



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 27 333 T2** 2007.01.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 338 084 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 27 333.4**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP00/08491**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 978 043.8**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/045250**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.11.2000**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **06.06.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **27.08.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **12.04.2006**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.01.2007**

(51) Int Cl.⁸: **H02M 7/5387** (2006.01)
H02P 27/08 (2006.01)

(73) Patentinhaber:

Mitsubishi Denki K.K., Tokyo, JP

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, IT

(74) Vertreter:

Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538 München

(72) Erfinder:

**HUSSEIN, Khalid Hassan, Fukuoka-shi, Fukuoka
819-0161, JP; HIYAMA, Kazuaki, Fukuoka-shi,
Fukuoka 819-0161, JP**

(54) Bezeichnung: **LEISTUNGSWANDLERVORRICHTUNG**

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

Technisches Gebiet

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Energieumwandlungsvorrichtung; speziell betrifft sie eine Verbesserung derselben zur Begrenzung eines Einschaltstoßstroms, während gleichzeitig das Gesamtgewicht und -volumen der Vorrichtung auch unter einer hohen Nennleistung verringert wird.

Stand der Technik

[0002] [Fig. 16](#) ist ein Schaltbild, das einen Aufbau einer herkömmlichen Energieumwandlungsvorrichtung zeigt (die nachstehend als "erster Stand der Technik" bezeichnet wird), die einen Einschaltstoßstrom-Begrenzungsschaltkreis hat. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **451** weist folgendes auf: einen Wechselrichter **5**, einen Kondensator **12**, eine Hauptenergieversorgung **10**, Schalter **11**, **11a** und einen Widerstand **11b**. Die Energieumwandlungsvorrichtung **451** wird verwendet durch Anschließen einer induktiven Drehstromlast **50** wie etwa eines Motors an Ausgänge U, V und W der Energieumwandlungsvorrichtung **451**.

[0003] Die Hauptenergieversorgung **10** liefert an Versorgungseingänge P, N des Wechselrichters **5** eine Gleichstrom-Hauptenergieversorgungsspannung V_{DCI} . Der Kondensator **12** ist mit den Versorgungseingängen P, N verbunden und hat dadurch die Wirkung, eine dem Wechselrichter **5** zugeführte Gleichspannung mittels seiner Kapazität C_{DC} auf einem konstanten Wert zu halten. Der als Relais ausgeführte Schalter **11** wirkt als Hauptschalter, der EIN-schaltet (ON), wenn die Energiezuführung zu der induktiven Last **5** gestartet wird, und AUS-schaltet (OFF), wenn diese beendet wird.

[0004] Der Schalter **11a** und der Widerstand **11b** sind zwischen die Hauptenergieversorgung **10** und den Kondensator **12** eingefügt, um dadurch einen Einschaltstoßstrom nach dem Einschalten des Schalters **11** zu begrenzen. Nach dem EIN-schalten des Schalters **11** zum Starten des Wechselrichters **5** bleibt der Schalter **11a** AUS, bis das Laden des Kondensators **12** nahezu abgeschlossen ist. Dementsprechend wird der Einschaltstoßstrom durch den Widerstand **11b** begrenzt.

[0005] Wenn die Ladespannung über dem Kondensator **12** den Pegel der Hauptenergieversorgungsspannung V_{DCI} nahezu erreicht hat, schaltet der Schalter **11a** ein. Danach beginnt der Wechselrichter **5** mit seinem Normalbetrieb. Daher wird dem Wechselrichter **5** während des Normalbetriebs des Wechselrichters **5** von der Hauptenergieversorgung **10** ein Gleichstrom mit geringen Verlusten zugeführt.

[0006] Da jedoch ein von der Hauptenergieversorgung **10** zugeführter großer Strom durch den Schalter **11a** und den Widerstand **11b** fließt, müssen der Schalter **11a** und der Widerstand **11b** ebenso wie der Schalter **11** als der Hauptschalter eine hohe Nennleistung haben. Daher ist es in der Energieumwandlungsvorrichtung **451** ein Problem, dass das Gesamtgewicht und -volumen der Vorrichtung groß und die Herstellungskosten hoch sind.

[0007] Da außerdem der Schalter **11** und der Schalter **11a** (insbesondere der Schalter **11**) mechanisch wirksam sein müssen, während eine hohe Spannung zugeführt wird, sind ihre Zuverlässigkeit und Lebensdauer problematisch. Insbesondere werden Zuverlässigkeit und Lebensdauer durch Lichtbogenbildung beeinflusst. Außerdem sind auch Leitungsverluste sowohl des Schalters **11** als auch des Schalters **11a** im Normalbetrieb des Wechselrichters **5** Probleme, die nicht vernachlässigbar sind.

[0008] [Fig. 17](#) ist ein Schaltbild, das den Aufbau einer anderen herkömmlichen Energieumwandlungsvorrichtung zeigt (nachstehend als "zweiter Stand der Technik" bezeichnet), die einen Einschaltstoßstrom-Begrenzungsschaltkreis hat. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **452** unterscheidet sich von der Energieumwandlungsvorrichtung **451** nach dem ersten Stand der Technik im wesentlichen dadurch, dass zwischen der Hauptenergieversorgung **10** und dem Kondensator **12** anstelle des Schalters **11a** und des Widerstands **11b** ein NTC-Widerstand **11c** angeordnet ist.

[0009] Wenn der Wechselrichter **5** gestartet wird, hat der NTC-Widerstand **11c** gewöhnlich einen hohen Widerstandswert, da er niedrige Temperatur hat. Der nach dem EIN-schalten des Schalters **11** fließende Einschaltstoßstrom wird daher durch den hohen Widerstandswert des NTC-Widerstands **22c** begrenzt. Durch die in dem NTC-Widerstand **11c** erzeugten Wärmeverluste steigt die Temperatur des NTC-Widerstands **11c** rasch an. Daher nimmt der Widerstandswert des NTC-Widerstands **11c** rasch ab, wodurch die Verluste in dem NTC-Widerstand **11c** verringert werden.

[0010] Die in dem NTC-Widerstand **11c** beim Betrieb des Wechselrichters **5** erzeugten Verluste sind jedoch nicht vernachlässigbar, und daher ist bisher die Energieumwandlungsvorrichtung **452** nachteiligerweise nur bei Vorrichtungen anwendbar, die eine geringe Nennleistung (z. B. einige kW oder weniger) haben. Wenn ferner der Betrieb des Wechselrichters **5** beginnt, bevor der NTC-Widerstand **11c** ausreichend abgekühlt ist, wenn beispielsweise der Wechselrichter **5** unmittelbar nach dem Anhalten erneut startet, ist der NTC-Widerstand **11c** als ein Einschaltstoßstrom-Begrenzer nicht hinreichend funktionsfähig, wodurch die Zuverlässigkeit der Vorrichtung

ebenfalls eingeschränkt wird.

[0011] [Fig. 18](#) ist ein Schaltbild, das den Aufbau noch einer anderen herkömmlichen Energieumwandlungsvorrichtung (nachstehend als "dritter Stand der Technik" bezeichnet) zeigt, die einen Einschaltstoßstrom-Begrenzungsschaltkreis hat. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **453** ist in der offengelegten JP-Patentanmeldung Nr. 6-115836 (1994) gezeigt und unterscheidet sich von jeder der Energieumwandlungsvorrichtungen **451** und **452** im wesentlichen dadurch, dass eine Anfangsladeschaltung zum Laden des Kondensators **12** mit dem Kondensator **12** parallel geschaltet ist.

[0012] Die Anfangsladeschaltung umfasst eine Drosselspule **11d**, ein Schaltelement **11e**, eine Gleichstrom-Energieversorgung **11f**, eine Steuereinheit **11g**, einen Widerstand **11h**, eine Basis-Treiber-schaltung **11j** und eine Diode **11k**. Wenn der Wechselrichter **5** gestartet wird, wird der Schalter **11** anfangs in die AUS-Stellung gebracht. Während dieser Periode schaltet das Schaltelement **11e** wiederholt EIN und AUS aufgrund der Funktion der Steuereinheit **11g**. Infolgedessen wird ein Strom wiederholt in die Drosselspule **11d** geladen und daraus entladen, und der Entladungsstrom wird wiederholt dem Kondensator **12** zugeführt. Somit wirkt die Anfangsladeschaltung als Ladepumpenschaltung, so dass der Kondensator **12** geladen wird. Nachdem das Laden des Kondensators **12** nahezu vollständig abgeschlossen ist, stoppt die Anfangsladeschaltung ihren Betrieb, und der Schalter **11** wird eingeschaltet. Danach beginnt der Wechselrichter **5** mit dem Normalbetrieb.

[0013] Die Energieumwandlungsvorrichtung **453** ist vorteilhaft bei Geräten anwendbar, die eine hohe Nennleistung haben, und es ist vorteilhaft, dass weder der Schalter **11a** noch der Widerstand **11b** zur Begrenzung des Einschaltstoßstroms benötigt werden (siehe [Fig. 16](#)). Die Energieumwandlungsvorrichtung **453** benötigt jedoch die Drossel **11d** und das Schaltelement **11e**, das ein Leistungselement ist, und daher ergibt sich das Problem bei der Energieumwandlungsvorrichtung **453**, dass ähnlich wie bei der Energieumwandlungsvorrichtung **451** Gesamtgewicht und -volumen groß und die Herstellungskosten hoch sind.

[0014] Eine weitere Energieumwandlungsvorrichtung nach dem Stand der Technik ist in US 5179842 angegeben.

Offenbarung der Erfindung

[0015] Es ist daher eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Energieumwandlungsvorrichtung anzugeben, bei der die oben angesprochenen Probleme beseitigt sind und die einen Einschaltstoßstrom

begrenzt, während gleichzeitig auch unter hoher Nennleistung das Gesamtgewicht und -volumen reduziert sind.

[0016] Zur Lösung dieser Aufgabe richtet sich ein erster Aspekt der vorliegenden Erfindung auf eine Energieumwandlungsvorrichtung. Die Energieumwandlungsvorrichtung weist folgendes auf: ein erstes Schaltelement, von dem eine Hauptelektrode mit einer ersten Versorgungsleitung verbunden ist; eine erste Freilaufdiode, die mit dem ersten Schaltelement antiparallel verbunden ist; ein zweites Schaltelement, von dem eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des ersten Schaltelements verbunden ist und von dem die andere Hauptelektrode mit einer zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; eine zweite Freilaufdiode, die mit dem zweiten Schaltelement antiparallel verbunden ist; ein drittes Schaltelement, von dem eine Hauptelektrode mit der ersten Versorgungsleitung verbunden ist; eine dritte Freilaufdiode, die mit dem dritten Schaltelement antiparallel verbunden ist; ein viertes Schaltelement, von dem eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des dritten Schaltelements verbunden ist und von dem die andere Hauptelektrode mit der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; eine vierte Freilaufdiode, die mit dem vierten Schaltelement antiparallel verbunden ist; einen Kondensator, von dem das eine Ende bzw. das andere Ende mit der ersten Versorgungsleitung bzw. der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; einen ersten Schalter, von dem ein Ende mit einer Versorgungsleitung von einem Satz von der ersten Versorgungsleitung und von der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; eine Anfangsladungsschaltung, die eine Gleichstrom-Energieversorgung und einen zweiten Schalter hat, die in Reihe geschaltet sind, wobei ein Ende davon mit einer Verbindung zwischen dem dritten Schaltelement und dem vierten Schaltelement verbunden ist und das andere Ende davon mit der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; und eine Anfangsladungs-Steuereinheit, die den zweiten Schalter und das zweite Schaltelement so steuert, dass der zweite Schalter EIN-geschaltet wird und das Schaltelement wiederholt EIN- und AUS-geschaltet wird, während gleichzeitig der erste Schalter AUS-geschaltet ist.

[0017] Nach einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung steuert in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt die Anfangsladungs-Steuereinheit das zweite Schaltelement so, dass es AUS-schaltet, wenn ein Ladestrom, der ein durch die Anfangsladungsschaltung fließender Strom ist, einen ersten Referenzstrom überschreitet, und EIN-schaltet, wenn der Ladestrom unter einen zweiten Referenzstrom fällt.

[0018] Nach einem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung steuert in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem zweiten Aspekt die Anfangsla-

dungs-Steuereinheit den ersten Schalter und den zweiten Schalter so, dass der erste Schalter AUS-geschaltet wird und der zweite Schalter EIN-geschaltet wird, wenn eine geladene Spannung, die eine Spannung über den Kondensator ist, niedriger als eine Referenzspannung ist, und der erste Schalter EIN-geschaltet und der zweite Schalter AUS-geschaltet wird, wenn die geladene Spannung höher als die Referenzspannung ist.

[0019] Nach einem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung hat bei der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt die Anfangsladungsschaltung ferner eine Diode, die mit der Gleichstrom-Energieversorgung und dem zweiten Schalter in Reihe geschaltet ist.

[0020] Nach einem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt ferner folgendes auf: eine Gleichrichterschaltung, die einen Wechselspannungseingang von außen in eine Gleichspannung umwandelt und diese Gleichspannung zwischen der anderen Versorgungsleitung des Satzes aus der ersten Versorgungsleitung und der zweiten Versorgungsleitung und dem anderen Ende des ersten Schalters anlegt.

[0021] Nach einem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem fünften Aspekt die Gleichstrom-Energieversorgung ein Umrichter, der die Gleichspannung in eine andere Gleichspannung umrichtet.

[0022] Nach einem siebten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt ferner folgendes auf: erste bis vierte Treiberschaltungen, die jeweils mit Steuerelektroden der ersten bis vierten Schaltelemente verbunden sind und jeweils die ersten bis vierten Schaltelemente in Abhängigkeit von ersten bis vierten Steuersignalen treiben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit das zweite Steuersignal zu der zweiten Treiberschaltung überträgt, um dadurch das zweite Schaltelement zu steuern.

[0023] Nach einem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden bei der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem siebten Aspekt die Versorgungsspannungen der zweiten und der vierten Treiberschaltung von der Gleichstrom-Energieversorgung zugeführt.

[0024] Nach einem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem dritten Aspekt ferner folgendes: eine Ladespannungs-Detektierschaltung, welche die Ladespannung detektiert, um dadurch eine erste Detektierspannung auszugeben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit die erste Detektierspannung

empfängt, um dadurch den ersten Schalter und den zweiten Schalter auf der Basis der Ladespannung zu steuern.

[0025] Nach einem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem neunten Aspekt die Ladespannungs-Detektierschaltung folgendes auf: einen ersten Widerstand, von dem ein Ende mit der ersten Versorgungsleitung verbunden ist; und einen zweiten Widerstand, von dem das eine Ende mit dem anderen Ende des ersten Widerstands und das andere Ende mit der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist, und an einem Verbindungspunkt zwischen dem ersten Widerstand und dem zweiten Widerstand eine Spannung als die erste Detektierspannung ausgegeben wird.

[0026] Nach einem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem zweiten Aspekt ferner folgendes auf: eine Ladestrom-Detektierschaltung, die den Ladestrom detektiert, um dadurch eine zweite Detektierspannung auszugeben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit die zweite Detektierspannung empfängt, um dadurch das zweite Schaltelement auf der Basis des Ladestroms zu steuern.

[0027] Nach einem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Ladestrom-Detektierschaltung in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem elften Aspekt einen dritten Widerstand, der in einen Weg des Ladestroms eingeschaltet ist und einen Spannungsabfall über den dritten Widerstand als die zweite Detektierspannung ausgibt.

[0028] Gemäß einem dreizehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem dritten Aspekt folgendes: eine Ladespannungs-Detektierschaltung, welche die geladene Spannung detektiert, um eine erste Detektierspannung auszugeben; und eine Ladestrom-Detektierschaltung, die den Ladestrom detektiert, um eine zweite Detektierspannung auszugeben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit folgendes aufweist: einen A/D-Wandler, der die erste Detektierspannung und die zweite Detektierspannung von der analogen Form in die digitale Form umwandelt; eine Verarbeitungseinheit, die eine Digitaloperationsverarbeitung auf der Basis der ersten und der zweiten Detektierspannung, die digitale Form haben, verarbeitet, um dadurch eine Menge von Signalen zu berechnen, die den ersten Schalter, den zweiten Schalter und das zweite Schaltelement steuern; und eine Pufferschaltung, welche die Menge von Signalen verstärkt, um dadurch dieselben zu dem ersten Schalter, dem zweiten Schalter und dem zweiten Schaltelement zu übertragen.

[0029] Gemäß einem vierzehnten Aspekt der vorlie-

genden Erfindung weist in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem dritten Aspekt die Verarbeitungseinheit folgendes auf: eine CPU, die auf der Grundlage eines Programms arbeitet; und einen Speicher, der das Programm speichert, wobei die CPU auf der Grundlage des Programms wirksam ist, um die Menge von Signalen zu berechnen.

[0030] Nach einem fünfzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem dritten Aspekt ferner folgendes auf: eine Ladespannungs-Detektierschaltung, welche die geladene Spannung detektiert, um dadurch eine erste Detektierspannung auszugeben; und eine Ladestrom-Detektierschaltung, die den Ladestrom detektiert, um dadurch eine zweite Detektierspannung auszugeben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit folgendes aufweist: einen ersten Operationsverstärker vom Typ mit zwei Eingängen; und einen zweiten Operationsverstärker vom Typ mit zwei Eingängen, wobei der erste Operationsverstärker an zwei Eingängen davon die erste Detektierspannung und eine erste Referenzspannung empfängt und ein Ausgangssignal zu dem ersten Schalter und dem zweiten Schalter überträgt, um entweder nur den ersten Schalter oder den zweiten Schalter EIN-zuschalten, und der zweite Operationsverstärker eine positive Rückkopplungsschleife hat, die zweite Detektierspannung an einem invertierenden Eingang empfängt, eine zweite Referenzspannung an einem nicht invertierenden Eingang empfängt und ein Ausgangssignal zu dem zweiten Schaltelement überträgt.

[0031] Nach einem sechzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem fünfzehnten Aspekt die Anfangsladungs-Steuereinheit ferner einen Logikschalter auf, und der Logikschalter ist in einen Übertragungsweg eingefügt, der das Ausgangssignal des zweiten Operationsverstärkers zu dem zweiten Schaltelement überträgt, und überträgt das Ausgangssignal des zweiten Operationsverstärkers nur dann zu dem zweiten Schaltelement, wenn ein Ausgangssignal des ersten Operationsverstärkers einen solchen Wert hat, dass der erste Schalter AUS-geschaltet wird.

[0032] Nach einem siebzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt ferner auf: eine Hauptsteuereinheit, die das erste bis vierte Schaltelement so steuert, dass ein Normalbetrieb der ersten bis vierten Schaltelemente durchgeführt wird.

[0033] Nach einem neunzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind in der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem achtzehnten Aspekt die Anfangsladungs-Steuereinheit und die Hauptsteuereinheit zu einer integrierten Steuereinheit integriert, die eine CPU, die auf einer Grundlage eines Programms

arbeitet, und einen das Programm speichernden Speicher aufweist, wobei die CPU auf der Basis des Programms so wirksam ist, dass sie sowohl eine Steuerung der Anfangsladungs-Steuereinheit als auch eine Steuerung der Hauptsteuereinheit ausführt.

[0034] Nach einem zwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt ferner folgendes auf: ein fünftes Schaltelement, dessen eine Hauptelektrode mit der ersten Versorgungsleitung verbunden ist; eine fünfte Freilaufdiode, die mit dem fünften Schaltelement antiparallel verbunden ist; ein sechstes Schaltelement, dessen eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des fünften Schaltelements verbunden ist und dessen andere Hauptelektrode mit der zweiten Versorgungsleitung verbunden ist; und eine sechste Freilaufdiode, die mit dem sechsten Schaltelement antiparallel verbunden ist.

[0035] Wenn die Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung in Betrieb ist, wird eine Hauptenergieversorgung zwischen die andere Versorgungsleitung des Satzes aus der ersten und der zweiten Versorgungsleitung und das andere Ende des ersten Schalters geschaltet, und eine induktive Last wird zwischen zwei Verbindungen geschaltet. Die eine ist eine Verbindung zwischen dem ersten und dem zweiten Schaltelement, und die andere ist eine Verbindung zwischen dem dritten und dem vierten Schaltelement. Wenn der erste Schalter auf AUS gesetzt ist, d. h. bevor der Normalbetrieb gestartet wird, ist der zweite Schalter auf EIN gesetzt, und das zweite Schaltelement schaltet infolge des Betriebs der Anfangsladungs-Steuereinheit wiederholt EIN und AUS. Infolgedessen wirken die Anfangsladungs-Steuereinheit, das zweite Schaltelement und eine Induktivität der induktiven Last als eine Ladungspumpschaltung, so dass ein Ladestrom wiederholt in die Induktivität der induktiven Last geladen und daraus entladen wird, und der entladene Ladestrom lädt beim Durchlauf durch die erste Freilaufdiode wiederholt den Kondensator auf. Wenn der erste Schalter für den Normalbetrieb EIN-geschaltet wird, nachdem der Kondensator ausreichend aufgeladen wurde, kann ein Einschaltstoßstrom infolge des EIN-schaltens des ersten Schalters unterdrückt werden.

[0036] Da ferner die Ladungspumpfunktion genutzt wird, werden im Gegensatz zu dem ersten Stand der Technik ein Leistungswiderstand und ein Leistungsschalter, durch die ein großer Strom fließt, der von der Hauptenergieversorgung geliefert wird, nicht benötigt, und ein Nennstrom kann im Gegensatz zu dem zweiten Stand der Technik groß eingestellt werden. Da außerdem das zweite Schaltelement und die erste Freilaufdiode, die für den Normalbetrieb unerlässlich sind, und die Induktivität der induktiven Last

genutzt werden, um die Ladungspumpfunktion zu implementieren, werden im Gegensatz zu dem dritten Stand der Technik ein zusätzliches Schaltelement und ein zusätzlicher Induktor nicht benötigt. Somit wird bei der Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung hohe Zuverlässigkeit auch bei einer großen Nennleistung erreicht, und das Gesamtgewicht und -volumen der Vorrichtung kann verringert werden.

[0037] Bei einer Vorrichtung nach dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung schaltet das zweite Schaltelement wiederholt EIN und AUS, so dass der durch die Anfangsladungsschaltung fließende Lade-Strom innerhalb eines bestimmten Bereichs bleibt. Somit wird der Kondensator innerhalb kurzer Zeit wirkungsvoll geladen.

[0038] Bei einer Vorrichtung nach dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird der Kondensator geladen, während der erste Schalter AUS-geschaltet und der zweite Schalter EIN-geschaltet ist, bis die geladene Spannung über den Kondensator die Referenzspannung erreicht. Wenn die geladene Spannung die Referenzspannung überschreitet, schaltet der zweite Schalter AUS, um die Anfangsladungsschaltung von der induktiven Last zu trennen, und der erste Schalter schaltet EIN, so dass die erste und die zweite Versorgungsleitung eine Gleichspannung von der Hauptenergieversorgung erhalten. Daher werden das Laden des Kondensators und der anschließende Übergang in den Normalbetrieb auf der Grundlage der geladenen Spannung über dem Kondensator durchgeführt, und somit wird der Einschaltstoßstrom mit hoher Zuverlässigkeit unterdrückt.

[0039] Bei einer Vorrichtung nach dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung sind dadurch, dass die Ladeschaltung mit einer Diode versehen ist, der zweite Schalter und die Gleichstromenergieversorgung vor dem Anlegen einer hohen Spannung geschützt.

[0040] Bei einer Vorrichtung nach dem fünften Aspekt der vorliegenden Erfindung kann die Vorrichtung dadurch, dass die Gleichrichterschaltung als eine Hauptelektrode vorgesehen ist, die Vorrichtung durch bloßes Verbinden einer verfügbaren Wechselstrom-Energieversorgung ohne Bereitstellen einer externen Gleichstrom-Energieversorgung verwendet werden.

[0041] Bei einer Vorrichtung nach dem sechsten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Gleichstrom-Energieversorgung einfach ausgebildet, weil die Gleichstrom-Energieversorgung ein Umrichter ist, der die von der Gleichrichterschaltung erzeugte Gleichspannung nutzt.

[0042] Bei einer Vorrichtung nach dem siebten As-

pekt der vorliegenden Erfindung sind dadurch, dass die Treiberschaltungen zum Treiben der Schaltelemente vorgesehen sind, kleine Signale als Steuersignale ausreichend, die übertragen werden, um die Schaltelemente mit großem Nennstrom auf einfache Weise zu treiben. Ferner kann die das zweite Schaltelement steuernde Anfangsladungs-Steuereinheit einfach ausgebildet sein.

[0043] Bei einer Vorrichtung nach dem achten Aspekt der vorliegenden Erfindung werden die zweite und die vierte Treiberschaltung mit Versorgungsspannung von der Gleichstrom-Energieversorgung versorgt, und daher ist eine zusätzliche Energieversorgung zum Zuführen der Versorgungsspannungen zu der zweiten und vierten Treiberschaltung nicht erforderlich. Somit werden das Gesamtgewicht und -volumen und die Herstellungskosten der Vorrichtung weiter verringert.

[0044] Bei einer Vorrichtung nach dem neunten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Ladespannungs-Detektierschaltung vorgesehen, und das von dieser ausgegebene Detektiersignal wird in der Anfangsladungs-Steuereinheit genutzt. Daher kann die Anfangsladungs-Steuereinheit ein Spannungssignal, das einen zur Verarbeitung geeigneten Wert hat, verarbeiten, so dass die Anfangsladungs-Steuereinheit einfach ausgebildet sein kann.

[0045] Bei einer Vorrichtung nach dem zehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung besteht die Ladespannungs-Detektierschaltung einfach aus einer Reihenschaltung aus dem ersten und dem zweiten Widerstand, und die geteilte Spannung der geladenen Spannung wird als die erste Detektierspannung ausgegeben. Somit wird durch eine einfache Konfiguration die erste Detektierspannung erhalten, die zu der geladenen Spannung proportional ist. Außerdem kann die erste Detektierspannung ohne weiteres auf einen Wert eingestellt werden, der für die Verarbeitung der Anfangsladungs-Steuereinheit geeignet ist, indem das Widerstandsverhältnis des ersten und des zweiten Widerstands eingestellt wird.

[0046] Bei einer Vorrichtung nach dem elften Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die Ladestromdetektierschaltung vorgesehen, und das davon ausgegebene Detektiersignal wird in der Anfangsladungs-Steuereinheit genutzt. Die Anfangsladungs-Steuereinheit kann daher ein Spannungssignal, das einen für die Verarbeitung geeigneten Wert hat, verarbeiten, und daher kann die Anfangsladungs-Steuereinheit einfach ausgebildet sein.

[0047] Bei einer Vorrichtung nach dem zwölften Aspekt der vorliegenden Erfindung umfasst die Ladestrom-Detektierschaltung den dritten Widerstand, der in den Weg des Ladestroms eingefügt ist, und der Spannungsabfall über den dritten Widerstand wird

als die zweite Detektierspannung ausgegeben. Somit ist die Ladestrom-Detektierschaltung einfach ausgebildet.

[0048] Bei einer Vorrichtung nach dem dreizehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung wandelt die Anfangsladungs-Steuereinheit die erste und die zweite Detektierspannung in Digitalsignale um und führt die Digitaloperationsverarbeitung auf der Grundlage der Digitalsignale aus, um so den Steuervorgang durchzuführen. Daher wird eine hochpräzise Steueroperation mit geringen ungewöhnlichen Änderungen implementiert.

[0049] Bei einer Vorrichtung nach dem vierzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die CPU auf der Grundlage des in dem Speicher gespeicherten Programms wirksam, um den Steuerbetrieb der Anfangsladungs-Steuereinheit auszuführen. Die Referenzspannung, der Referenzstrom, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und andere Bedingungen können daher mit hoher Präzision eingestellt werden, und es ist einfach, diese Bedingungen einzustellen oder zu modifizieren. Dadurch wird ein weiterer präziser Steuerbetrieb implementiert, und eine flexible Designänderung, die für die sogenannte Mehrfachartikel-Kleinmengenproduktion geeignet ist, wird erleichtert.

[0050] Bei einer Vorrichtung nach dem fünfzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung verarbeiten der erste und der zweite Operationsverstärker die erste und die zweite Detektierspannung, um die Steueroperation der Anfangsladungs-Steuereinheit auszuführen. Die Anfangsladungs-Steuereinheit ist daher einfach und leicht ausgebildet, und die Herstellungskosten der Vorrichtung sind verringert.

[0051] Bei einer Vorrichtung nach dem sechzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird dadurch, dass die Anfangsladungs-Steuereinheit den Logikschalter aufweist, die Übertragung des Ausgangssignals des zweiten Operationsverstärkers zu dem zweiten Schaltelement gestoppt, wenn die geladene Spannung die Referenzspannung überschritten hat und mit dem Normalbetrieb begonnen wurde. Es wird somit verhindert, dass die Anfangsladungs-Steuereinheit in den Normalbetrieb der ersten bis vierten Schaltelemente eingreift.

[0052] Bei einer Vorrichtung nach dem siebzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die CPU auf der Grundlage des in dem Speicher gespeicherten Programms wirksam, um den Steuerbetrieb der Anfangsladungs-Steuereinheit auszuführen. Daher können die Referenzspannung, der Referenzstrom, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und andere Bedingungen mit hoher Präzision eingestellt werden, und es ist einfach, diese Bedingungen einzustellen oder zu modifizieren. Daher wird weiterhin ein präziser Steuer-

vorgang implementiert, und eine flexible Designänderung, die für eine sogenannte Mehrfachartikel-Kleinmengenproduktion geeignet ist, wird erleichtert.

[0053] Bei einer Vorrichtung nach dem achtzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist es dadurch, dass die Hauptsteuereinheit, die den Normalbetrieb der ersten bis vierten Schaltelemente steuert, vorgesehen ist, nicht notwendig, Signale von außen zum Treiben des ersten bis vierten Schaltelements für die Durchführung des Normalbetriebs einzuführen.

[0054] Bei einer Vorrichtung nach dem neunzehnten Aspekt der vorliegenden Erfindung ist die CPU auf der Grundlage des in dem Speicher gespeicherten Programms wirksam zur Durchführung des Steuervorgangs sowohl der Anfangsladungs-Steuereinheit als auch der Hauptsteuereinheit; daher sind die Hauptsteuereinheit und die Anfangsladungs-Steuereinheit als Ganzes einfach und leicht ausgebildet, und die Herstellungskosten der Vorrichtung sind verringert.

[0055] Da bei einer Vorrichtung nach dem zwanzigsten Aspekt der vorliegenden Erfindung das fünfte und sechste Schaltelement und die fünfte und sechste Freilaufdiode vorgesehen sind, kann als die induktive Last eine Drehstrom-Induktionslast angeschlossen werden.

[0056] Die vorstehenden und weitere Ziele, Merkmale, Aspekte und Vorteile der vorliegenden Erfindung ergeben sich weiterhin aus der nachstehenden genauen Beschreibung der Erfindung im Zusammenhang mit den beigefügten Zeichnungen.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0057] [Fig. 1](#) ist ein Schaltbild, das den Aufbau einer Energieumwandlungsvorrichtung gemäß einer ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0058] [Fig. 2](#) ist ein Zeitdiagramm, das eine Operation der Energieumwandlungsvorrichtung von [Fig. 1](#) zeigt;

[0059] [Fig. 3](#) u. [Fig. 4](#) sind erläuternde Darstellungen, die einen Betrieb der Vorrichtung von [Fig. 1](#) zeigen;

[0060] [Fig. 5](#) ist ein Schaltbild eines beispielhaften Aufbaus der Anfangsladungs-Steuereinheit von [Fig. 1](#);

[0061] [Fig. 6](#) u. [Fig. 7](#) sind Diagramme, die eine Operation der Anfangsladungs-Steuereinheit von [Fig. 5](#) zeigen;

[0062] **Fig. 8** ist ein Schaltbild eines anderen beispielhaften Aufbaus der Anfangsladungs-Steuereinheit von **Fig. 1**;

[0063] **Fig. 9** ist ein Ablaufdiagramm, das eine Operation der Anfangsladungs-Steuereinheit zeigt;

[0064] **Fig. 10** u. **Fig. 11** sind Diagramme, die ein Ergebnis einer Simulation an der Anfangsladungs-Steuereinheit von **Fig. 1** zeigen;

[0065] **Fig. 12** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0066] **Fig. 13** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach einer dritten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0067] **Fig. 14** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach einer vierten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0068] **Fig. 15** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach einer fünften bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

[0069] **Fig. 16** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach dem ersten Stand der Technik;

[0070] **Fig. 17** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach dem zweiten Stand der Technik; und

[0071] **Fig. 18** ist ein Schaltbild eines Aufbaus einer Energieumwandlungsvorrichtung nach dem dritten Stand der Technik.

Beste Art der Ausführung der Erfindung

1. Erste bevorzugte Ausführungsform

[0072] Es wird zuerst eine Energieumwandlungsvorrichtung gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben.

1.1. Allgemeiner Vorrichtungsaufbau

[0073] **Fig. 1** ist ein Schaltbild, das den Aufbau einer Energieumwandlungsvorrichtung gemäß der ersten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. In den weiteren Figuren werden gleiche oder entsprechende Teile (d. h. Teile mit gleichen Funktionen) mit den gleichen Bezugszeichen wie in den herkömmlichen Vorrichtungen der **Fig. 16** bis

Fig. 18 bezeichnet, um die Beziehung zwischen ihnen hervorzuheben.

[0074] Die in **Fig. 1** gezeigte Energieumwandlungsvorrichtung **401** umfasst einen Wechselrichter **5**, einen Kondensator **12**, eine Hauptenergieversorgung **10**, einen Schalter **11**, eine Anfangsladungsschaltung **6**, Widerstände **13**, **14**, eine Anfangsladungs-Steuereinheit **70** und eine Hauptsteuereinheit **200**. Die Energieumwandlungsvorrichtung **401** wird verwendet durch Anschließen einer Drehstrom-Induktionslast **50** wie etwa eines Motors an Ausgänge U, V und W der Energieumwandlungsvorrichtung **401**. Die Drehstrom-Induktionslast **50** hat Wicklungen **51**, **52** bzw. **53**, die Induktivitäten L_U , L_V bzw. L_W haben.

[0075] Wenn die Energieumwandlungsvorrichtung **401** von außen den Befehl erhält, mit dem Betrieb zu beginnen, wird zuerst ein Anfangsladevorgang ausgeführt, um den Kondensator **12** zu laden, und danach wird ein Normalbetrieb gestartet. Der Anfangsladevorgang wird auf der Grundlage der Steuerung durch die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** durchgeführt. Der Normalbetrieb wird auf der Grundlage der Steuerung durch die Hauptsteuereinheit **200** durchgeführt. Der Anfangsbetrieb wird später im einzelnen erläutert.

[0076] Der Wechselrichter **5** weist Schaltelemente **21**, **24**, **31**, **34**, **41** und **44**, Freilaufdioden **22**, **25**, **32**, **35**, **42** und **45** und Treiberschaltungen **20**, **23**, **30**, **33**, **40** und **43** auf. Im allgemeinen ist jedes der Schaltelemente **21**, **24**, **31**, **34**, **41** und **44** ein Halbleiterbauelement, das einen Hauptstrom, der über das Element fließt, durch ein Paar von Hauptelektroden in Abhängigkeit von einem einer Steuerelektrode zugeführten Signal steuert. Bevorzugt handelt es sich um ein Leistungsschaltelement, z. B. einen Leistungs-IGBT, einen Leistungs-Bipolartransistor und einen Leistungs-MOSFET. Vor allem hat der Leistungs-IGBT vorteilhafterweise eine niedrige Sättigungsspannung $V_{CE(sat)}$, die als eine Spannung zwischen dem Paar von Hauptelektroden in einem leitenden Zustand (ON-Zustand) definiert ist, und ist vom Spannungssteuerungs-Typ, der leicht steuerbar ist. Daher wird in der nachstehenden Beschreibung davon ausgegangen, dass jedes der Schaltelemente **21**, **24**, **31**, **34**, **41** und **44** ein Leistungs-IGBT ist.

[0077] Die Kollektoren der Schaltelemente **21**, **31** und **41** sind mit einer höheren Potential führenden Versorgungsleitung PP verbunden. Die Kollektoren der Schaltelemente **24**, **34** und **44** sind mit den Emittern der Schaltelemente **21** bzw. **31** bzw. **41** verbunden, und die Emittoren sind mit einer niedrigeren Potential führenden Versorgungsleitung NN verbunden. Ein Ausgang U ist mit einer Verbindung zwischen den Schaltelementen **21** und **24** verbunden. Ein Ausgang V ist mit einer Verbindung zwischen den Schaltelementen **31** und **34** verbunden. Ein Ausgang W ist mit

einer Verbindung zwischen den Schaltelementen **41** und **44** verbunden.

[0078] Die Freilaufdioden **22, 25, 32, 35, 42** und **45** sind jeweils mit den Schaltelementen **21, 24, 31, 34, 41** und **44** in einer solchen Richtung parallel geschaltet, dass ein Vorwärtsstrom im Kreis durch ein entsprechendes Schaltelement und eine Diode fließt. In der vorliegenden Beschreibung bedeutet "antiparallel verbunden", dass eine Freilaufdiode mit einem Schaltelement in einer solchen Richtung verbunden ist, dass der Vorwärtsstrom im Kreis fließt. Die Freilaufdioden **22, 25, 32, 35, 42** und **45** sind vorgesehen, um die Schaltelemente **21, 24, 31, 34, 41** und **44** jeweils vor Sperrströmen zu schützen.

[0079] Die Treiberschaltungen **20, 23, 30, 33, 40** und **43** sind mit den Steuerelektroden bzw. Gates der jeweiligen Schaltelemente **21, 24, 31, 34, 41** und **44** verbunden. Die Treiberschaltungen **20, 23, 30, 33, 40** und **43** treiben jeweils die Schaltelemente **21, 24, 31, 34, 41** und **44** in Abhängigkeit von entsprechenden Steuersignalen U_P , U_N , V_P , V_N , W_P und W_N .

[0080] Das eine Ende und das andere Ende des Kondensators **12** ist jeweils mit der höheren Potential führenden Versorgungsleitung PP bzw. der niedrigeren Potential führenden Versorgungsleitung NN außerhalb des Wechselrichters **5** verbunden. Der Kondensator **12** hat die Funktion, eine dem Wechselrichter **5** zugeführte Gleichstrom-Versorgungsspannung mittels seiner Kapazität C_{DC} auf einem konstanten Wert zu halten. Die Versorgungsleitungen PP mit höherem Potential, die außerhalb und innerhalb des Wechselrichters **5** angeordnet sind, sind miteinander durch einen Versorgungseingang P verbunden. Die Versorgungsleitungen NN mit niedrigerem Potential, die außerhalb und innerhalb des Wechselrichters **5** angeordnet sind, sind miteinander durch einen Versorgungseingang N verbunden.

[0081] Das eine Ende des Schalters **11** ist mit der Versorgungsleitung PP mit höherem Potential verbunden, und das andere Ende ist mit der Hauptenergieversorgung **10** verbunden. Die Hauptenergieversorgung **10** liefert dem Wechselrichter **5** eine Gleichstrom-Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} durch die Versorgungsleitungen PP, NN mit höherem und niedrigerem Potential. Der Schalter **11** ist als Relais ausgebildet. Der Schalter **11** wirkt als Hauptschalter, der EIN-schaltet, wenn die Energieumwandlungsvorrichtung **401** mit dem Normalbetrieb beginnt, und AUS-schaltet, wenn dieser angehalten wird, und zwar auf der Grundlage eines Steuersignals Rel_1 , das von der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** übertragen wird.

[0082] Die Anfangsladeschaltung **6** wirkt als Ladepumpe zum Laden des Kondensators **12** im Zusammenwirken mit dem Schaltelement **24**, das während

einer Anfangsladeperiode, d. h. einer Periode, in der die Anfangsladeoperation ausgeführt wird, auf der Grundlage der Steuerung durch die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** wiederholt EIN- und AUS-schaltet. Zu diesem Zweck umfasst die Anfangsladeschaltung **6** eine Gleichstrom-Energieversorgung **16**, einen Schalter **18** und eine Diode **19**, die miteinander in Reihe geschaltet sind. Das eine Ende der Anfangsladeschaltung **6** ist mit einem der Ausgänge U, V und W verbunden (nachstehend wird der Ausgang V angenommen), und das andere Ende ist mit der Versorgungsleitung NN mit niedrigerem Potential verbunden.

[0083] Die Gleichstrom-Energieversorgung **16** ist als Hilfsenergieversorgung ausgebildet, die eine niedrigere Ausgangsspannung und eine höhere Ausgangsimpedanz als die Hauptenergieversorgung **10** hat. Beispielsweise ist die Gleichstrom-Energieversorgung **16** als eine Schaltenergieversorgung ausgebildet, die eine Gleichstrom-Versorgungsspannung V_{DC2} , die von einer externen Gleichstrom-Energieversorgung **15** zugeführt wird, in eine Gleichstrom-Spannung V_{DC3} umrichtet und diese ausgibt, d. h. sie ist ein Umrichter, wie [Fig. 1](#) zeigt.

[0084] Der Schalter **18** ist als Relais aufgebaut. Der Schalter **18**, der von dem mit der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** übertragenen Steuersignal Rel_2 gesteuert wird, wird auf EIN gesetzt, wenn die Energieumwandlungsvorrichtung **401** den Anfangsladevorgang ausführt, und schaltet AUS, wenn der Normalbetrieb beginnt.

[0085] Die Diode **19** wirkt als Sperrdiode, die den als Niederspannungsrelais ausgebildeten Schalter **18** und die Gleichstrom-Energieversorgung **16** vor einer Hochspannung während des Normalbetriebs schützt. Die Richtung der Diode **19** ist so eingestellt, dass ein Ladestrom I_{CHG} , der ein durch die Anfangsladeschaltung **6** fließender Strom ist, den Kondensator **12** mittels der Ladungspumpfunktion lädt. Bei einem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel ist die Richtung so eingestellt, dass ein Vorwärtsstrom der Diode **19** von der Gleichstrom-Energieversorgung **16** zu dem Ausgang V fließt.

[0086] Nachdem der Anfangsladevorgang zum Laden des Kondensators **12** abgeschlossen ist, überträgt die Hauptsteuereinheit **200** die Steuersignale U_P , U_N , V_P , V_N , W_P und W_N zu den jeweiligen Treiberschaltungen **20, 23, 30, 33, 40** und **43**, um die Schaltelemente **21, 24, 31, 34, 41** und **44** so zu steuern, dass sie selektiv und wiederholt EIN und AUS schalten. Dadurch wird der Normalbetrieb ausgeführt, und Energie wird der induktiven Last **50** von der Hauptenergieversorgung **10** durch den Wechselrichter **5** zugeführt.

[0087] Die Hauptsteuereinheit **200** weist z. B. eine

CPU auf, die auf der Grundlage eines Programms und eines das Programm speichernden Speichers wirksam ist. Bei dieser Konfiguration arbeitet die CPU auf der Grundlage des in dem Speicher gespeicherten Programms, um die Steuersignale U_P , U_N , V_P , V_N , W_P und W_N zu berechnen.

[0088] Die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** steuert ein Schaltelement (das nachstehend als das Schaltelement **24** angenommen ist), das nicht eines der Schaltelemente ist, die mit dem Ausgang (der bereits als der Ausgang **V** angenommen wird) verbunden sind, der mit der Anfangsladeschaltung **6** verbunden ist, und die Schalter **11**, **18** während der Anfangsladeperiode. Das Steuersignal U_N wird zu der Treiberschaltung **23** übertragen, und dadurch wird das Anfangsschaltelement **24** gesteuert.

[0089] Die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** führt die Steuerung auf der Grundlage der geladenen Spannung V_{DC} über den Kondensator **12** und des Ladestroms I_{CHG} aus, der durch die Anfangsladeschaltung **6** fließt. Zu diesem Zweck umfasst die Energieumwandlungsvorrichtung **401** eine Ladespannungs-Detektierschaltung, welche die geladene Spannung V_{DC} detektiert, und eine Ladestrom-Detektierschaltung, welche den Ladestrom I_{CHG} detektiert.

[0090] Bei einem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel weist die Ladespannungs-Detektierschaltung die Widerstände **13** und **14** auf. Das eine Ende des Widerstands **13** ist mit der höheren Potential aufweisenden Versorgungsleitung PP verbunden. Das eine Ende des Widerstands **14** ist mit dem anderen Ende des Widerstands **13** verbunden, und sein anderes Ende ist mit der niedrigeren Potential aufweisenden Versorgungsleitung NN verbunden. Die Spannung an einem Verbindungspunkt zwischen den Widerständen **13** und **14** wird als eine Detektierspannung V_{DC4} ausgegeben. Somit wird die Detektierspannung V_{DC4} erhalten durch Division der Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} durch die Widerstandswerte R1 und R2 der Widerstände **13** und **14**.

[0091] Bei dem Beispiel von [Fig. 1](#) weist die Ladestrom-Detektierschaltung einen Widerstand **17** auf, der in einen Weg des Ladestroms I_{CHG} eingefügt ist, und gibt dadurch den Spannungsabfall über den Widerstand **17** als die Detektierspannung V_{CHG} aus. Der Widerstand **17** ist zwar bei dem Beispiel von [Fig. 1](#) im Inneren der Gleichstrom-Energieversorgung **16** angeordnet, der Widerstand **17** kann aber auch in einen anderen Bereich in dem Weg des Ladestroms I_{CHG} eingefügt sein, etwa innerhalb der Induktionslast **50**. Die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** empfängt die Detektierspannungen V_{DC4} und V_{CHG} und führt dadurch die Steuerung auf der Grundlage der geladenen Spannung V_{DC} und des Ladestroms I_{CHG} durch.

1.2. Betrieb der Vorrichtung

[0092] Es folgt nun die Beschreibung des Anfangsladevorgangs der Energieumwandlungsvorrichtung **401**. Während der Anfangsladeperiode steuert die Hauptsteuereinheit **200** sämtliche Schaltelemente **21**, **24**, **31**, **34**, **41** und **44** so, dass sie AUS bleiben. Nachdem die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** mit dem Betrieb begonnen hat, ist jedoch nur das Schaltelement **24** wirksam auf der Grundlage der Steuerung durch die Anfangsladungs-Steuereinheit **70**, was gegenüber der Steuerung durch die Hauptsteuereinheit **200** vorgezogen wird.

[0093] [Fig. 2](#) ist ein Zeitdiagramm, das den Anfangsladevorgang zeigt, der auf der Grundlage der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** durchgeführt wird. Die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** überträgt die Steuersignale Rel_1 und Rel_2 , um den Schalter **11** so lange AUS und den Schalter **18** so lange EIN zu halten, wie die geladene Spannung V_{DC} über dem Kondensator **12** niedriger als eine vorher definierte Referenzspannung (siehe (D) und (E) von [Fig. 2](#)) ist. Daher wird anfangs, nachdem die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** mit ihrem Betrieb begonnen hat, der Schalter **11** AUS und der Schalter **18** EIN gesetzt.

[0094] Die Ladespannung V_{DC} steigt allmählich von Null auf die Gleichspannung V_{DC3} an, die von der Gleichstrom-Energieversorgung **16** ausgegeben wird, weil der Kondensator **12** mit dem Ladestrom I_{CHG} geladen wird, der von der Gleichstrom-Energieversorgung **16** durch den Schalter **18**, die Diode **19** und die Freilaufdiode **32** fließt.

[0095] Wie oben gesagt wird, ist die Gleichspannung V_{DC3} ausreichend niedriger als die Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} vorgegeben, und die Ausgangsimpedanz der Gleichstrom-Energieversorgung **16** ist ausreichend höher als diejenige der Hauptenergieversorgung **10** vorgegeben. Wenn dabei die Gleichstrom-Energieversorgung **16** als eine Schaltenergieversorgung konfiguriert ist, kann ihr Innenwiderstand ohne weiteres hoch vorgegeben sein.

[0096] Daher ist der Ladestrom I_{CHG} auf einen derart kleinen Wert begrenzt, dass die Gleichstrom-Energieversorgung **16** nicht mit einer hohen Last belastet wird. Der Kontaktwiderstand des Schalters **18**, der Einschaltwiderstand der Diode **19** und der Einschaltwiderstand der Freilaufdiode **32** tragen ebenfalls zur Begrenzung des Ladestroms I_{CHG} bei.

[0097] Wenn die geladene Spannung V_{DC} die Gleichspannung V_{DC3} erreicht (zum Zeitpunkt $t = 0$), überträgt die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** das Steuersignal U_N , um das Schaltelement **24** EIN-zu-schalten (siehe (C) von [Fig. 2](#)). Alternativ kann die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** das Schaltelement

24 vom Beginn an EIN-schalten, ohne zu warten, bis die Ladespannung V_{DC} die Gleichspannung V_{DC3} erreicht.

[0098] Nachdem das Schaltelement **24** EIN-geschaltet ist, fließt der Ladestrom I_{CHG} (mit I_1 bezeichnet) durch die Wicklungen **52** und **51**, wie bei Bezugnahme auf eine äquivalente Schaltung gemäß [Fig. 3](#) zu sehen ist. In [Fig. 3](#) bezeichnet ein Gesamtwiderstand R_{Tot1} eine äquivalente Gesamtwiderstandskomponente des Wegs des Ladestroms I_{CHG} , während das Schaltelement **24** auf EIN gesetzt ist. Der Gesamtwiderstandswert R_{Tot1} umfasst den Ausgangswiderstand der Gleichstrom-Energieversorgung **16**, den Einschaltwiderstand des Schalters **18**, den Einschaltwiderstand der Diode **19**, den Widerstandswert der Wicklungen **51** und **52** der induktiven Last **50** und den Einschaltwiderstand des Schaltelements **24**.

[0099] Während das Schaltelement **24** auf EIN gesetzt ist, nimmt der Ladestrom I_{CHG} stetig zu unter Speicherung der Energie in den Induktivitäten **52** und **51** der induktiven Last **50**. Wenn der Ladestrom I_{CHG} einen vorher definierten Referenzstrom I_{Max} überschreitet, gibt die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** das Steuersignal U_N ab, um das Schaltelement **24** AUS-zuschalten (siehe (B) und (C) von [Fig. 2](#)). Der Referenzstrom I_{Max} ist nicht größer als ein maximal zulässiger Strom vorgegeben, der den Kondensator **12** lädt.

[0100] Wenn das Schaltelement **24** AUS-schaltet, zwingt die in den Induktivitäten L_V und L_U der Wicklungen **51** und **52** gespeicherte Energie den Ladestrom I_{CHG} (mit I_2 bezeichnet), durch die Freilaufdiode **22** zu fließen und daher Energie auf den Kondensator **12** zu übertragen, wie bei Bezugnahme auf die in [Fig. 4](#) gezeigte äquivalente Schaltung ersichtlich ist. Infolgedessen wird der Kondensator **12** geladen, und somit steigt die geladene Spannung V_{DC} über den Kondensator **12** an, wie Teil (A) von [Fig. 2](#) zeigt. In [Fig. 4](#) repräsentiert ein Gesamtwiderstandswert R_{Tot2} eine äquivalente Gesamtwiderstandskomponente des Wegs des Ladestroms I_{CHG} , während das Schaltelement **24** auf AUS gesetzt ist. Der Gesamtwiderstand R_{Tot2} umfasst den Ausgangswiderstand der Gleichstrom-Energieversorgung **16**, den Einschaltwiderstand des Schalters **18**, den Einschaltwiderstand der Diode **19**, die Widerstandswerte der Wicklungen **51** und **52** der induktiven Last **50**, den Einschaltwiderstand der Freilaufdiode **22** und den Innenwiderstand des Kondensators **12**.

[0101] Während das Schaltelement **24** AUS gesetzt ist, fällt der Ladestrom I_{CHG} weiter (siehe (B) von [Fig. 2](#)). Wenn der Ladestrom I_{CHG} unter einen vorher definierten Referenzstrom I_{Min} fällt, gibt die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** das Steuersignal U_N ab, um das Schaltelement **24** EIN-zuschalten (siehe (B) und (C) von [Fig. 2](#)). Der Referenzstrom I_{Min} ist kleiner als

der Referenzstrom I_{Max} vorgegeben.

[0102] Die in dem Kondensator **12** gespeicherte Energie wird auch dann nicht durch das Schaltelement **24** entladen, wenn das Schaltelement **24** EIN-geschaltet, weil die Freilaufdioden **22**, **32** und **42** in Sperrichtung vorgespannt sind. Die Energieentladung von dem Kondensator **12** während der Anfangsladepériode resultiert nur aus einem Strom I_3 , der durch die Widerstände **13** und **14** fließt und gewöhnlich vernachlässigbar ist, weil die Widerstandswerte dieser Widerstände Hunderte von kOhm betragen.

[0103] Das Schaltelement **24** schaltet wiederholt EIN und AUS (siehe (B) von [Fig. 2](#)). Infolgedessen wird die Ladespannung über den Kondensator **12** allmählich stufenweise erhöht (siehe (A) von [Fig. 2](#)). Wenn die Ladespannung V_{DC} die Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} oder einen entsprechend nahen Wert davon erreicht, gibt die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** die Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N ab, um den Schalter **18** und das Schaltelement **24** AUS-zuschalten und den Schalter **11** EIN-zuschalten (siehe (A) bis (E) von [Fig. 2](#)). Somit ist der Anfangsladevorgang abgeschlossen, und der Normalbetrieb wird gestartet. Ob die Ladespannung V_{DC} die Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} oder einen nahen Wert davon erreicht, wird auf der Grundlage bestimmt, ob die Ladespannung V_{DC} die vorher definierte Referenzspannung überschreitet oder nicht. Daher ist die Referenzspannung mit einem Wert vorgegeben, der sehr nahe an der Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} liegt.

[0104] Die Zeitdauer bis zur Beendigung des Anfangsladevorgangs ist von verschiedenen Parametern abhängig, welche die folgenden umfassen: die Kapazität C_{CD} des Kondensators, die Induktivitäten L_U und L_V der induktiven Last **50**, die Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} der Hauptenergieversorgung **10**, die Gleichspannung V_{DC3} der Gleichstrom-Energieversorgung **16**, die Referenzströme I_{Max} und I_{Min} und die Gesamtwiderstandswerte R_{Tot1} und R_{Tot2} in dem Weg des Ladestroms I_{CHG} .

1.3. Erste beispielhafte Ausbildung der Anfangsladungs-Steuereinheit **70**

[0105] [Fig. 5](#) ist ein Schaltbild, das eine beispielhafte Ausbildung der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** zeigt, die nur aus Hardware mit einer analogen Schaltung als einem Hauptbereich davon gebildet ist. In [Fig. 5](#) bildet die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** einen Komparator und einen Hysterese-Detektor unter Verwendung von Operationsverstärkern **80** und **81** vom Typ mit zwei Eingängen. Der Operationsverstärker **80** empfängt die Detektierspannung V_{DC4} an seinem invertierenden Eingang über einen Widerstand **71**, der einen Widerstandswert R_{in1} hat, und empfängt die Referenzspannung V_{Ref1} an seinem

nicht invertierenden Eingang über einen Widerstand **72**, der einen Widerstandswert R_{p1} hat. Daher wirkt der Operationsverstärker **80** als Komparator, der die Detektierspannung V_{DC4} und die Referenzspannung V_{Ref1} miteinander vergleicht.

[0106] Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers **80** wird von einem Widerstand **73** mit einem Widerstandswert R_{o1} und einer Z-Diode **78** mit einer Z-Spannung V_{z1} eingestellt. Die Beziehung zwischen einer eingestellten Ausgangsspannung V_{o1} und der Detektierspannung V_{DC4} ist in einem Diagramm in [Fig. 6](#) gezeigt. Die Referenzspannung V_{Ref1} ist auf einen solchen Wert eingestellt, dass die Detektierspannung V_{DC4} die Referenzspannung V_{Ref1} erreicht, wenn die geladene Spannung V_{DC} eine Referenzspannung erreicht, welche die Beendigung des Anfangsladevorgangs zulässt.

[0107] Unter erneuter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) wird die Ausgangsspannung V_{o1} zu dem Schalter **18** als das Steuersignal Rel_2 und zu dem Schalter **11** durch einen logischen Inverter **82** als das Steuersignal Rel_1 abgegeben. Ferner wird die Ausgangsspannung V_{o1} einem Eingang eines logischen UND-Glieds **83** zugeführt.

[0108] Der Operationsverstärker **81** empfängt die Detektierspannung V_{CHG} an seinem invertierenden Eingang über einen Widerstand **74** mit einem Widerstandswert R_{in2} und empfängt die Referenzspannung V_{Ref2} an seinem nicht invertierenden Eingang über einen Widerstand **75** mit einem Widerstandswert R_{p2} . Das Ausgangssignal des Operationsverstärkers **81** wird durch einen Widerstand **76** mit einem Widerstandswert R_f positiv rückgekoppelt. Daher hat der Operationsverstärker **81** die Funktion eines Hysterese-Detektors, der die Detektierspannung V_{CHG} und die Referenzspannung V_{Ref2} mit Hysterese-Abhängigkeit miteinander vergleicht.

[0109] Die Ausgangsspannung des Operationsverstärkers **81** wird von einem Widerstand **77**, der einen Widerstandswert R_{o2} hat, und einer Z-Diode **79**, die eine Z-Spannung V_{z2} hat, eingestellt. Die Beziehung zwischen einer eingestellten Ausgangsspannung V_{o2} und der Detektierspannung V_{CHG} ist in dem Diagramm von [Fig. 7](#) gezeigt. Die Referenzspannung V_{Ref2} ist auf einen solchen Wert eingestellt, dass die Detektierspannung V_{CHG} den Max. Pegel von [Fig. 7](#) erreicht, wenn der Ladestrom I_{CHG} den Referenzstrom I_{Max} erreicht, und die Detektierspannung V_{CHG} den Min. Pegel von [Fig. 7](#) erreicht, wenn der Ladestrom I_{CHG} den Referenzstrom I_{Min} erreicht.

[0110] Unter erneuter Bezugnahme auf [Fig. 5](#) wird die Ausgangsspannung V_{o2} dem anderen Eingang des logischen UND-Glieds **83** zugeführt. Die Ausgangsspannung des logischen UND-Glieds **83** wird als das Steuersignal U_N zu der Treiberschaltung **23**

übertragen. Das logische UND-Glied **83** wirkt als logischer Schalter, der die Ausgangsspannung V_{o2} zu der Treiberschaltung **23** als das Steuersignal U_N nur dann überträgt, wenn die Ausgangsspannung V_{o1} einen hohen Wert hat.

1.4. Zweite beispielhafte Ausbildung der Anfangsladungs-Steuereinheit **70**

[0111] Die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** kann auch implementiert werden unter Anwendung einer digitalen Vorgehensweise und Verwendung eines Software-Steueralgorithmus. [Fig. 8](#) zeigt eine weitere beispielhafte Ausbildung der Anfangsladungs-Steuereinheit **70**, die einen DSP (digitalen Signal-Prozessor) **91** verwendet. Ein A/D-Wandler **92**, der an einer Eingangsstufe vorgesehen ist, wandelt die Detektierspannung V_{DC4} und V_{CHG} von der analogen in die digitale Form um.

[0112] Eine Verarbeitungseinheit **93** führt eine digitale Verarbeitung auf der Grundlage der Detektierspannungen V_{DC4} und V_{CHG} , die digitale Form haben, durch, um dadurch Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N zu berechnen, die den Schalter **11**, den Schalter **18** und das Schaltelement **24** steuern. Eine Pufferschaltung **92**, die an einer Ausgangsstufe vorgesehen ist, verstärkt die Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N durch Puffer **95**, **96** und **97**, um sie dadurch zu dem Schalter **11** bzw. dem Schalter **18** bzw. der Treiberschaltung **23** zu übertragen.

[0113] Die Verarbeitungseinheit **93** weist eine CPU **210**, die auf der Grundlage eines Programms wirksam ist, und einen das Programm speichernden Speicher **211** auf. Die CPU **210** arbeitet auf der Grundlage des in dem Speicher **211** gespeicherten Programms, um dadurch die Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N zu berechnen. Der Verarbeitungsablauf der Verarbeitungseinheit **93** ist in einem Ablaufdiagramm von [Fig. 9](#) gezeigt.

[0114] Zu Beginn der Abarbeitung (in Schritt **100**) entscheidet die Verarbeitungseinheit **93** auf der Grundlage eines Freigabesignals $Enbl$ (siehe [Fig. 8](#)), ob der Anfangsladevorgang gestartet werden soll (anders ausgedrückt, ob der Kondensator **12** bereits geladen worden ist oder der Wechselrichter **5** bereits in Betrieb ist oder nicht). Das Freigabesignal $Enbl$ wird von der Hauptsteuereinheit **200** abgegeben. Wenn das Freigabesignal $Enbl$ den Anfangsladevorgang nicht befiehlt, erfolgt einfach der Abbruch der Ausführung (in Schritt **113**), andernfalls wird die Ausführung fortgesetzt durch Setzen des Steuersignals U_N auf einen solchen Wert, dass das Schaltelement **24** EIN-geschaltet wird (in Schritt **102**).

[0115] Als nächstes werden die Detektierspannungen V_{DC4} und V_{CHG} eingegeben (in Schritt **103**). Anschließend wird die Detektierspannung V_{DC4} mit der

Referenzspannung V_{Ref1} verglichen (in Schritt **104**). Wenn die Detektierspannung V_{DC4} die Referenzspannung V_{Ref1} nicht erreicht hat, wird das Steuersignal Rel_1 auf einen solchen Wert gesetzt, dass der Schalter **11** AUS gesetzt wird, und das Steuersignal Rel_2 wird auf einen solchen Wert gesetzt, dass der Schalter **18** EIN gesetzt wird (in Schritt **106**). Andernfalls wird das Steuersignal Rel_1 auf einen solchen Wert gesetzt, dass der Schalter **11** EIN gesetzt wird, das Steuersignal Rel_2 wird auf einen solchen Wert gesetzt, dass der Schalter **18** AUS gesetzt wird (in Schritt **105**), und das Programm beendet die Ausführung (in Schritt **113**), nachdem die Steuersignale Rel_1 und Rel_2 ausgegeben sind (in Schritt **112**).

[0116] Nach Schritt **106** entscheidet die Verarbeitungseinheit **93**, ob der Ladestrom I_{CHG} den Referenzstrom I_{Max} überschreitet (in Schritt **107**). Wenn der Ladestrom I_{CHG} größer als der Referenzstrom I_{Max} ist, wird das Steuersignal U_N auf einen solchen Wert gesetzt, dass das Schaltelement **24** AUS-geschaltet wird (in Schritt **108**), und der Ablauf springt zu Schritt **103** zurück, nachdem die Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N ausgegeben sind (in Schritt **111**).

[0117] Wenn das Ergebnis von Schritt **107** falsch ist (d. h. wenn der Ladestrom I_{CHG} nicht größer als der Referenzstrom I_{Max} ist), wird bestimmt, ob der Ladestrom I_{CHG} unter den Referenzstrom I_{Min} gefallen ist oder nicht (in Schritt **109**). Wenn der Ladestrom I_{CHG} kleiner als der Referenzstrom I_{Min} ist, wird das Steuersignal U_N auf einen solchen Wert gesetzt, daß das Schaltelement **24** EIN-geschaltet wird (in Schritt **110**). Wenn das Ergebnis von Schritt **109** falsch ist (d. h. wenn der Ladestrom I_{CHG} nicht kleiner als der Referenzstrom I_{Min} ist) oder Schritt **110** abgeschlossen ist, erfolgt Rücksprung des Programms zu Schritt **103**, nachdem die Steuersignale Rel_1 , Rel_2 und U_N ausgegeben sind (in Schritt **111**).

[0118] [Fig. 8](#) zeigt zwar das Beispiel, bei dem die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** ein DSP **91** ist und die Verarbeitungseinheit **93** auf der Grundlage des Programms wirksam ist, aber der DSP **91** kann durch den A/D-Wandler **92** und eine andere Verarbeitungseinheit **93** ersetzt werden, die aus einer Digitalschaltung besteht, die ohne jedes Programm wirksam ist.

1.5. Der Untermauerung dienende Daten

[0119] Nachstehend wird die Computersimulation beschrieben, um das Betriebsverhalten der Energieumwandlungsvorrichtung **401** zu bestätigen. In der für die Simulation ausgebildeten Energieumwandlungsvorrichtung **401** ist die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** entsprechend [Fig. 8](#) konfiguriert. Die bei der Simulation verwendeten Schaltungsparameter sind wie folgt:

$V_{\text{DC1}} = 288 \text{ V}$; $V_{\text{DC3}} = 12 \text{ V}$; $I_{\text{Max}} = 2 \text{ A}$; $I_{\text{Min}} = 1,4 \text{ A}$; $L_U = L_V = L_W = 500 \text{ } \mu\text{H}$ (Induktivität der induktiven Last **50**

je Phase); $R_U = R_V = R_W = 10 \text{ m}\Omega$ (Widerstand der induktiven Last **50** je Phase); $C_{\text{DC}} = 180 \text{ } \mu\text{F}$; $\text{ESR} = 1 \text{ m}\Omega$ (effektiver Reihenwiderstand des Kondensators **12**); $\text{ESL} = 20 \text{ nH}$ (effektive Reiheninduktivität des Kondensators **12**); $R_1 = 400 \text{ k}\Omega$; $R_2 = 7 \text{ k}\Omega$; und Einschaltwiderstand des Schalters **18** = $100 \text{ m}\Omega$.

[0120] Die Diagramme der [Fig. 10](#) und [Fig. 11](#) zeigen das Resultat der Simulation. [Fig. 11](#) zeigt die Endstufe von [Fig. 10](#) im Detail unter Vergrößerung des Zeitmaßstabs. Das Simulationsergebnis zeigt, dass die Ladespannung V_{DC} über den Kondensator **12** allmählich ansteigt, nachdem der Anfangsladebetrieb begonnen hat (bei $t = 0$), und sie erreicht die Hauptenergieversorgungsspannung V_{DC1} und das Ende des Anfangsladevorgangs nach $0,5 \text{ s}$. Somit bestätigt das Simulationsergebnis den erfolgreichen Betrieb der Energieumwandlungsvorrichtung **401**.

1.6. Vorteile der Vorrichtung

[0121] Da bei der Energieumwandlungsvorrichtung **401** während des Anfangsladevorgangs vor dem Normalbetrieb der Kondensator **12** von dem Ladestrom I_{CHG} bis zu einem bestimmten Spannungswert geladen wird, der durch die Anfangsladeschaltung **6** fließt, wird ein Einschaltstoßstrom infolge des EIN-schaltens des Schalters **11** für den Beginn des Normalbetriebs unterdrückt. Da ferner die Ladungspumpfunktion verwendet wird, werden im Gegensatz zu dem ersten Stand der Technik der Leistungswiderstand **11a** und der Schalter **11b** (siehe [Fig. 16](#)), durch die ein von der Hauptenergieversorgung **10** gelieferter großer Strom fließt, nicht benötigt, und im Gegensatz zu dem zweiten Stand der Technik (siehe [Fig. 17](#)) kann ein Nennstrom groß vorgegeben werden. Da ferner das Schaltelement **24** und die erste Freilaufdiode **22**, die für den Normalbetrieb unerlässlich sind, und die Induktivitäten L_U und L_V der induktiven Last **50** dazu verwendet werden, die Ladungspumpfunktion auszuführen, werden im Gegensatz zu dem dritten Stand der Technik weder das zusätzliche Schaltelement **11e** noch der Induktor **11d** (siehe [Fig. 18](#)) benötigt. Somit wird bei der Energieumwandlungsvorrichtung **401** auch unter einem hohen Nennstrom hohe Zuverlässigkeit erreicht, und vorteilhafterweise können das Gesamtgewicht und -volumen der Vorrichtung verringert werden.

[0122] Wenn ferner die Ausbildung von [Fig. 5](#) bei der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** verwendet wird, ist die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** einfach und mit geringem Gewicht konfiguriert, und die Herstellungskosten der Vorrichtung werden verringert. Wenn die Ausbildung von [Fig. 8](#) bei der Anfangsladungs-Steuereinheit **70** verwendet wird, können die Referenzspannung, der Referenzstrom, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und andere Bedingungen mit hoher Präzision eingestellt werden, und es ist leicht, diese Bedingungen einzustellen oder zu modifizie-

ren. Daher wird ein präziser Steuerbetrieb implementiert, und eine flexible Designänderung, die für die sogenannte Mehrartikel-Kleinmengenproduktion geeignet ist, wird erleichtert. Wenn ferner die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** die Verarbeitungseinheit **93** aufweist, die aus einer Digitalschaltung besteht, die ohne Programm wirksam ist, kann ein hochpräziser Steuerungsbetrieb mit nur geringen ungewöhnlichen Änderungen implementiert werden.

2. Zweite bevorzugte Ausführungsform

[0123] **Fig. 12** ist ein Schaltbild, das eine Ausbildung einer Energieumwandlungsvorrichtung gemäß der zweiten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Die Energieumwandlungsvorrichtung **402** unterscheidet sich von der Energieumwandlungsvorrichtung **401** der ersten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** und die Hauptsteuereinheit **200** in einer einzigen integrierten Steuereinheit **201** integriert sind. Die integrierte Steuereinheit **201** weist eine CPU **203** und einen Speicher **204** auf, in dem ein Programm gespeichert ist, das die Befehle für den Betrieb der CPU **203** liefert. Die CPU **203** wirkt auf der Grundlage des in dem Speicher **204** gespeicherten Programms, so dass sowohl die Steueroperationen durch die Anfangsladungs-Steuereinheit **70** als auch diejenigen durch die Hauptsteuereinheit **200** implementiert werden. Daher werden bei der Energieumwandlungsvorrichtung **402** eine weitere Gewichts- und Volumenverringerung sowie eine Kostensenkung der Vorrichtung erreicht.

3. Dritte bevorzugte Ausführungsform

[0124] **Fig. 13** ist ein Schaltbild, das eine Ausbildung einer Energieumwandlungsvorrichtung gemäß der dritten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **403** unterscheidet sich von der Energieumwandlungsvorrichtung der ersten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass sie eine Gleichrichterschaltung **301** aufweist, die eine von einer externen Wechselstrom-Energieversorgung **300** eingeführte Wechselspannung in eine Gleichspannung V_{DC1} umwandelt. Die Gleichrichterschaltung **301** führt die Gleichspannung V_{DC1} zwischen die Versorgungsleitung NN mit niedrigerem Potential und das andere Ende des Schalters **11**. Die Gleichstrom-Energieversorgung **16** ist als Umrichter konfiguriert und richtet die Gleichspannung V_{DC1} in eine andere Gleichspannung V_{DC3} um.

[0125] Somit kann die Energieumwandlungsvorrichtung **403** einfach verwendet werden, indem eine verfügbare Wechselstrom-Energieversorgung **300** angeschlossen wird, ohne dass eine externe Gleichstrom-Energieversorgung bereitgestellt werden muss. Da ferner die Gleichstrom-Energieversorgung

16 ein Umrichter ist, der die von der Gleichrichterschaltung **301** erzeugte Gleichspannung V_{DC1} nutzt, ist die Gleichstrom-Energieversorgung **16** einfach ausgebildet.

4. Vierte bevorzugte Ausführungsform

[0126] **Fig. 14** ist ein Schaltbild, das eine Ausbildung einer Energieumwandlungsvorrichtung nach der vierten bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **404** unterscheidet sich von der Energieumwandlungsvorrichtung der ersten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass Versorgungsspannungen der Treiberschaltungen **23**, **33** und **43** von der Gleichstrom-Energieversorgung **16** geliefert werden. Daher wird in der Energieumwandlungsvorrichtung **404** vorteilhafterweise keine zusätzliche Energieversorgung benötigt, um den Treiberschaltungen **23**, **33** und **43** die Versorgungsspannungen zuzuführen. Obwohl die Strombelastbarkeit der Gleichstrom-Energieversorgung **16** den Anforderungen sowohl für den Anfangsladevorgang als auch den Betrieb der Treiberschaltungen **23**, **33** und **43** genügen muss, sind Gesamtgewicht und -volumen sowie die Herstellungskosten der Vorrichtung weiter herabgesetzt.

[0127] Den Treiberschaltungen **20**, **30** und **40** werden Versorgungsspannungen V_{DC5} , V_{DC6} bzw. V_{DC7} von anderen Energieversorgungen **60**, **61** bzw. **62** zugeführt. Es ist offensichtlich, dass den Treiberschaltungen **20**, **23**, **30**, **33**, **40** und **43** Versorgungsspannungen zugeführt werden müssen, und deshalb sind Energieversorgungen für die Treiberschaltungen **20**, **23**, **30**, **33**, **40** und **43** in den anderen bevorzugten Ausführungsformen nicht dargestellt.

5. Fünfte bevorzugte Ausführungsform

[0128] **Fig. 15** ist ein Schaltbild, das die Ausbildung einer Energieumwandlungsvorrichtung nach der fünften bevorzugten Ausführungsform der Erfindung zeigt. Diese Energieumwandlungsvorrichtung **405** unterscheidet sich von der Energieumwandlungsvorrichtung **401** der ersten Ausführungsform insbesondere dadurch, dass die Schaltelemente **41** und **44**, die Freilaufdioden **42** und **45** sowie die Treiberschaltungen **40** und **43** nicht vorhanden sind. Die Hauptsteuereinheit **200** gibt nur die Steuersignale U_P , U_N , V_P und V_N aus.

[0129] Die Energieumwandlungsvorrichtung **405** wird verwendet durch Anschließen einer einphasigen Induktionslast **55**. Bei dem Anfangsladevorgang wirkt eine Induktivität L_{UV} der Wicklung **56**, die in der induktiven Last **55** vorgesehen ist, auf äquivalente Weise wie die Induktivitäten L_U und L_W in der Energieumwandlungsvorrichtung **401** der ersten Ausführungsform. Somit implementiert die Energieumwandlungsvorrichtung **405** den Anfangsladevorgang auf äquiva-

lente Weise wie die Energieumwandlungsvorrichtung 401.

6. Modifikationen

[0130] Jede der oben angeführten bevorzugten Ausführungsformen zeigt beispielhaft, dass die Anfangsladungs-Steuereinheit 70 den Schalter 11, den Schalter 18 und das Schaltelement 24 auf der Grundlage der Detektierspannung V_{DC4} , welche die geladene Spannung V_{DC} repräsentiert, und der Detektierspannung V_{CHG} , welche den Ladestrom I_{CHG} darstellt, steuert. Im Gegensatz dazu kann die Anfangsladungs-Steuereinheit auch so konfiguriert sein, dass sie den Anfangsladevorgang beendet, ohne auf ein Signal Bezug zu nehmen, das Information über die Ladespannung V_{DC} liefert, d. h. den Anfangsladevorgang beendet, wenn eine vorher definierte Anfangsladeperiode abgelaufen ist, nachdem der Anfangsladevorgang gestartet wurde. Die Anfangsladungs-Steuereinheit 70 kann außerdem so konfiguriert sein, dass sie das Schaltelement 24 wiederholt in einer vorher definierten Periode EIN- und AUS-schaltet, ohne auf ein Signal Bezug zu nehmen, das über den Ladestrom I_{CHG} informiert.

[0131] Bei den Energieumwandlungsvorrichtungen gemäß den oben ausgeführten bevorzugten Ausführungsformen schaltet jedoch das Schaltelement 24 wiederholt EIN und AUS, so dass der Ladestrom I_{CHG} , der durch die Anfangsladeschaltung 6 fließt, in einem bestimmten Bereich gehalten wird. Somit wird der Kondensator 12 auf effiziente Weise innerhalb kurzer Zeit geladen. Ferner werden das Laden des Kondensators 12 und der anschließende Übergang in den Normalbetrieb auf der Grundlage der geladenen Spannung V_{DC} über den Kondensator 12 ausgeführt, und daher wird der Einschaltstoßstrom unterdrückt, wodurch mit hoher Zuverlässigkeit Zeit gespart wird.

[0132] Die Erfindung wurde im einzelnen gezeigt und beschrieben, aber die obige Beschreibung ist in jeder Hinsicht beispielhaft und bedeutet keinerlei Einschränkung. Es versteht sich somit, dass zahlreiche Modifikationen und Abwandlungen möglich sind, ohne vom Umfang der Erfindung abzuweichen.

Patentansprüche

1. Energieumwandlungsvorrichtung, die folgendes aufweist:
ein erstes Schaltelement (21), von dem eine Hauptelektrode mit einer ersten Versorgungsleitung (PP) verbunden ist;
eine erste Freilaufdiode (22), die mit dem ersten Schaltelement (21) antiparallel verbunden ist;
ein zweites Schaltelement (24), von dem eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des ersten Schaltelements (21) verbunden ist und von dem die andere Hauptelektrode mit einer zweiten Versor-

gungsleitung (NN) verbunden ist;
eine zweite Freilaufdiode (25), die mit dem zweiten Schaltelement (24) antiparallel verbunden ist;
ein drittes Schaltelement (31), von dem eine Hauptelektrode mit der ersten Versorgungsleitung (PP) verbunden ist;
eine dritte Freilaufdiode (32), die mit dem dritten Schaltelement (31) antiparallel verbunden ist;
ein viertes Schaltelement (34), von dem eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des dritten Schaltelements (31) verbunden ist und von dem die andere Hauptelektrode mit der zweiten Versorgungsleitung (NN) verbunden ist;
eine vierte Freilaufdiode (35), die mit dem vierten Schaltelement (34) antiparallel verbunden ist;
einen Kondensator (12), von dem das eine Ende bzw. das andere Ende mit der ersten Versorgungsleitung (PP) bzw. der zweiten Versorgungsleitung (NN) verbunden ist;
einen ersten Schalter (11), von dem ein Ende mit einer Versorgungsleitung von einem Satz von der ersten Versorgungsleitung (PP) und von der zweiten Versorgungsleitung (NN) verbunden ist;
eine Anfangsladungsschaltung (6), die eine Gleichstrom-Energieversorgung (16) und einen zweiten Schalter (18) hat, die in Reihe geschaltet sind, wobei ein Ende davon mit einer Verbindung zwischen dem dritten Schaltelement (31) und dem vierten Schaltelement (34) verbunden ist und das andere Ende davon mit der zweiten Versorgungsleitung (NN) verbunden ist; und
eine Anfangsladungs-Steuereinheit (70), die den zweiten Schalter (18) und das zweite Schaltelement (24) so steuert, dass der zweite Schalter (18) EIN-geschaltet wird und das Schaltelement (24) wiederholt EIN- und AUS-geschaltet wird, während der erste Schalter (11) AUS-geschaltet ist.

2. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit (70) das zweite Schaltelement (24) so steuert, dass es AUS-schaltet, wenn ein Ladestrom (I_{CHG}), der ein durch die Anfangsladungsschaltung (6) fließender Strom ist, einen ersten Referenzstrom (I_{Max}) überschreitet, und EIN-schaltet, wenn der Ladestrom (I_{CHG}) unter einen zweiten Referenzstrom (I_{Min}) fällt.

3. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit (70) den ersten Schalter (11) und den zweiten Schalter (18) so steuert, dass der erste Schalter (11) AUS-geschaltet wird und der zweite Schalter (18) EIN-geschaltet wird, wenn eine geladene Spannung (V_{DC} ; V_{DC4}), die eine Spannung an dem Kondensator (12) ist, niedriger als eine Referenzspannung (V_{Ref1}) ist, und der erste Schalter (11) EIN-geschaltet wird und der zweite Schalter (18) AUS-geschaltet wird, wenn die geladene Spannung (V_{DC} ; V_{DC4}) höher als die Referenzspannung (V_{Ref1}) ist.

4. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Anfangsladungsschaltung (6) ferner eine Diode (19) hat, die mit der Gleichstrom-Energieversorgung (16) und dem zweiten Schalter (18) in Reihe geschaltet ist.

5. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:
eine Gleichrichterschaltung (301), die einen Wechselspannungseingang von außen in eine Gleichspannung (V_{DC1}) umwandelt und diese Gleichspannung (V_{DC1}) zwischen der anderen Versorgungsleitung des genannten Satzes von der ersten Versorgungsleitung (PP) und der zweiten Versorgungsleitung (NN) und dem anderen Ende des ersten Schalters (11) anlegt.

6. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:
erste bis vierte Treiberschaltungen (20, 23, 30, 33), die jeweils mit Steuerelektroden der ersten bis vierten Schaltelemente (21, 24, 31, 34) verbunden sind und jeweils die ersten bis vierten Schaltelemente (21, 24, 31, 34) in Abhängigkeit von ersten bis vierten Steuersignalen (U_P , U_N , V_P , V_N) treiben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit (70) das zweite Steuersignal (U_N) zu der zweiten Treiberschaltung (23) überträgt, um dadurch das zweite Schaltelement (24) zu steuern.

7. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 2, die ferner aufweist:
eine Ladestrom-Detektierschaltung (17), die den Ladestrom (I_{CHG}) detektiert, um dadurch eine zweite Detektierspannung (V_{CHG}) auszugeben, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit (79) die zweite Detektierspannung (V_{CHG}) empfängt, um dadurch das zweite Schaltelement (24) auf der Basis des Ladestroms (I_{CHG}) zu steuern.

8. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Anfangsladungs-Steuereinheit (70) aufweist:
eine CPU (210), die auf der Grundlage eines Programms arbeitet; und
einen Speicher (211), der das Programm speichert, wobei die CPU (210) auf der Grundlage des Programms wirksam ist, um den ersten Schalter (11), den zweiten Schalter (18) und das zweite Schaltelement (24) zu steuern.

9. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:
eine Hauptsteuereinheit (200), welche die ersten bis vierten Schaltelemente (21, 24, 31, 34) so steuert, dass ein Normalbetrieb der ersten bis vierten Schaltelemente (21, 24, 31, 34) ausgeführt wird.

10. Energieumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, die ferner aufweist:

ein fünftes Schaltelement (41), von dem eine Hauptelektrode mit der ersten Versorgungsleitung (PP) verbunden ist;
eine fünfte Freilaufdiode (42), die mit dem fünften Schaltelement (41) antiparallel verbunden ist;
ein sechstes Schaltelement (44), von dem eine Hauptelektrode mit der anderen Hauptelektrode des fünften Schaltelements (41) verbunden ist und von dem die andere Hauptelektrode mit der zweiten Versorgungsleitung (NN) verbunden ist; und
eine sechste Freilaufdiode (45), die mit dem sechsten Schaltelement (44) antiparallel verbunden ist.

Es folgen 15 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

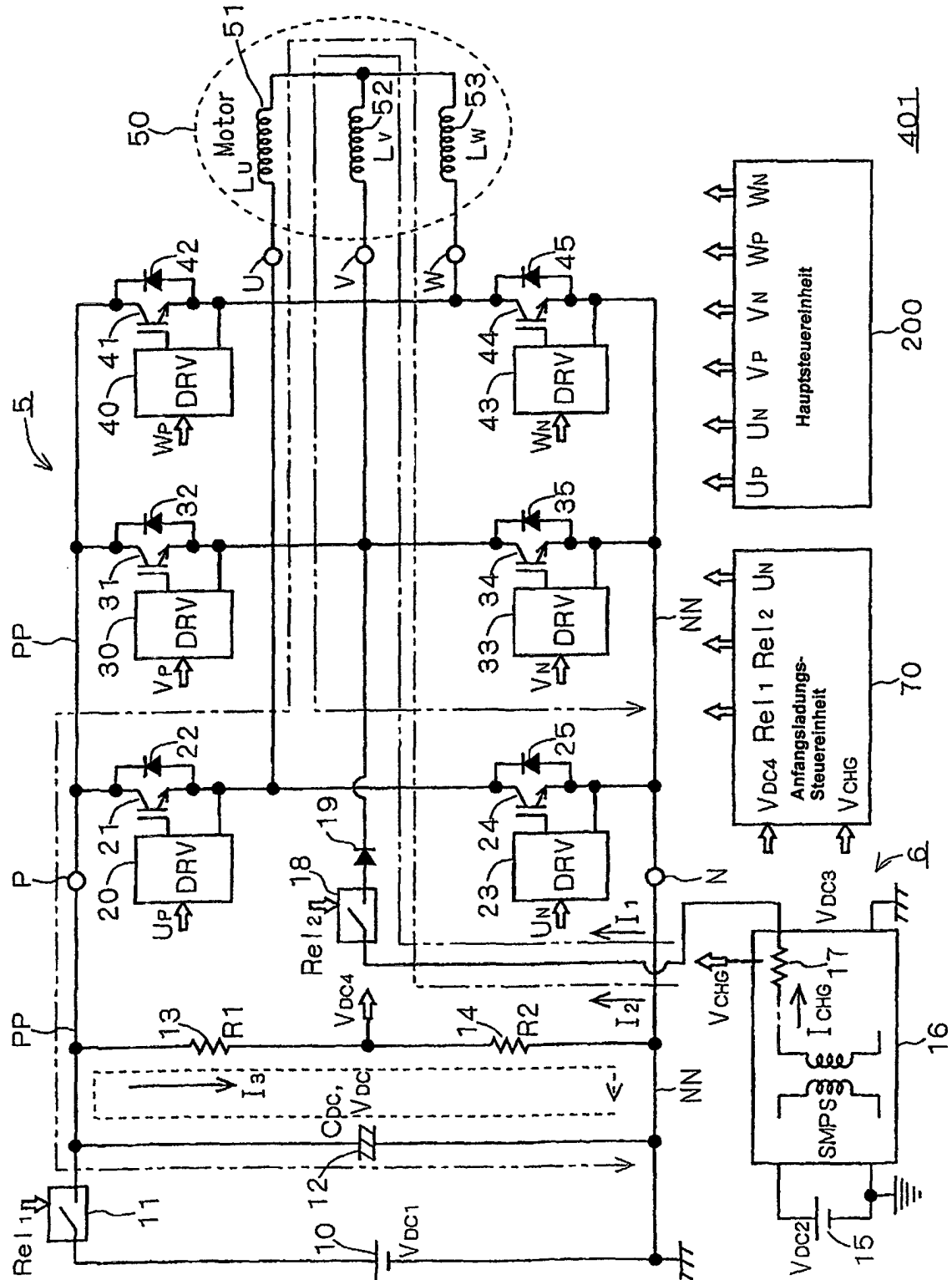


FIG. 2

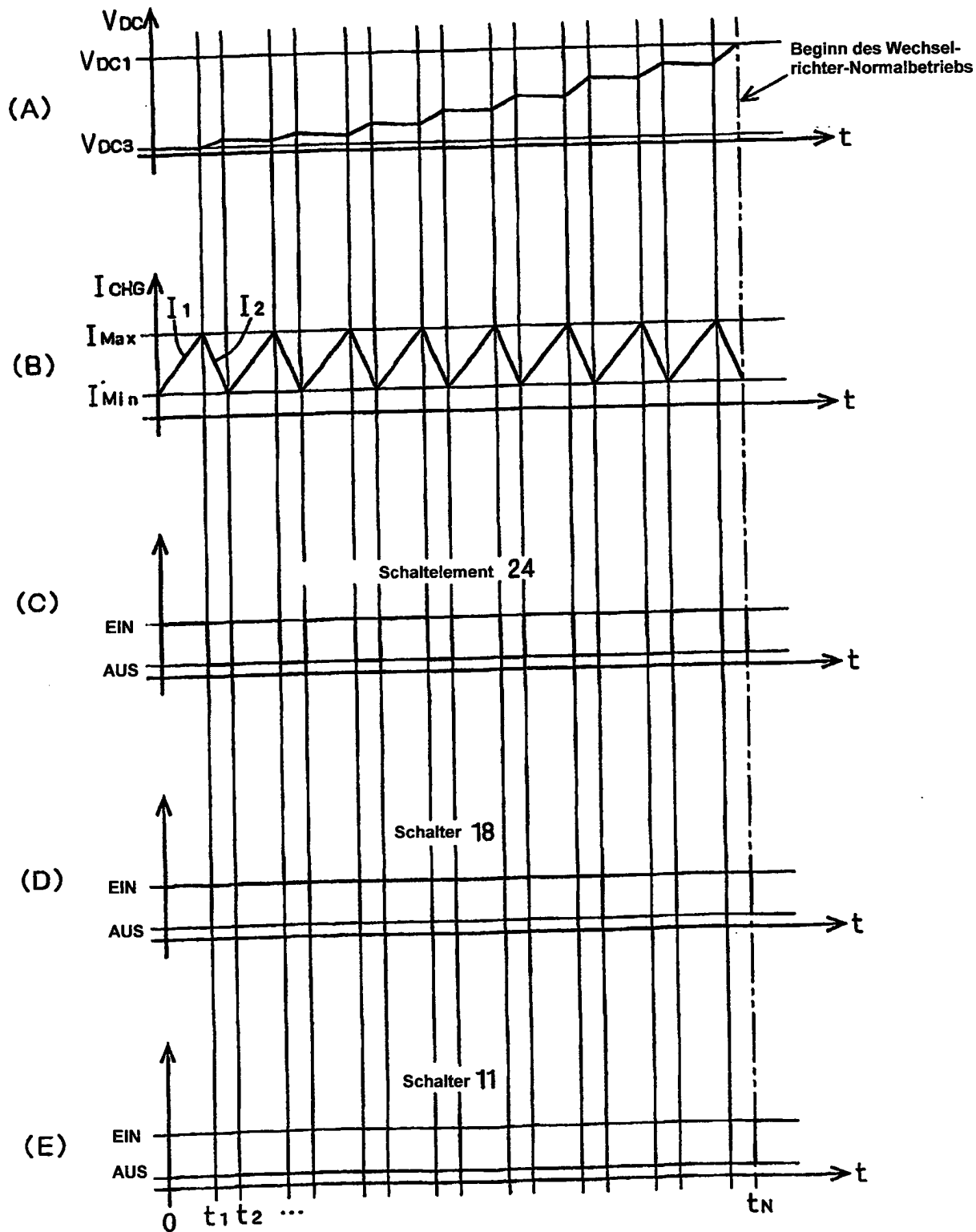


FIG. 3

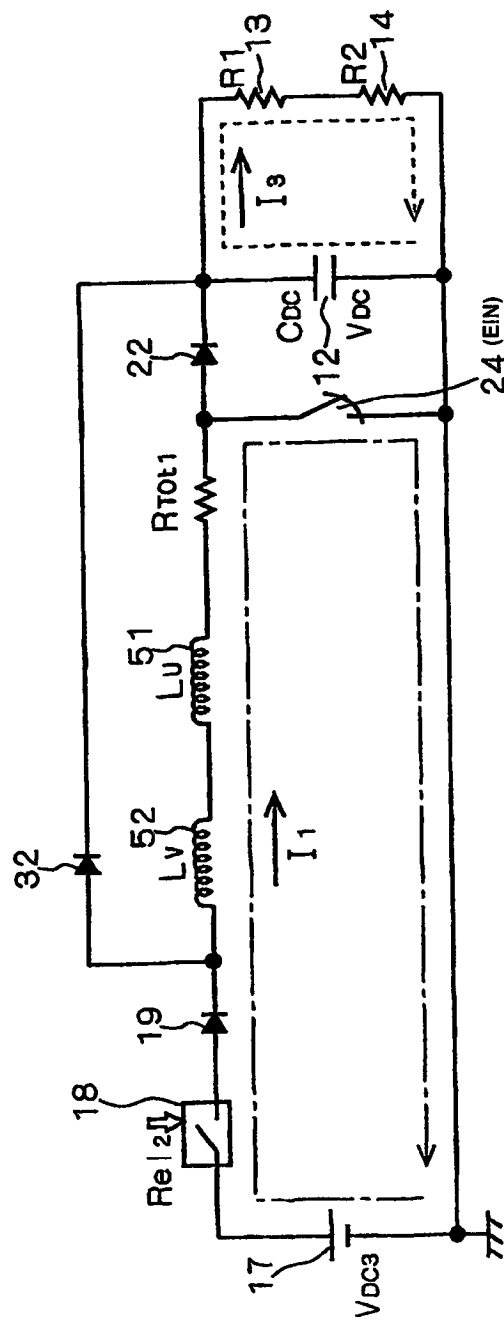


FIG. 4

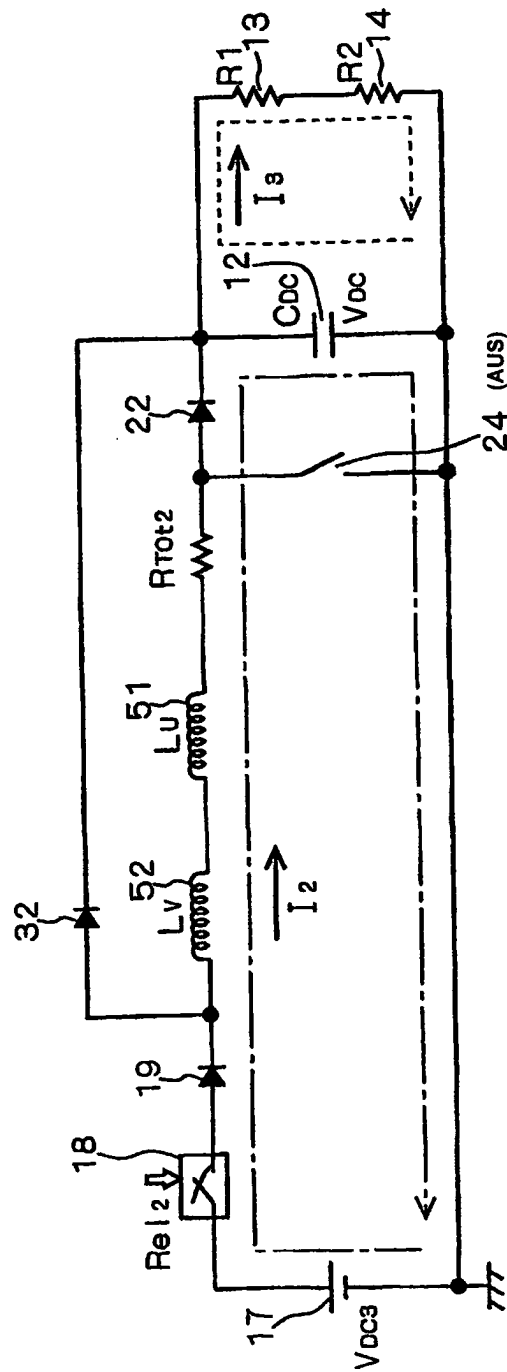


FIG. 5

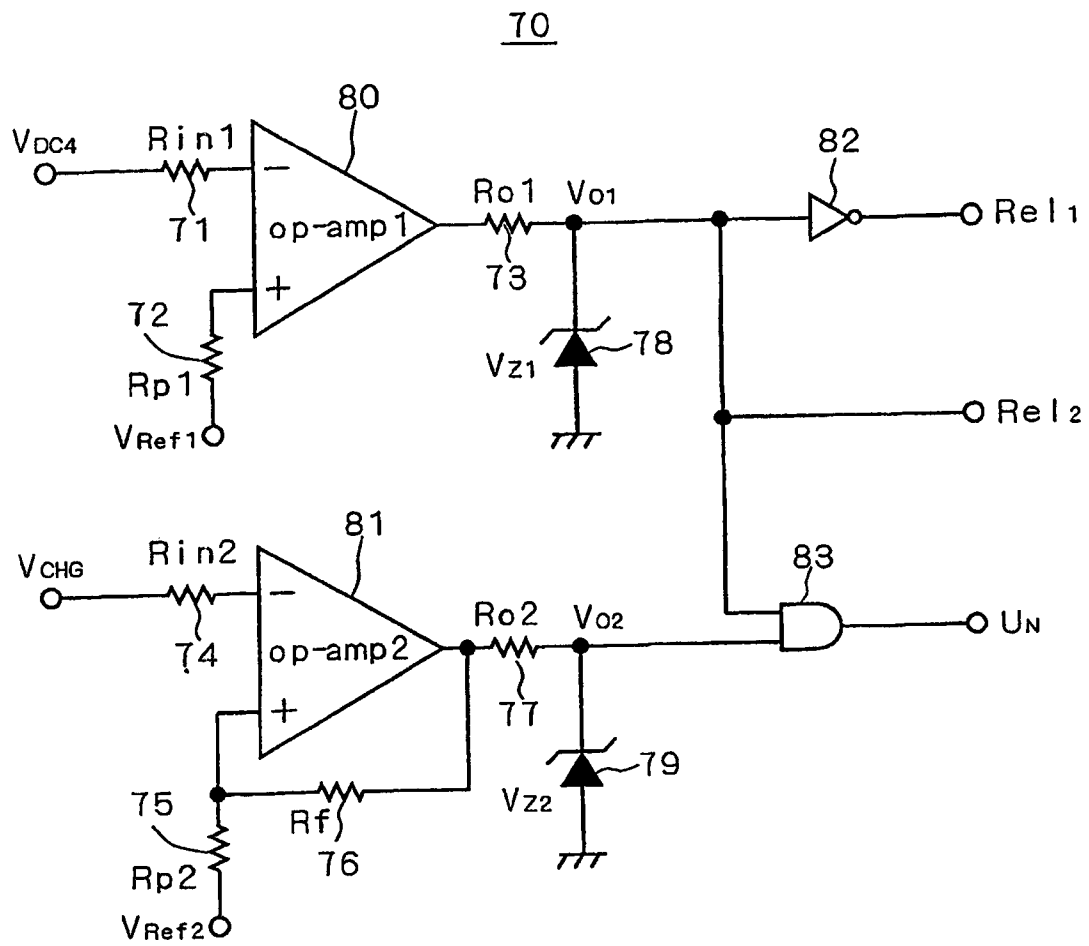


FIG. 6

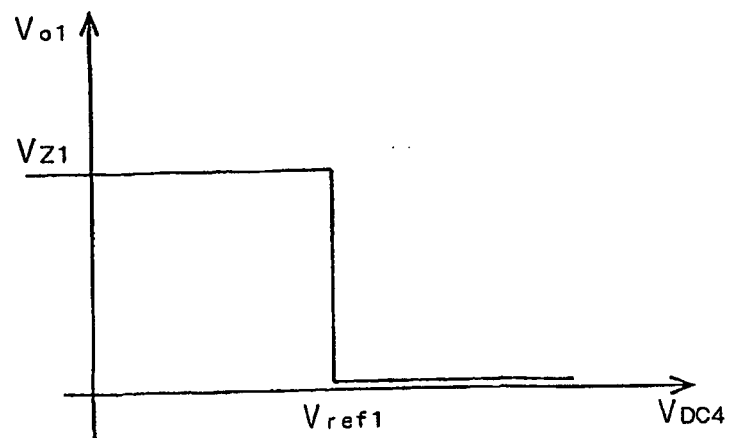


FIG. 7

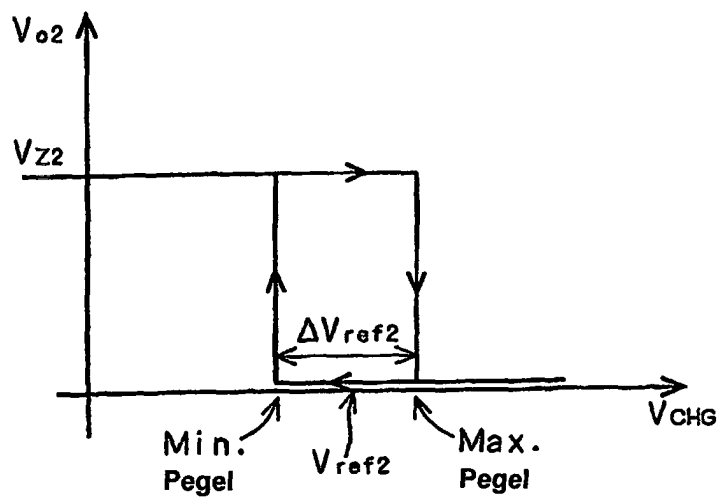


FIG. 8

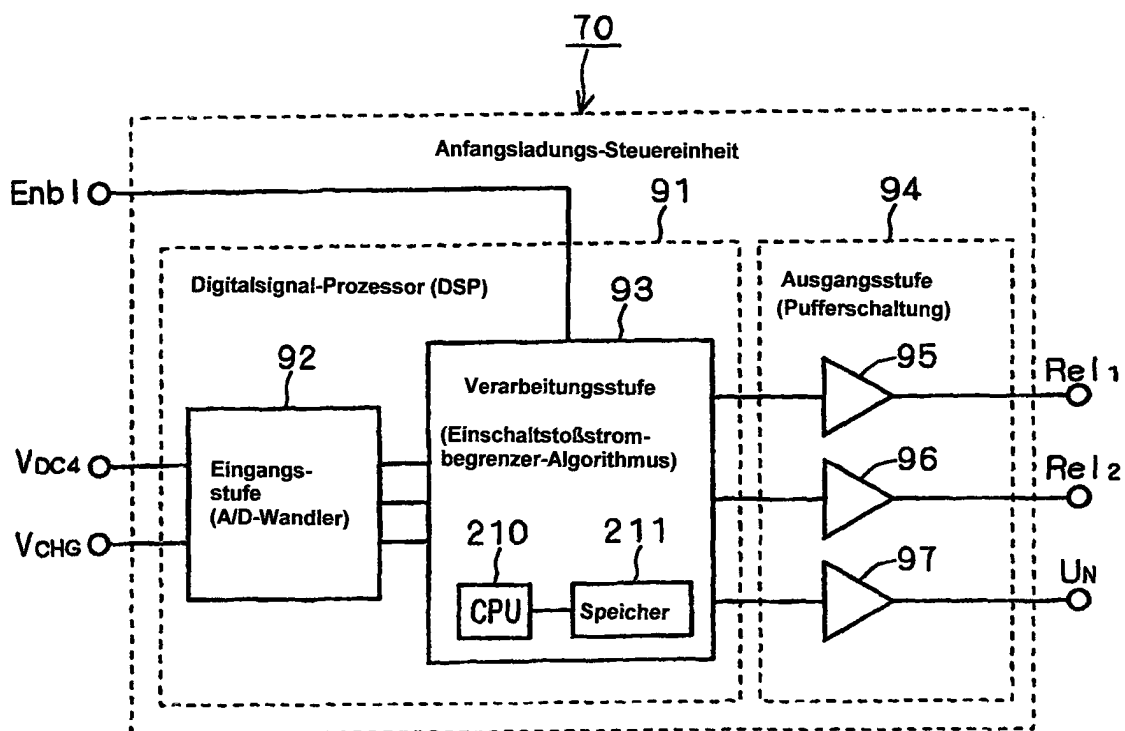


FIG. 9

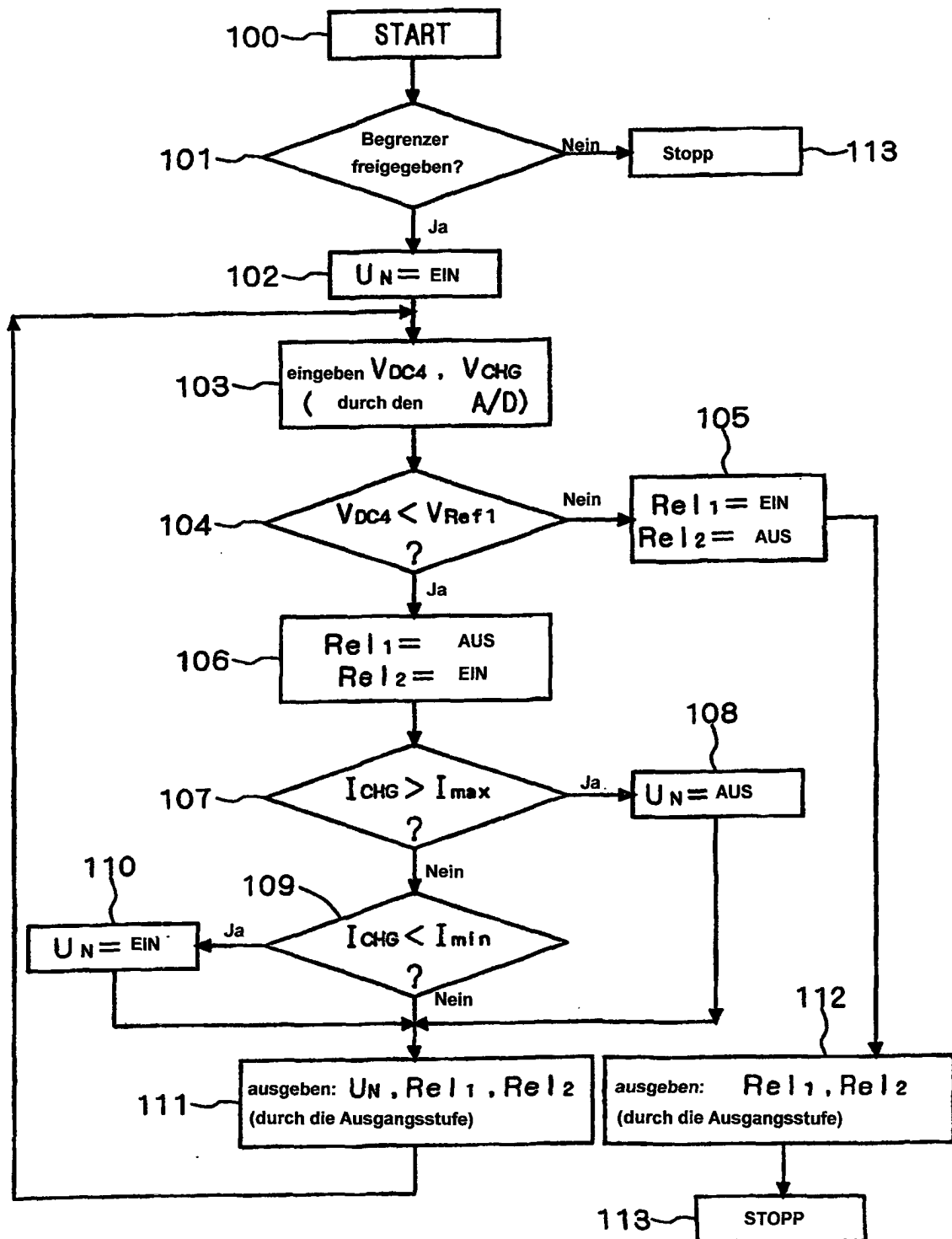


FIG. 10

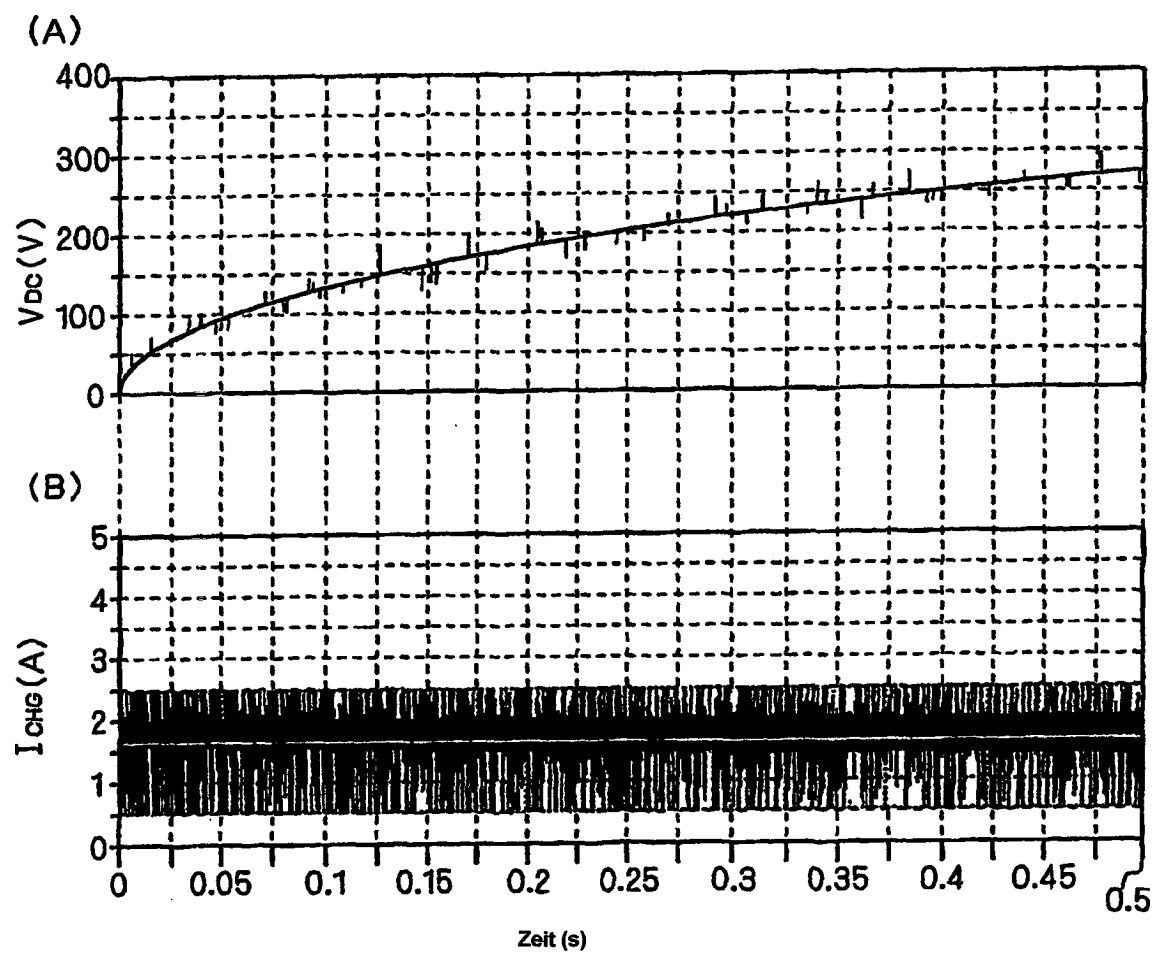


FIG. 11

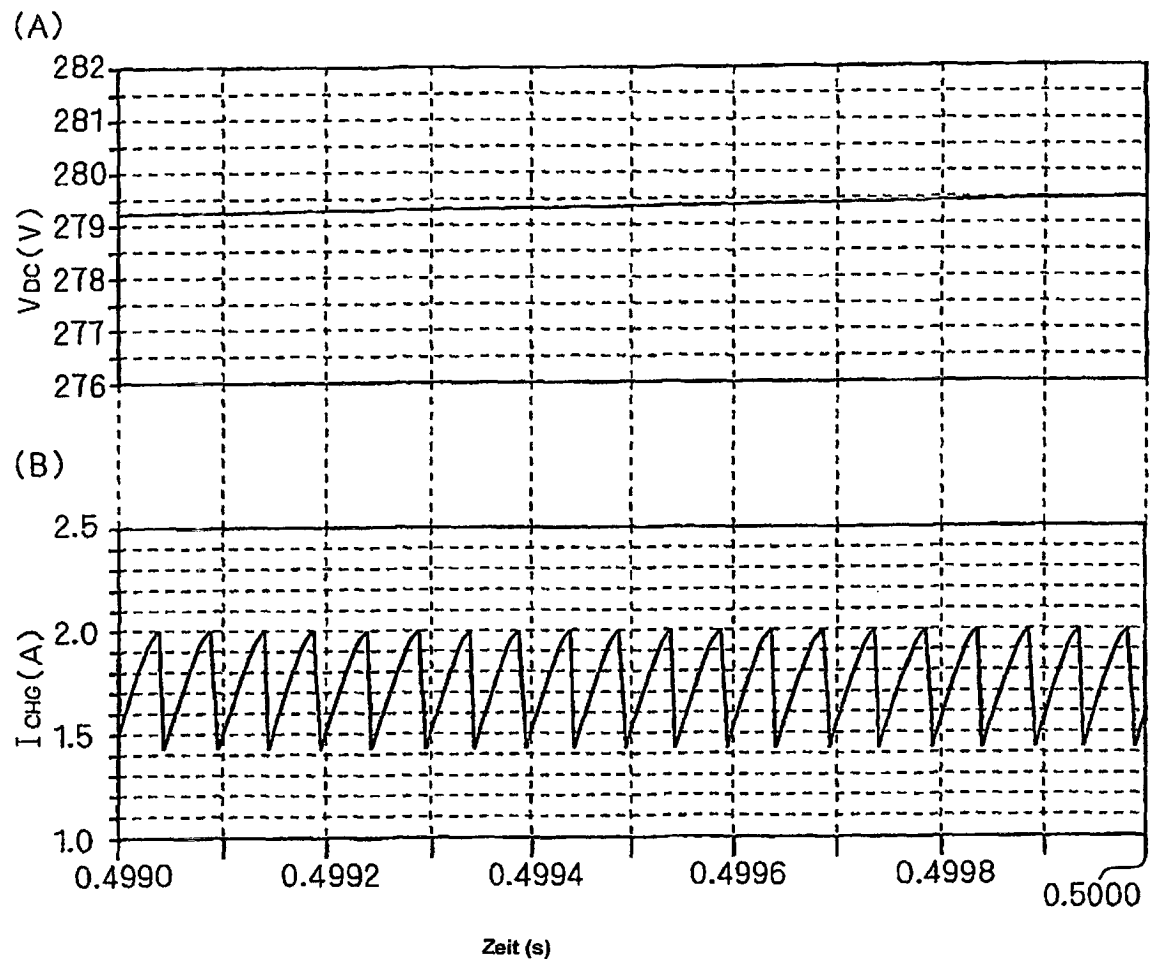
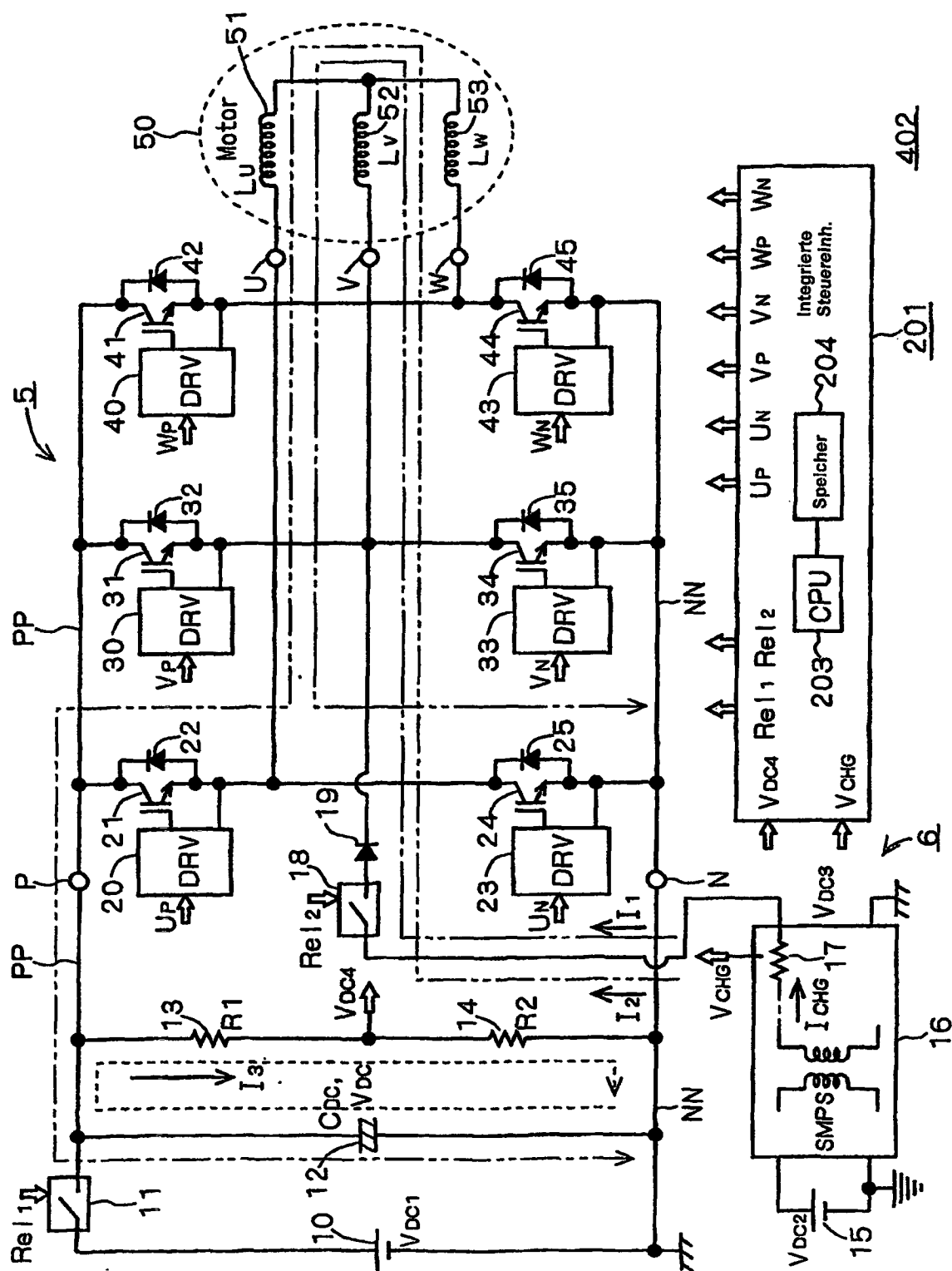


FIG. 12



F I G . 13

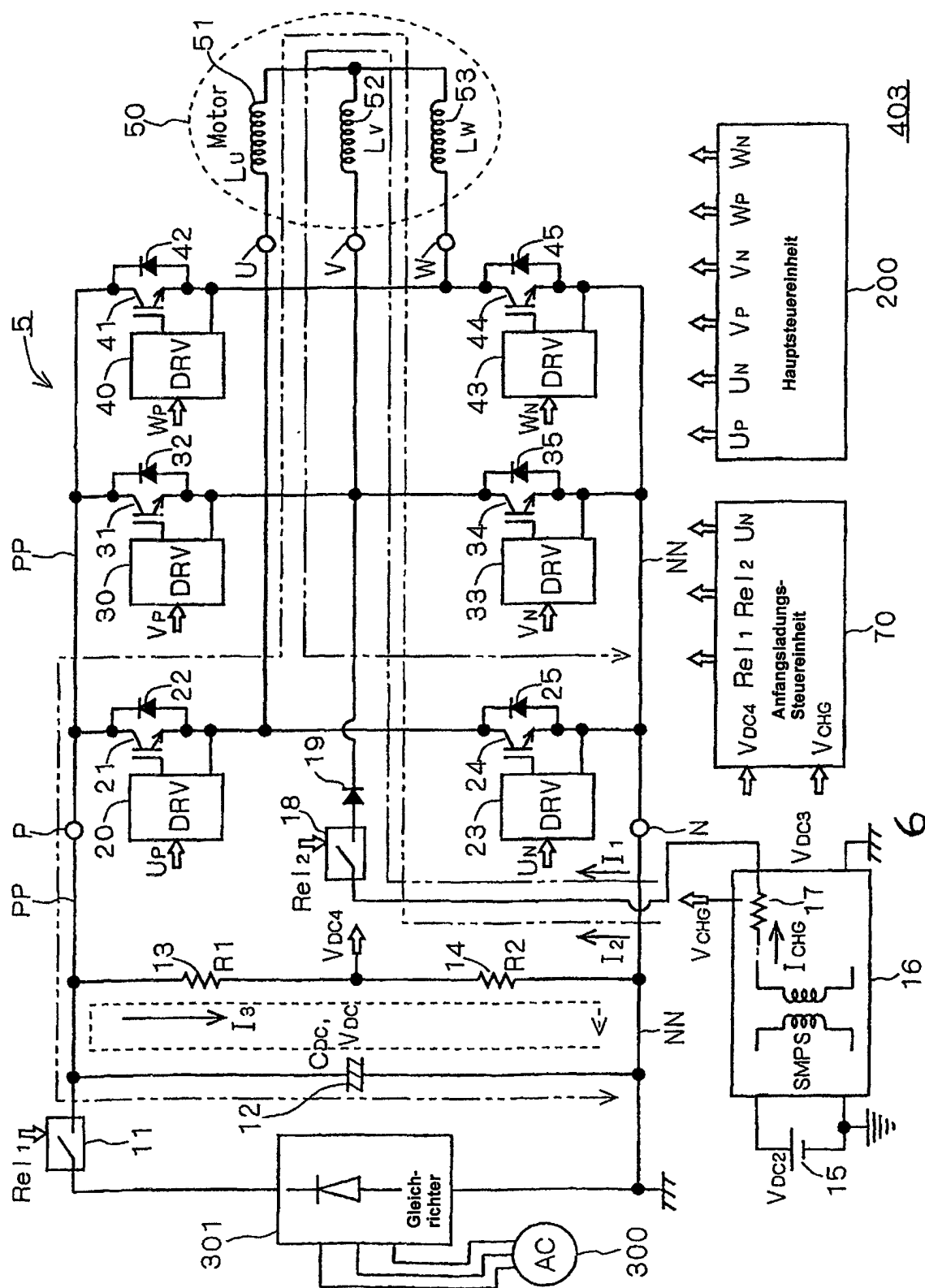


FIG. 14

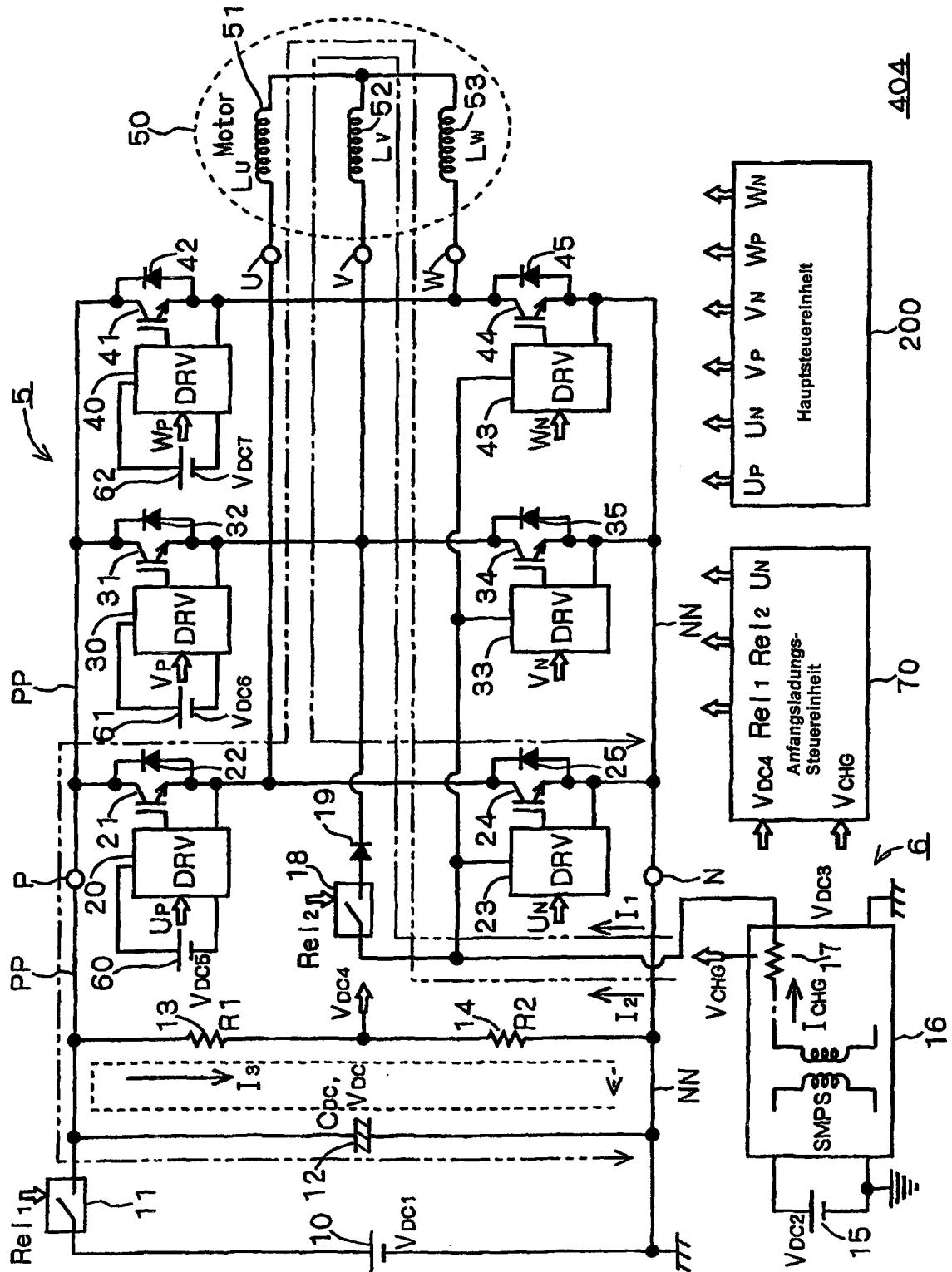


FIG. 15

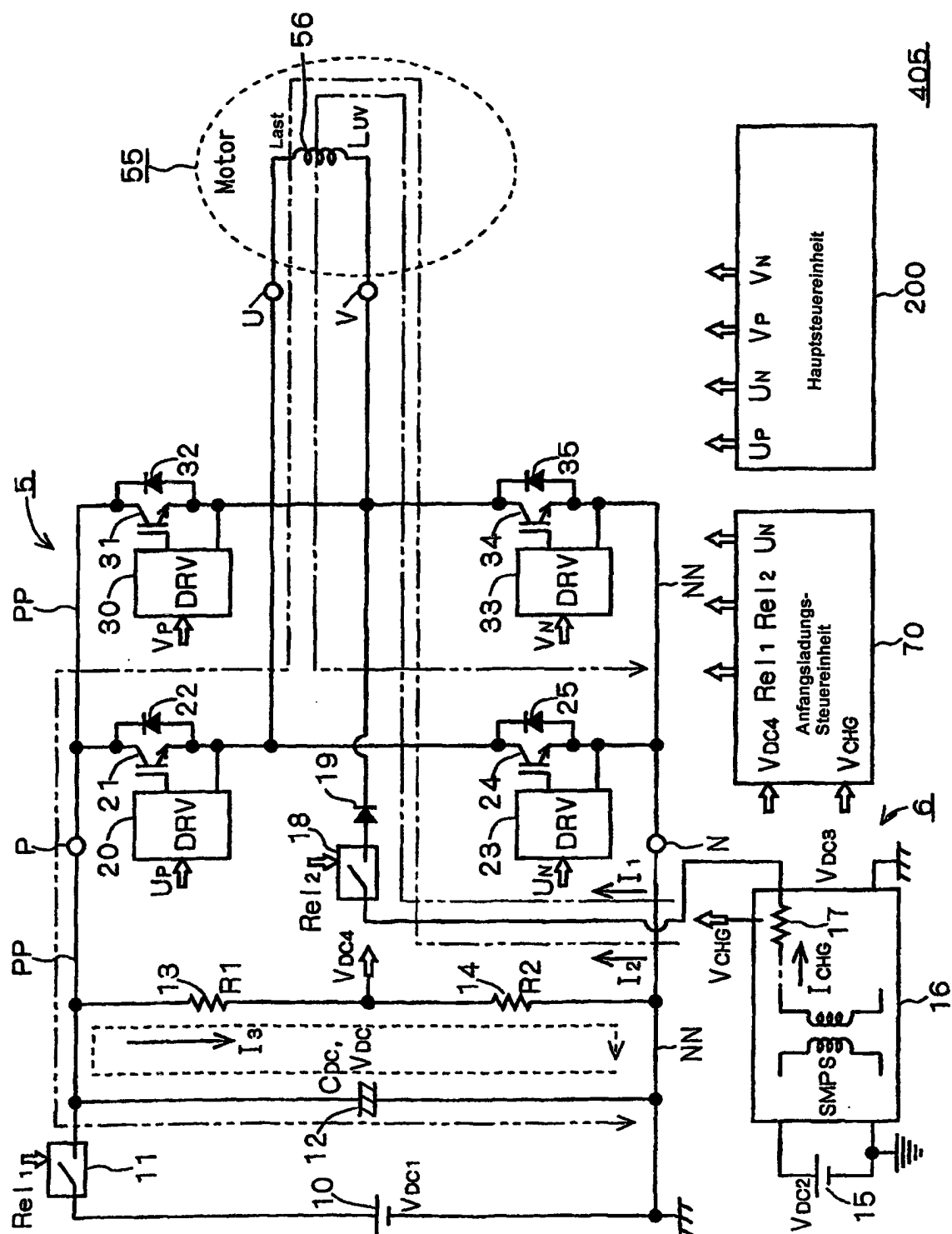


FIG. 16

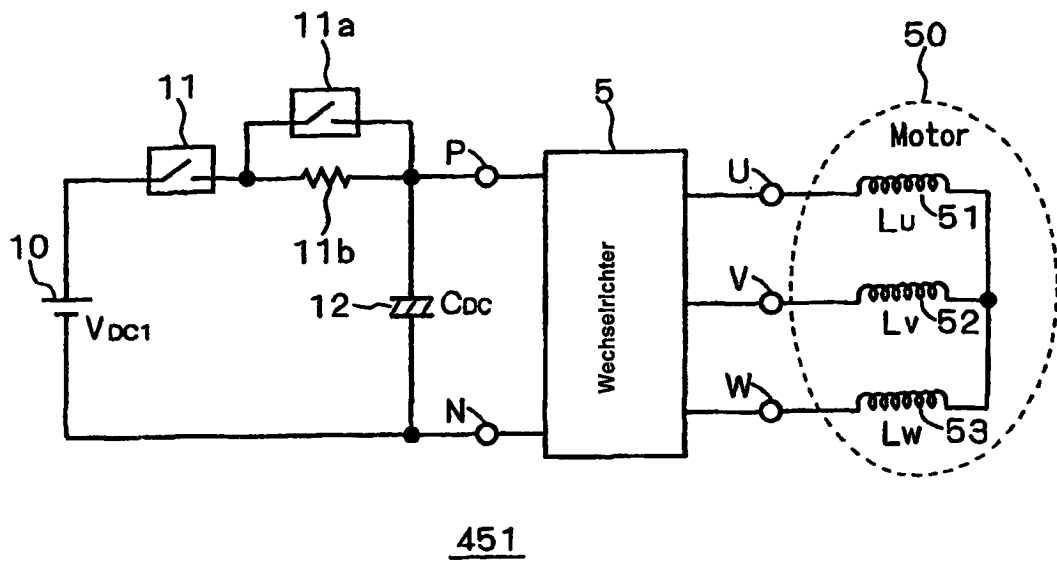
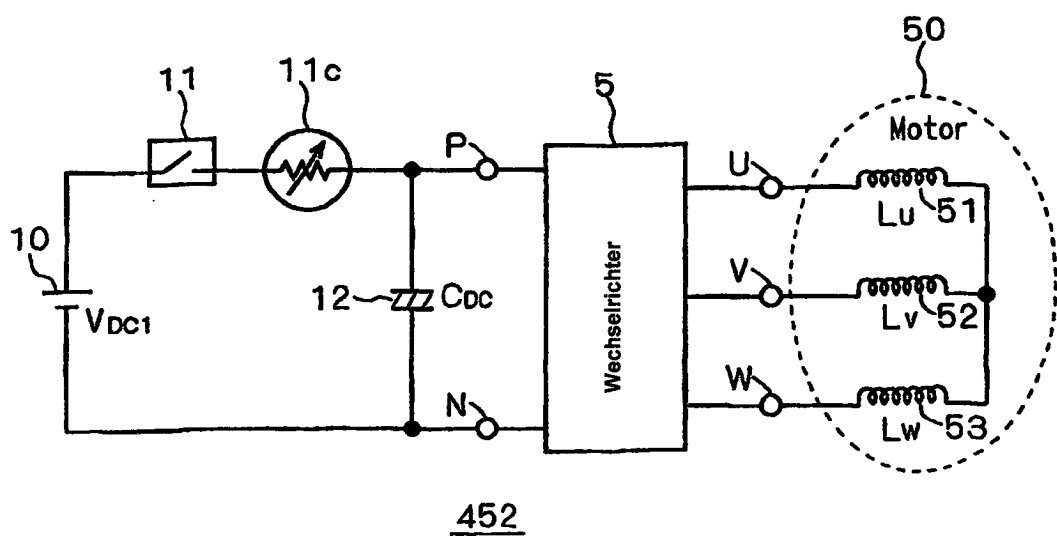


FIG. 17



F I G . 18

