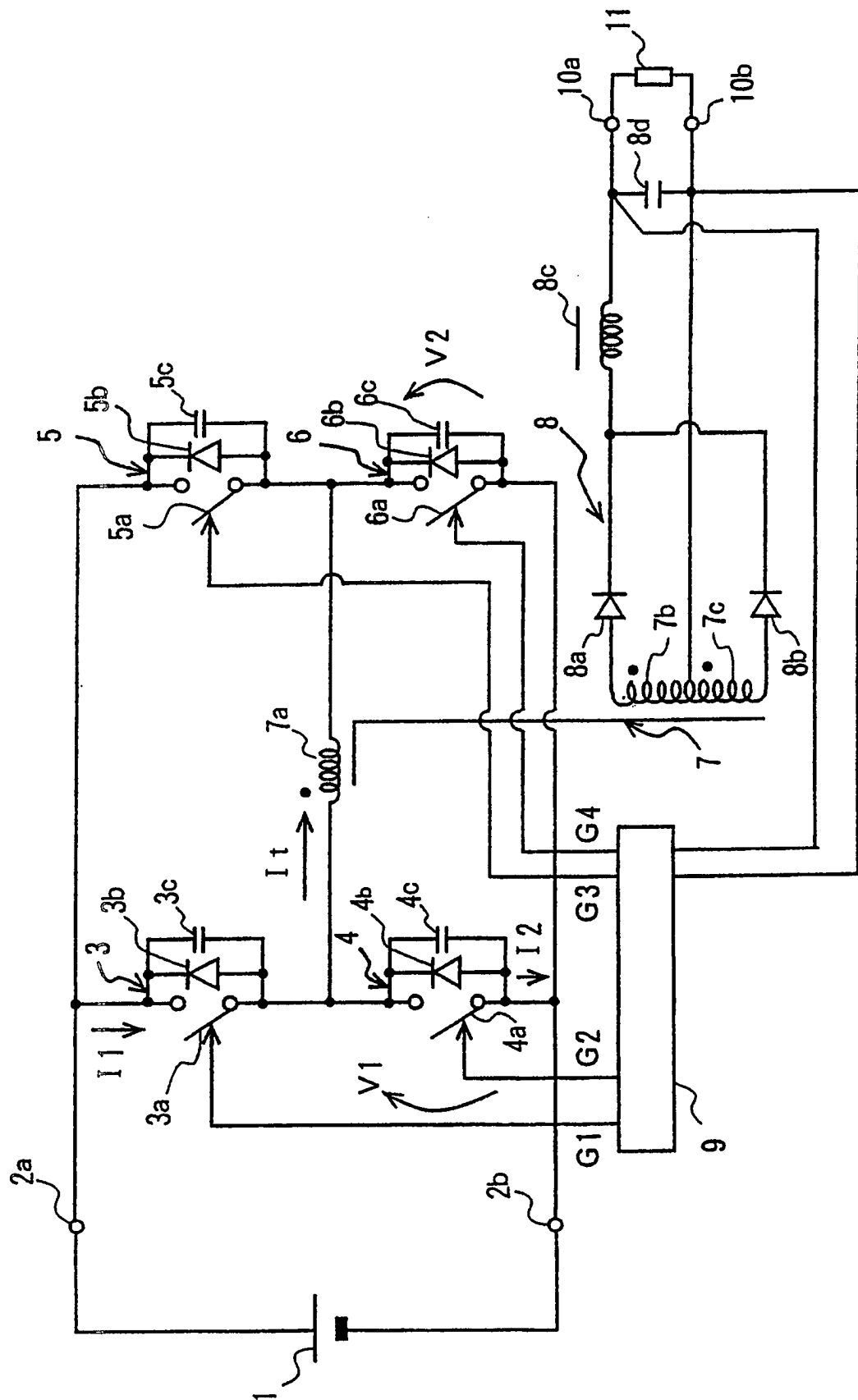


FIG. 2

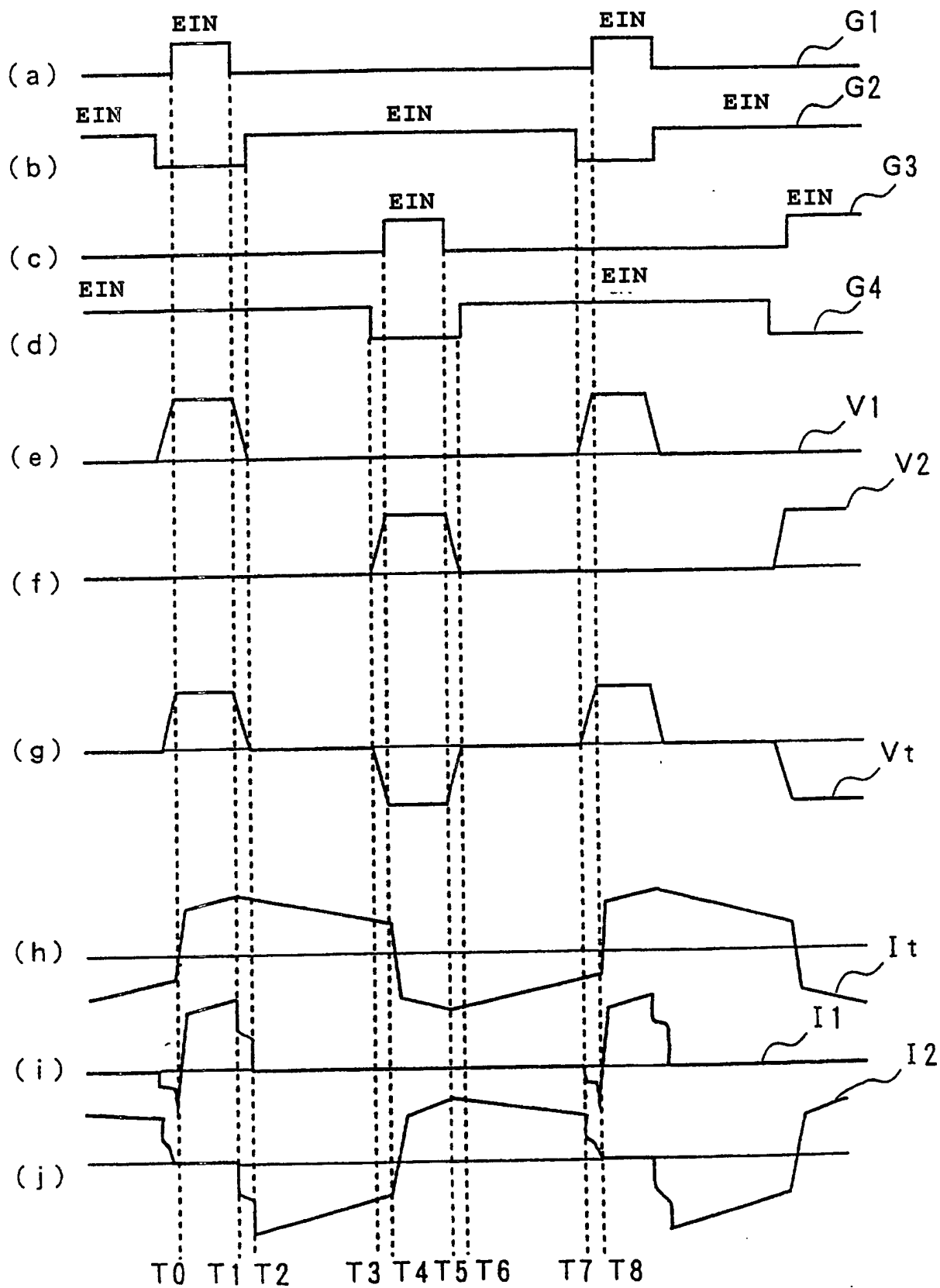


FIG. 3

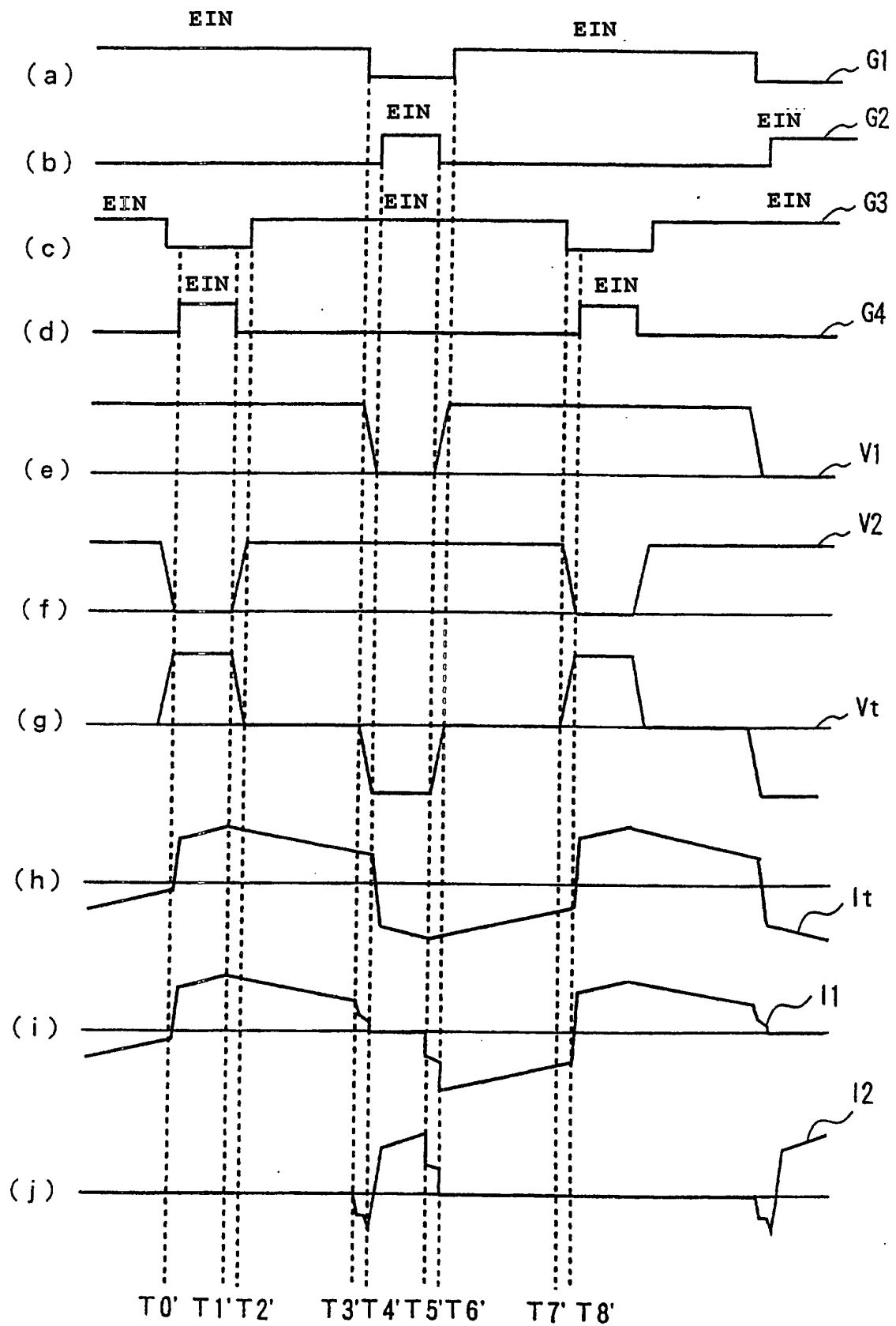


FIG. 4 (STAND DER TECHNIK)

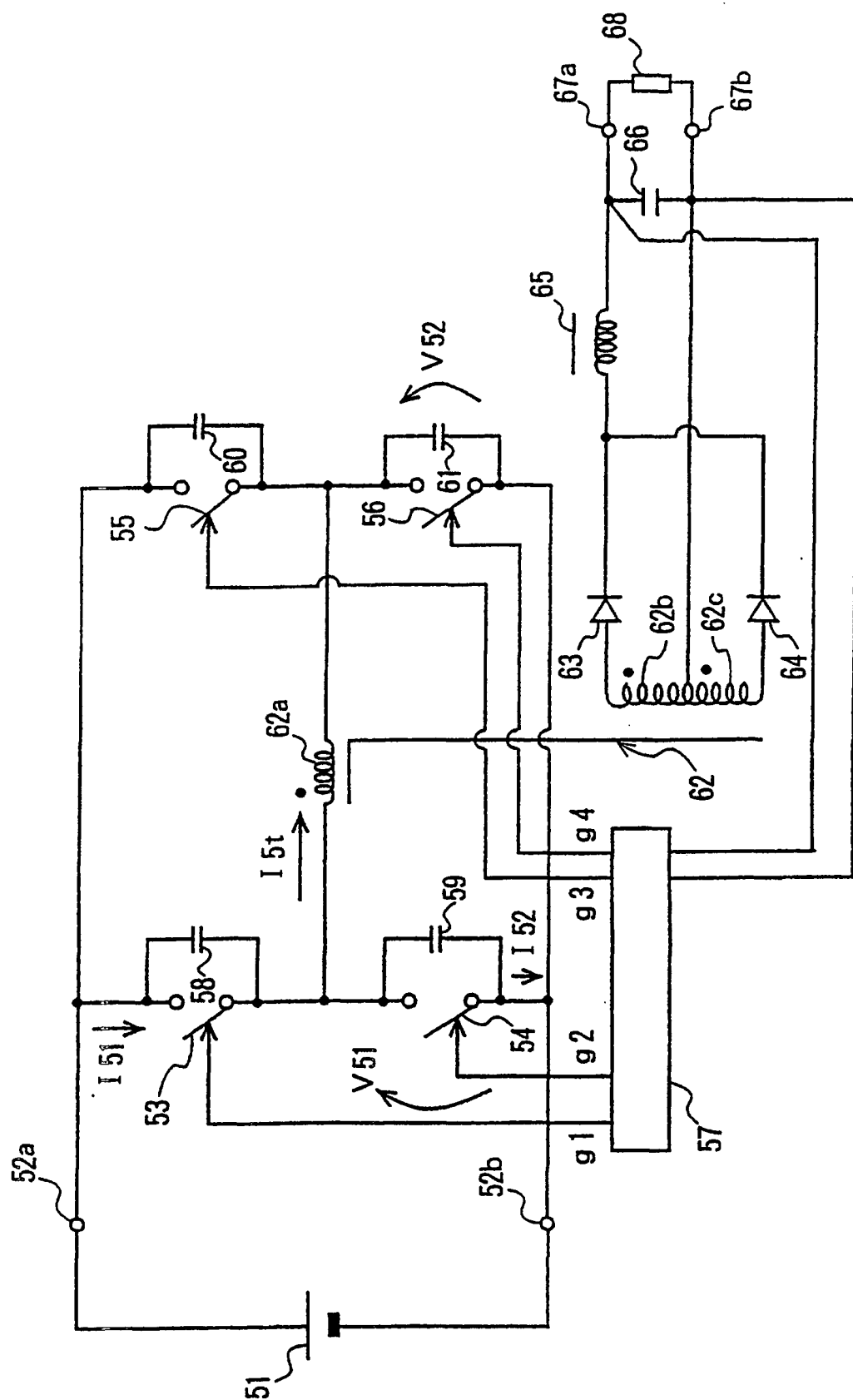


FIG. 5 (STAND DER TECHNIK)

