



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2005 045 552 B4 2008.04.17

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2005 045 552.2

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: H02M 1/12 (2006.01)

(22) Anmelddatum: 23.09.2005

(43) Offenlegungstag: 12.04.2007

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17.04.2008

Innerhalb von drei Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 2 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Siemens AG, 80333 München, DE**

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

DE 41 35 680 A1

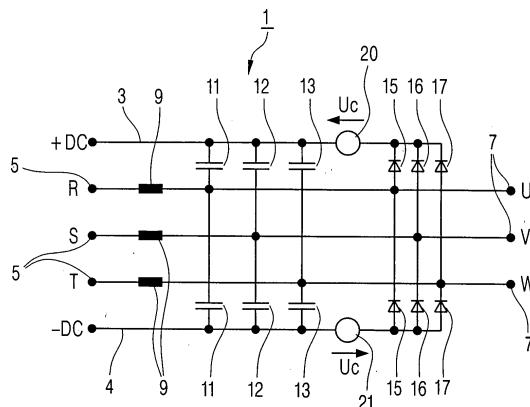
DE 93 07 806 U1

EP 04 73 192 A2

(72) Erfinder:  
**Bauer, Franz, Dr., 91074 Herzogenaurach, DE**

### (54) Bezeichnung: Schaltungsanordnung

(57) Hauptanspruch: Schaltungsanordnung zur Vermeidung von Spannungsund/oder Stromspitzen in den Ausgangsleitungen eines Gleichspannungszwischenkreis gespeisten Umrichters, wobei die Ausgangsklemmen (5) des Umrichters jeweils über eine Induktivität (9) geführt und jeweils über einen Kondensator (11, 12, 13) und über eine zum Kondensator (11, 12, 13) parallel und bezüglich des Potenzials des Gleichspannungs-Zwischenkreises in Sperrrichtung geschaltete Diode (15, 16, 17) an das positive und an das negative Zwischenkreispotenzial angeschlossen sind, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen die Diode (15, 16, 17) und dem Zwischenkreispotenzial jeweils eine das Zwischenkreispotenzial betragsmäßig erhörende Gleichspannungsquelle (20, 21) eingeschaltet ist, und dass eine Rückspeiseschaltung (36) zur Einspeisung der in den Induktivitäten (9) zwischengespeicherten Energie in den Gleichspannungs-Zwischenkreis vorgesehen ist, wobei die Rückspeiseschaltung (36) mittels eines Brückenzweiges realisiert ist.



## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Schaltungsanordnung zur Vermeidung von Spannungs- und/oder Stromspitzen in den Ausgangsleitungen eines Umrichters.

**[0002]** Ein Gleichspannungzwischenkreis gespeister Umrichter erzeugt durch intelligentes Zerhacken aus der Gleichspannung des Zwischenkreises eine Wechselspannung, wie sie zur Drehzahlsteuerung einer Drehfeldmaschine wie beispielsweise einem Elektromotor benötigt wird. Hierzu weist der Umrichter je nach Anzahl der von der Drehfeldmaschine benötigten Wechselspannungsphasen eine Anzahl von Funktionsbaugruppen auf, die einen steuerbaren Leistungshalbleiter und eine ihn überbrückende parallel geschaltete Freilaufdiode umfassen. In einer bekannten Schaltungsvariante sind jeweils zwei dieser Funktionsbaugruppen in Serie zwischen die Potenziale des Gleichspannungzwischenkreises geschaltet. Die von einer Drehfeldmaschine benötigte Ausgangsspannung wird in dieser Variante zwischen den Funktionsbaugruppen entnommen. Auf diese Weise fließt eine positive Halbwelle des Ausgangs- oder Verbraucherstroms durch den einen und eine negative Halbwelle durch den anderen Leistungshalbleiter bzw. durch die entsprechenden Freilaufdioden.

**[0003]** Als steuerbare Leistungshalbleiter für einen derartigen Umrichter haben sich heute Feldeffekt-Transistoren und insbesondere so genannte Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT's) durchgesetzt. Ein IGBT vereinigt dabei die Vorteile eines Feldeffekt-Transistors und eines Bipolartransistors und kann bei hohen Schaltgeschwindigkeiten mit niedrigen Schaltverlusten betrieben werden.

**[0004]** Durch die hohen Schaltgeschwindigkeiten entstehen in den Ausgangsklemmen des Umrichters steile Spannungsflanken. Steile Spannungsflanken führen zu steilen Potenzialsprüngen in den Wicklungen einer angeschlossenen Drehfeldmaschine, wodurch das Isolationsmaterial der Wicklungen geschädigt oder zerstört werden kann. Insbesondere Drehfeldmaschinen älterer Bauart sind aufgrund der gegebenen Isolation daher für den Betrieb mit einem modernen Leistungshalbleiter aufweisenden Umrichter nicht geeignet. Weiter können steile Spannungsflanken insbesondere bei einem Anschluss der Drehfeldmaschine über ein längeres Anschlusskabel zu einem Schwingen der Leitung führen. An der Drehfeldmaschine selbst können dann Spannungen auftreten, die bis zum doppelten Wert der gewollten Ausgangsspannung überschwingen. Die Werte derartiger Überspannungsspitzen hängen dabei insbesondere von der Länge der Leitung und der Steilheit der Spannungsflanken ab. Die hohen Spannungen können unerwünschterweise zu einer Zerstörung der Wicklungen und in der Folge zur Zerstörung des Um-

richters führen. Ebenfalls führen die aus den Überspannungen resultierenden hohen Ströme zu unerwünschten Problemen.

**[0005]** Zur Vermeidung der durch steile Spannungsflanken hervorgerufenen Stromspitzen in den Ausgangsleitungen eines Umrichters ist aus der DE 41 35 680 A1 eine Schaltungsanordnung bekannt, wobei die Ausgangsklemmen des Umrichters jeweils über eine Induktivität geführt und jeweils über eine bezüglich des Potenzials des Gleichspannungzwischenkreises in Sperrrichtung geschaltete Diode an das positive und an das negative Zwischenkreispotenzial angeschlossen sind. Dabei werden durch die Induktivitäten bei hoher Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung des Umrichters resultierende Spitzenströme vermieden. Über die bezüglich des Potenzials des Gleichspannungzwischenkreises in Sperrrichtung geschalteten Dioden wird erreicht, dass das Potenzial der Anschlussklemme nicht über das positive bzw. nicht unter das negative Zwischenkreispotenzial steigt bzw. fällt. Hierdurch werden Schwingungen zwischen den Induktivitäten und den angeschlossenen Drehfeldmaschine unterbunden.

**[0006]** Weiter ist aus der DE 41 35 680 A1 auch bekannt, den Dioden jeweils einen Kondensator parallel zu schalten. Hierdurch wird erreicht, dass sich die Ausgangsspannungen zwischen den Anschlussklemmen nicht mehr sprunghaft verändern können.

**[0007]** Nachteiligerweise fließt bei einer derartigen Unterdrückungsschaltung des Standes der Technik ein wesentlicher Teil des Freilaufstromes über die umfassten Dioden und nicht über die Freilaufdiode des Umrichters. Insbesondere ist dies der Fall, wenn den Induktivitäten zusätzlich ein ohmscher Widerstand unterstellt wird. Vor allem in einem generatorischen Betrieb der Drehfeldmaschine, in welcher der Motorstrom gegenüber der Ausgangsspannung des Umrichters phasenverschoben ist und durch die Freilaufdiode abfließt, führt dies dazu, dass am Umrichterausgang der dort gemessene Ausgangstrom nicht mehr dem Motorstrom entspricht. Für eine sich am Motorstrom orientierende Regelung des Umrichters muss daher die Stromerfassung hinter die Unterdrückungsschaltung verlegt werden. Dies widerspricht dem Konzept eines modularen Aufbaues. Zusätzlich müssen die Dioden der Unterdrückungsschaltung überdimensioniert ausgelegt werden.

**[0008]** Aus der DE 93 07 806 U1 ist eine der DE 41 35 680 A1 ähnliche Schaltungsanordnung gezeigt, wobei den Dioden jeweils ein Kondensator parallel geschaltet ist. Zur Unterdrückung des Abfließens des Freilaufstroms über die Dioden sind dabei zwischen die Induktivitäten und die Dioden Entkoppelkondensatoren geschaltet. Nachteiligerweise ist eine derartige Schaltungsanordnung aber mit hohen Kosten für die Entkoppelkondensatoren verbunden, die für eine

Wirkung der Schaltung eine hohe Kapazität aufweisen müssen.

**[0009]** Weiter ist aus der EP 0 473 192 A2 eine Schaltungsanordnung zur Unterdrückung von schwingkreisbedingten Spannungen bekannt. Diese Schaltungsanordnung umfasst eine mehrpulsige Diodenbrücke und mehrere Induktivitäten. Dabei ist in jedem Brückenzweig jeder Diode ein Begrenzungswiderstand zugeordnet.

**[0010]** Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Schaltungsanordnung zur Vermeidung von Stromspitzen in den Ausgangsleitungen eines Gleichspannungszwischenkreis gespeisten Umrichters anzugeben, die die genannten Nachteile des Standes der Technik vermeidet.

**[0011]** Diese Aufgabe wird für eine Schaltungsanordnung der beschriebenen Art, wobei die Ausgangsklemmen des Umrichters jeweils über eine Induktivität geführt und jeweils über einen Kondensator und über eine zum Kondensator parallel und bezüglich des Potenzials des Gleichspannungszwischenkreises in Sperrrichtung geschaltete Diode an das positive und an das negative Zwischenkreispotenzial angeschlossen sind, erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass zwischen die Diode und dem Zwischenkreispotenzial jeweils eine das Zwischenkreispotenzial betragsmäßig erhöhende Gleichspannungsquelle eingeschaltet ist.

**[0012]** Die Erfindung geht dabei von der Erkenntnis aus, dass sich der Freilaufstrom bei Unterdrückungsschaltungen des Standes der Technik auf die Freilaufdioden des Umrichters und die Dioden der Unterdrückungsschaltung aufteilt, da beide bezüglich der Ausgangsklemmen und dem Zwischenkreispotenzial parallel geschaltet sind. Diese den an den Ausgangsklemmen des Umrichters gemessenen Strom beeinflussende Aufteilung des Motorstroms kann verhindert werden, indem zwischen das Zwischenkreispotenzial und der Diode eine dem Freilaufstrom entgegenwirkende Gleichspannungsquelle geschaltet wird. Dies geschieht dadurch, dass die Gleichspannungsquelle so eingeschaltet ist, dass sie das Zwischenkreispotenzial betragsmäßig erhöht. Hierdurch wird verhindert, dass der Freilaufstrom über die Dioden der Unterdrückungsschaltung abfließt. Die Entladung der Induktivitäten erfolgt über die Gleichspannungsquellen und dauert nur kurz. Daher sind der an den Ausgangsklemmen des Umrichters gemessene Ausgangstrom und der Motorstrom nahezu gleich groß.

**[0013]** Zum Aufbau der Gleichspannungsquelle genügen geringe Spannungen in der Größenordnung von 10 Volt. Die Unterdrückungsschaltung, die als ein du/dt-Filter arbeitet, kann additiv zum Umrichter angebaut werden, ohne die beispielsweise für eine Re-

gelung erforderliche Strommessung aus dem Umrichter herauslösen zu müssen.

**[0014]** Für eine Schaltungsvariante, die zur Unterdrückung des Abfließens des Freilaufstroms über die Dioden der Unterdrückungsschaltung Entkoppelkondensatoren verwendet, müssen diese eine erhebliche Kapazität aufweisen. Derartige Kondensatoren sind unerwünschterweise mit einem Kostenmehraufwand verbunden. Dieser Nachteil wird durch die Erfindung vermieden.

**[0015]** Ein weiterer Vorteil der Erfindung besteht darin, dass die Dioden der Unterdrückungsschaltung nicht überdimensioniert ausgelegt werden brauchen. Da der Freilaufstrom nicht mehr über die Dioden der Unterdrückungsschaltung abfließt, werden diese nur noch mit den für die Steilheitsbeschränkung der Unterdrückungsschaltung notwendigen Umschwingströme belastet.

**[0016]** Als ein Pufferkondensator in der Gleichspannungsquelle kann ein preisgünstiger Niedervolt-Kondensator, wie insbesondere ein Elektrolyt-Kondensator verwendet werden.

**[0017]** Für die Erfindung spielt es keine Rolle, an welcher Stelle die Gleichspannungsquellen zwischen den Ausgangsklemmen und der Diode geschaltet sind. Aus schaltungstechnischen Gründen empfiehlt es sich, die Gleichspannungsquelle jeweils direkt an den Anschlusspunkten des Gleichspannungszwischenkreises vorzusehen. Sowohl der Kondensator als auch die parallel geschaltete Diode sind in dieser Variante schaltungstechnisch nach der Gleichspannungsquelle angeordnet.

**[0018]** Für jede von der Drehstrommaschine benötigte Phase des Umrichters wird bei der Unterdrückungsschaltung jeweils ein Kondensator und eine parallel geschaltete Diode zur schaltungstechnischen Verbindung mit dem positiven und zur schaltungstechnischen Verbindung mit dem negativen Zwischenkreispotenzial benötigt. Im Falle eines dreiphasigen Anschlusses zur Erzeugung eines Drehfeldes in der Drehfeldmaschine umfasst der Umrichter bei drei Anschlussklemmen insgesamt sechs der eingangs erwähnten Funktionsbaugruppen. Zum Aufbau der Unterdrückungsschaltung sind für jede der Anschlussklemmen eine Induktivität sowie zwei Kapazitäten und zwei Dioden erforderlich. Die Gleichspannungsquelle kann nun für jede der Dioden vorgesehen sein. Aus Kostengründen und aus Vereinfachungsgründen ist es jedoch von Vorteil, die Gleichspannungsquellen jeweils für die Dioden gleicher Polarität zusammenzufassen.

**[0019]** In diesem Fall ist zwischen das jeweilige Zwischenkreispotenzial und den Dioden gleicher Polarität jeweils eine Gleichspannungsquelle eingeschal-

tet.

**[0020]** Die Gleichspannungsquelle kann grundsätzlich in verschiedenster Art und Weise realisiert werden.

**[0021]** Wird die Gleichspannungsquelle durch einen Widerstand realisiert, so wird die Rückspeise-Energie durch die abfließenden Entladeströme in Wärme umgesetzt. Für eine im Wesentlichen verlustlose Schaltungsanordnung ist eine Rückspeiseschaltung zur Einspeisung der in den Induktivitäten zwischen gespeicherten Energie in den Gleichspannungszwischenkreis vorgesehen. Eine Rückspeiseschaltung verfälscht den an den Ausgangsklemmen des Umrichters gemessenen Stromwert nicht, da die Rück speiseströme oder Entladeströme der Induktivitäten nicht über den Umrichter fließen.

**[0022]** Zur Ausgestaltung der Rückspeiseschaltung sind verschiedene Möglichkeiten vorstellbar. Beispielsweise kann die Gleichspannungsquelle selbst so ausgestaltet werden, dass sie die zwischengespeicherte Energie der Induktivitäten aufnehmen und wieder in den Zwischenkreis rückspeisen kann.

**[0023]** Die Rückspeiseschaltung ist mittels eines Brückenzweiges realisiert. Dies ermöglicht sowohl eine Energierichtung in die Gleichspannungsquelle hinein als auch aus dieser heraus realisierbar.

**[0024]** Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand einer Zeichnung näher erläutert. Dabei zeigen:

**[0025]** [Fig. 1](#) eine erste Schaltungsvariante einer Unterdrückungsschaltung,

**[0026]** [Fig. 2](#) eine zweite Schaltungsvariante einer Unterdrückungsschaltung,

**[0027]** [Fig. 3](#) in einem Diagramm den Stromverlauf vor und nach der Unterdrückungsschaltung,

**[0028]** [Fig. 4](#) eine erste Schaltungsvariante einer Unterdrückungsschaltung gemäß Stand der Technik,

**[0029]** [Fig. 5](#) eine zweite Schaltungsvariante einer Unterdrückungsschaltung gemäß Stand der Technik,

**[0030]** [Fig. 6](#) den Stromverlauf vor und hinter einer Unterdrückungsschaltung gemäß Stand der Technik,

**[0031]** [Fig. 7](#) schematisch eine Rückspeiseschaltung und

**[0032]** [Fig. 8](#) ein Schaltbild zur Simulation einer Rückspeiseschaltung.

**[0033]** In [Fig. 1](#) ist in einer ersten Variante eine

Schaltung 1 zur Unterdrückung von Spitzenströmen in den Ausgangsleitungen eines Gleichspannungszwischenkreis gespeisten Umrichters dargestellt. Die Schaltung 1 umfasst eine Plusschiene 3, die sich auf dem positiven Potenzial des Zwischenkreises befindet, und eine Negativschiene 4, die sich auf dem negativen Potenzial des Zwischenkreises befindet. Von dem Umrichter selbst sind drei mit R,S und T bezeichnete Ausgangsklemmen 5 dargestellt, die über die mit U, V und W bezeichneten Anschlüsse 7 mit den Wicklungen einer Drehfeldmaschine verbunden sind. Den drei Ausgangsklemmen 5 des Umrichters werden Phasen einer Wechselspannung zur Erzeugung eines Drehfeldes in den Wicklungen der Drehfeldmaschine entnommen.

**[0034]** Jede der Ausgangsklemmen 5 ist über eine Induktivität 9 geführt und jeweils über Kapazitäten 11, 12 bzw. 13 und hierzu parallel geschaltete Dioden 15, 16 und 17 sowohl mit der Plusschiene 3 als auch mit der Negativschiene 4 verbunden. Wie bereits erwähnt, führt die Induktivität 9 als Drossel zur Verringerung der bei hoher Änderungsgeschwindigkeit der Ausgangsspannung des Umrichters auftretenden Spitzenströmen, während die Dioden 15, 16 und 17 verhindern, dass das Potenzial der Anschlussklemmen über das Potenzial der Plusschiene 3 bzw. unter das Potenzial der Negativschiene 4 steigt bzw. fällt. Die Kapazitäten 11, 12 und 13 wiederum erreichen, dass sich die Ausgangsspannungen zwischen den Anschlussklemmen nicht mehr sprunghaft verändern können. Die Schaltung 1 arbeitet als ein so genannter du/dt-Filter und vermeidet effektiv das Auftreten von die Drehfeldmaschine oder den Umrichter schädigenden Überspannungsspitzen oder Spitzenströmen, die aufgrund von steilen Spannungsflanken der vom Umrichter verwendeten Leistungshalbleiter entstehen können.

**[0035]** Die Schaltung 1 umfasst nun weiter eine erste und eine zweite Gleichspannungsquelle 20 bzw. 21. Die erste Gleichspannungsquelle 20 ist dabei zwischen das Potenzial der Positivschiene 3 und den Dioden 15, 16 und 17 geschaltet, während die zweite Gleichspannungsquelle 21 zwischen dem Potenzial der Negativschiene 4 und den entsprechenden Dioden 15, 16 und 17 angeordnet ist. Die Gleichspannungsquellen 20 und 21 sind also für die oberen bzw. die unteren Dioden 15, 16 und 17 in jeweils gleicher Polarität zusammengefasst. Ihre Potenzialdifferenz addiert sich betragsmäßig den jeweiligen Potenzial.

**[0036]** Von dieser ersten Variante unterscheidet sich die in [Fig. 2](#) gezeigte zweite Variante einer Schaltung 22 für eine Unterdrückungsschaltung lediglich dadurch, dass die Gleichspannungsquellen 20 und 21 jeweils direkt an den Anschlusspunkten der Plusschiene 3 bzw. der Plusschiene 4 des Gleichspannungs-Zwischenkreises eingeschaltet sind. Die Funktionsweise beider Schal-

tungen 1 bzw. 22 ist identisch.

**[0037]** In [Fig. 3](#) ist in einem ersten Diagramm 23 der Verlauf 24 des Eingangsstromes und der Verlauf 25 des Ausgangsstromes der Unterdrückungsschaltungen gemäß [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) dargestellt. Der Eingangsstrom der Unterdrückungsschaltung entspricht dem Ausgangsstrom des Umrichters, wie er an den Ausgangsklemmen 5 gemessen werden kann. Die Ströme resultieren aus einer an den Ausgängen 7 angeschlossene Drehfeldmaschine. In dem Diagramm 23 ist entlang der X-Achse die Zeit t und entlang der Y-Achse die Stromstärke I aufgetragen.

**[0038]** In dem Diagramm 23 erkennt man, dass zwischen dem Verlauf 24 des Eingangsstromes und dem Verlauf 25 des Ausgangsstromes kein signifikanter Unterschied vorliegt. Die in den [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) gezeigten Unterdrückungsschaltungen 1 bzw. 22 beeinflussen demnach den an den Anschlussklemmen 5 des Umrichters messbaren Stromverlauf nicht. Eine Regelungseinheit zur Regelung des Umrichters in Abhängigkeit von dem Motorstrom einer Drehfeldmaschine kann demnach in einem Umrichtermodul verbleiben.

**[0039]** [Fig. 4](#) zeigt nun in einer ersten Variante eine Schaltung 27 zur Unterdrückung von Spitzestromen in den Ausgangsleitungen eines Umrichters, wie sie im Stand der Technik vorgeschlagen wird. Die Schaltung 27 unterscheidet sich von der in [Fig. 1](#) dargestellten Schaltung 1 dadurch, dass sie keine Gleichspannungsquellen 20 bzw. 21 aufweist. In diesem Fall fließt ein wesentlicher Teil des Freilaufstromes einer angeschlossenen Drehfeldmaschine über die Dioden 15, 16 und 17. Zur Unterdrückung des Abfließens des Freilaufstroms über die Dioden 15, 16 und 17 ist in [Fig. 5](#) in einer zweiten Variante eine Schaltung 29 gemäß Stand der Technik gezeigt, die Entkoppelkondensatoren 30 aufweist. Die Entkoppelkondensatoren 30 sind dabei jeweils zwischen die Induktivitäten 9 und die Dioden 15, 16 und 17 geschaltet. Die Anschlüsse 7 für eine Drehfeldmaschine sind zwischen den Induktivitäten 9 und den Koppelkondensatoren 30 abgezweigt. Wie bereits erwähnt, vermeidet die Schaltung 29 zwar das Abfließen der Freilaufströme über die Dioden 15, 16 und 17, ist jedoch mit hohen Kosten für die Entkoppelkondensatoren 30 verbunden, die für eine Wirkung der Schaltung 29 eine hohe Kapazität aufweisen müssen.

**[0040]** Im Vergleich zu [Fig. 3](#) ist in [Fig. 6](#) nun der zeitliche Verlauf 24 des Eingangsstromes und der zeitliche Verlauf 25 des Ausgangsstromes der Schaltung 27 gemäß [Fig. 4](#) dargestellt. Wiederum ist entlang der X-Achse die Zeit t und entlang der Y-Achse die Stromstärke I aufgetragen. Man erkennt, dass sich der zeitliche Verlauf 24 des Eingangsstromes von dem zeitlichen Verlauf 25 des Ausgangsstromes unterscheidet. Insbesondere in der Nähe der Maxima

des sinusförmigen Verlaufes wird deutlich, dass der Eingangsstrom (Verlauf 24) der Unterdrückungsschaltung, welcher dem Ausgangsstrom des Umrichters entspricht, betragsmäßig gegenüber dem Ausgangsstrom (Verlauf 25) der Unterdrückungsschaltung abgesenkt ist. Dies liegt daran, dass ein Teil des Freilaufstromes über die Dioden 15, 16 und 17 der Unterdrückungsschaltung abfließt. Mit anderen Worten kann der Ausgangsstrom des Umrichters nicht für eine Regelung herangezogen werden.

**[0041]** In [Fig. 7](#) ist schematisch eine Rückspeiseschaltung 36 dargestellt, wie sie zur Ausgestaltung einer Gleichspannungsquelle 20 herangezogen werden kann. Die Rückspeiseschaltung 36 umfasst dabei eine Potenzialschiene 38, die über Kondensatoren 40 mit der Plusschiene 3 bzw. der Negativschiene 4 des Gleichspannungzwischenkreises verbunden ist. Den Kondensatoren 40 ist jeweils ein Brückenzweig parallel geschaltet, der jeweils einen als IGBT ausgebildeten Leistungshalbleiter 43 und eine ihn überbrückende Diode 44 aufweist. Zwischen den Kondensatoren 40 und den Brückenzweigen ist weiter eine Induktivität 41 eingeschaltet. Über das Tastverhältnis, also das Verhältnis zwischen Einschalt- und Ausschaltzeiten des IGBT, kann die am Kondensator 40 anliegende Spannung  $U_C$  eingestellt werden. Sie ist weitgehend lastunabhängig. Die Schaltung 36 erlaubt dabei einen Energiefluss in beide Richtungen, das heißt sowohl in die Quelle  $U_C$  hinein als auch aus der Quelle  $U_C$  heraus.

**[0042]** [Fig. 8](#) zeigt eine Schaltung 50 zur Simulation des Ansprechverhaltens einer Rückspeiseschaltung gemäß [Fig. 7](#). Man erkennt die beiden Brückenzweige, die aus IGBT1, D1 bzw. IGBT2 und D2 gebildet werden. Die den Brückenzweigen vorgesetzte Induktivität ist durch L1 wiedergegeben, wobei der Widerstand R2 deren ohmschen Widerstand simuliert. Die Spannungsdifferenz zwischen der Plusschiene und der Negativschiene des Gleichspannungskreises wird durch die Spannungsquelle E1 erzeugt, die der Zwischenkreisspannung entspricht. Weiter sind die beiden Kondensatoren C1 und C2 erkennbar. Die Diode D3 dient einem Verpolschutz. Die Widerstände R3, R4 und R5 sowie der Kondensator C3 bilden zusammen mit der Spannungsquelle C2 einen Regler, der dämpfend auf Schwingungen wirkt, deren Frequenz durch den Kondensator C1, der Induktivität L1 und dem Tastverhältnis gegeben ist. Durch geeignete Dimensionierung der Bauelemente lässt sich ein gut gedämpftes Verhalten erreichen.

**[0043]** An den mit V und A bezeichneten Stellen werden Spannungen bzw. Ströme gemessen. Ein Rückspeisestrom wird mittels der Stromquelle I1 simuliert.

**[0044]** Die Leistungshalbleiter IGBT1 und IGBT2 werden mittels Pulsweitenmodulation getrieben, die

symbolisch durch eine Steuerung PWM1, eine Konstantspannungsquelle CONST1 einen Addiererbaustein SUM1 und einen Negiererbaustein NEG1 repräsentiert sind.

**[0045]** Umfangreiche Untersuchungen haben ergeben, dass sich bei einem Sprung in der Rückspeiseleitung mit einer derartigen Rückspeiseschaltung ein gedämpftes Verhalten erreichen lässt. Die Schaltfrequenz kann hoch gewählt werden, so dass die Bauelemente klein werden. Die erreichbare Dynamik wird dann hoch. Die pulsfrequenten Anteile der Rückspeiseschaltung können durch zusätzliche Filter herausgefiltert werden.

**[0046]** Die rückgespeiste Leistung ist abhängig von der Dimensionierung der Rückspeiseschaltung, der Pulsfrequenz und der Höhe des Laststromes. Bei günstiger Auslegung fallen bei einem 200kW-Antrieb lediglich 10–20 Watt Rückspeiseleistung an ( $U_c = 10$  Volt, Pulsfrequenz = 1 kHz). Die Rückspeiseschaltung muss so ausgelegt sein, dass die anfallende Energie in den Zwischenkreis rückgespeist werden kann.

**[0047]** Zur Vermeidung von Schwingungsvorgängen nach einem Stromabriß in den Dioden **15, 16** und **17** einer Unterdrückungsschaltung gemäß [Fig. 1](#) oder [Fig. 2](#) kann zu den Kondensatoren jeweils zusätzlich ein RC-Glied zur Dämpfung parallel geschaltet werden. Die Verluste im Bedämpfungswiderstand sind gering.

### Patentansprüche

1. Schaltungsanordnung zur Vermeidung von Spannungsund/oder Stromspitzen in den Ausgangsleitungen eines Gleichspannungszwischenkreis gespeisten Umrichters, wobei die Ausgangsklemmen **(5)** des Umrichters jeweils über eine Induktivität **(9)** geführt und jeweils über einen Kondensator **(11, 12, 13)** und über eine zum Kondensator **(11, 12, 13)** parallel und bezüglich des Potenzials des Gleichspannungszwischenkreises in Sperrrichtung geschaltete Diode **(15, 16, 17)** an das positive und an das negative Zwischenkreispotenzial angeschlossen sind, **durch gekennzeichnet**, dass zwischen die Diode **(15, 16, 17)** und dem Zwischenkreispotenzial jeweils eine das Zwischenkreispotenzial betragsmäßig erhörende Gleichspannungsquelle **(20, 21)** eingeschaltet ist, und dass eine Rückspeiseschaltung **(36)** zur Einspeisung der in den Induktivitäten **(9)** zwischengespeicherten Energie in den Gleichspannungszwischenkreis vorgesehen ist, wobei die Rückspeiseschaltung **(36)** mittels eines Brückenzweiges realisiert ist.

2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichspannungsquelle **(20, 21)** jeweils direkt an den Anschlusspunk-

ten des Gleichspannungszwischenkreises eingeschaltet ist.

3. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Gleichspannungsquellen **(20, 21)** jeweils für die Dioden **(15, 16, 17)** gleicher Polarität zusammengefasst sind.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

## Anhängende Zeichnungen

FIG 1

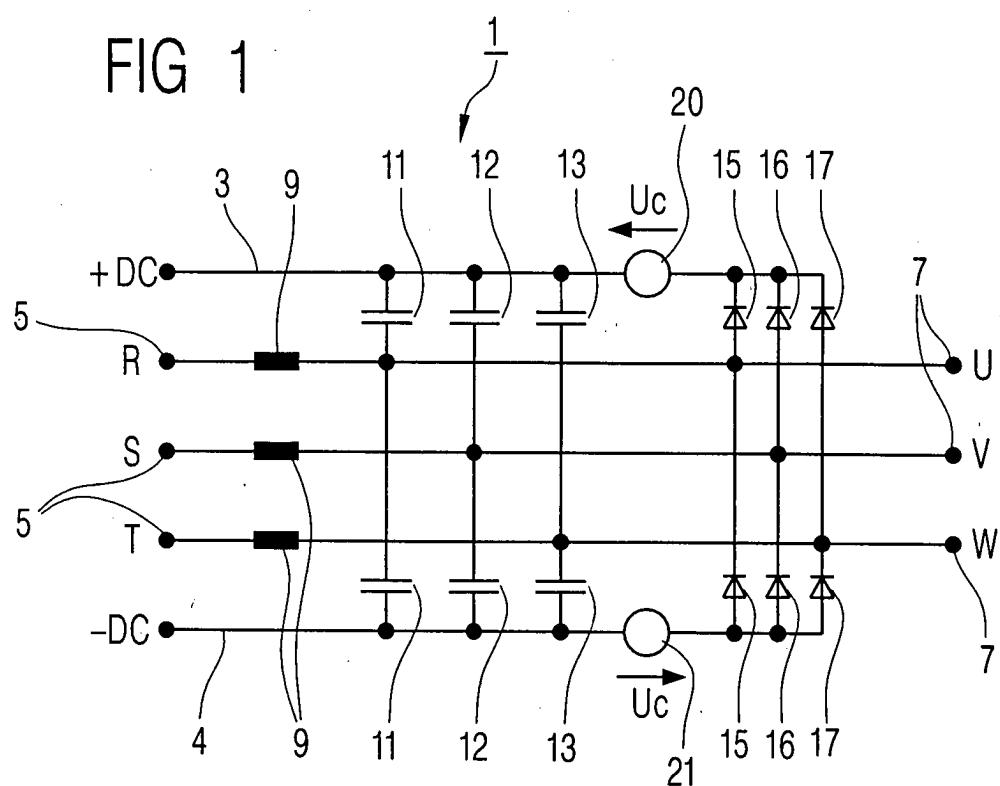


FIG 2

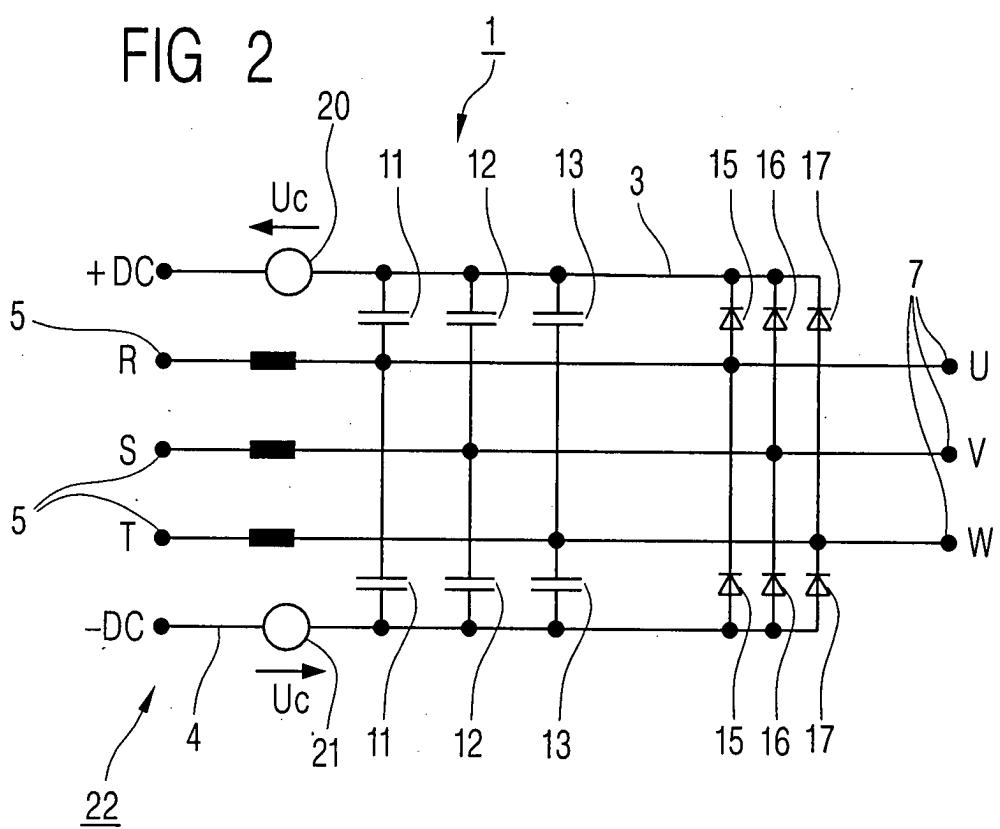


FIG 3

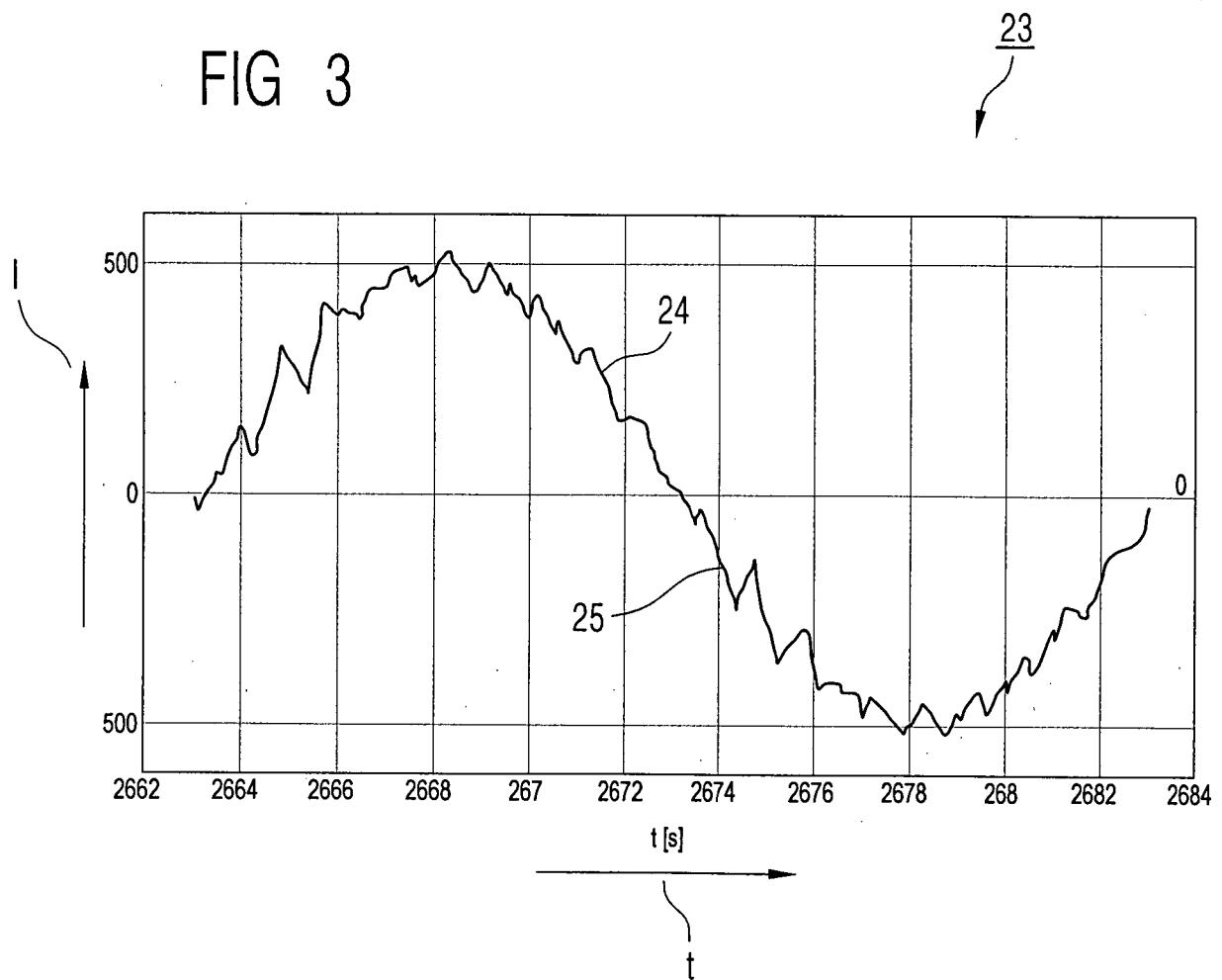


FIG 4

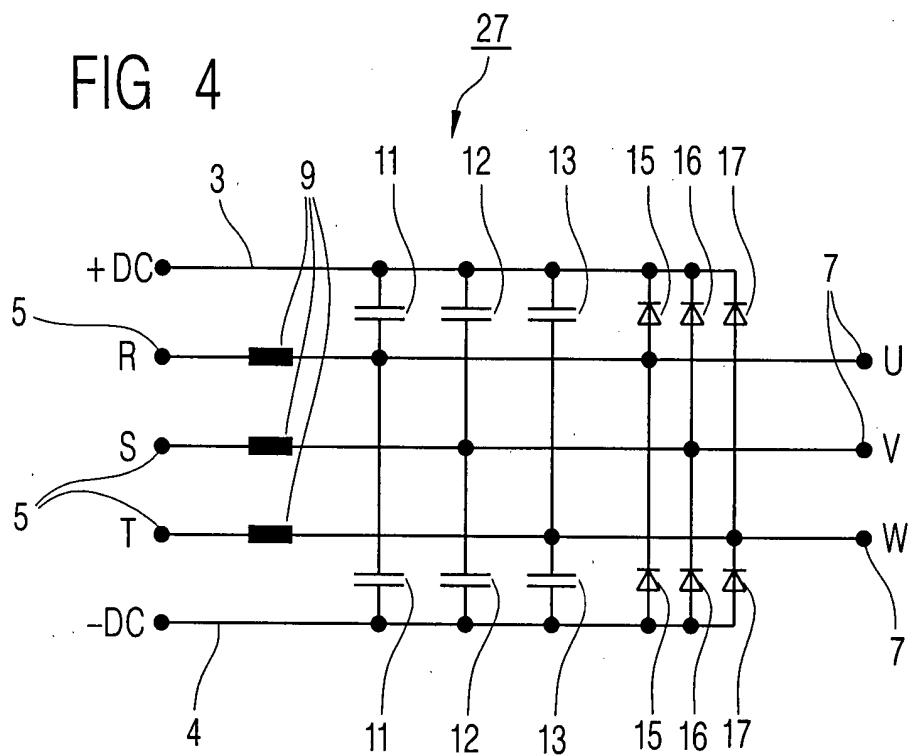


FIG 5

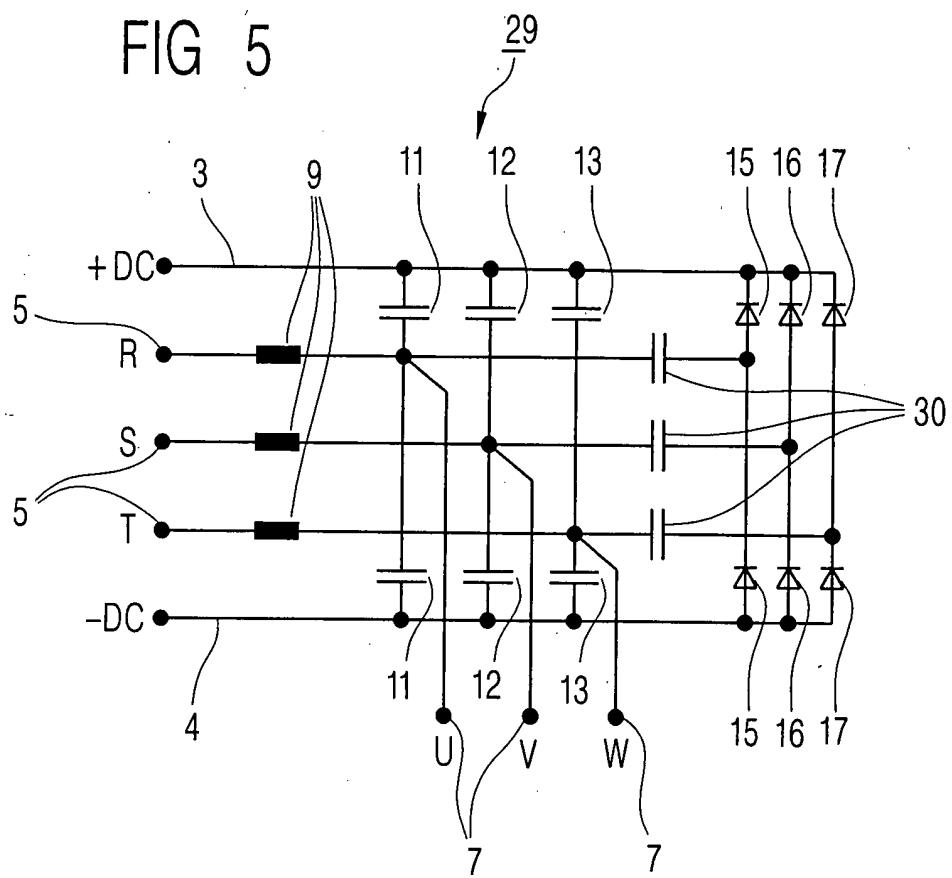


FIG 6

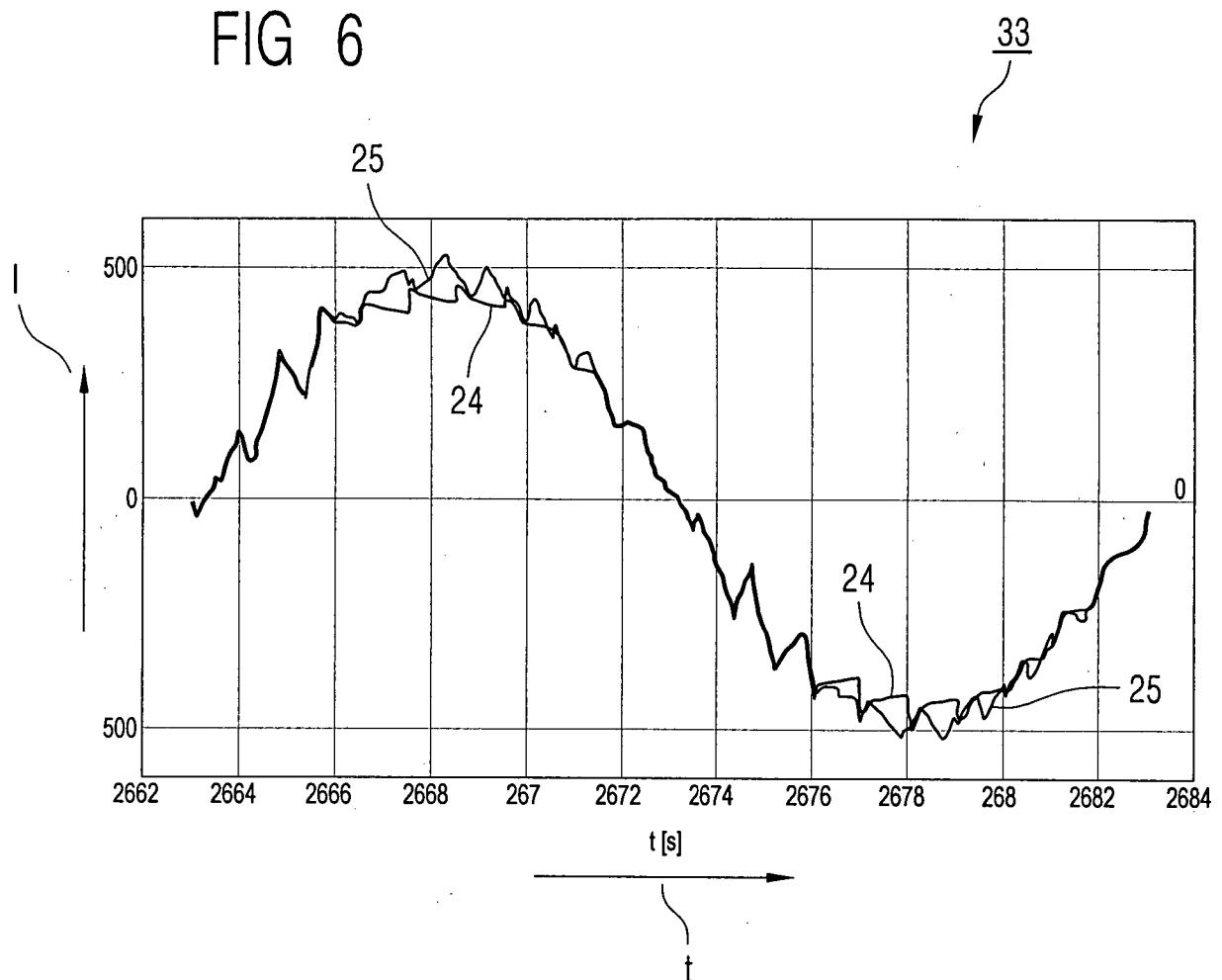


FIG 7

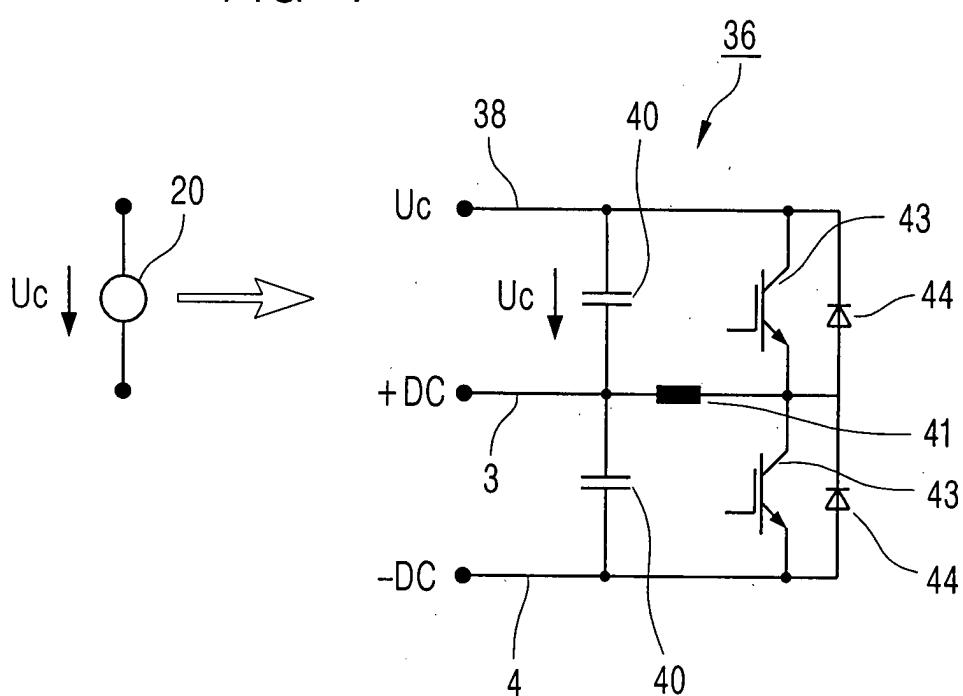


FIG 8

