



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/186722**  
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2  
IntPatÜbkG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 006 923.0**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/012497**  
(86) PCT-Anmeldetag: **19.03.2020**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **23.09.2021**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **05.01.2023**

(51) Int Cl.: **H02M 7/12 (2006.01)**  
**H02M 7/217 (2006.01)**  
**H02M 5/45 (2006.01)**  
**F25B 31/00 (2006.01)**  
**F25B 49/02 (2006.01)**

(71) Anmelder:  
**Mitsubishi Electric Corporation, Tokyo, JP**

(72) Erfinder:  
**Takigawa, Yohei, Tokyo, JP; Shizu, Keiichiro,  
Tokyo, JP; Kutsuki, Tomohiro, Tokyo, JP**

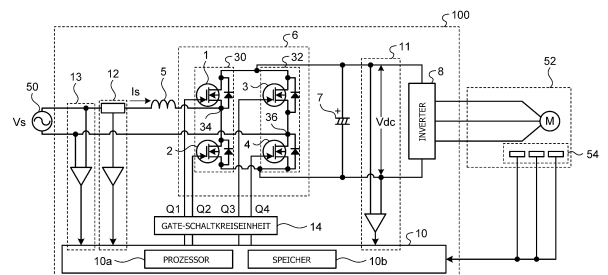
(74) Vertreter:  
**Diehl & Partner Patent- und Rechtsanwaltskanzlei  
mbB, 80636 München, DE**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Stromrichter, Kühlkreislaufaggregat und Klimaanlage**

(57) Zusammenfassung: Ein Stromrichter (100) umfasst: eine Drossel (5); eine Gleichrichterschaltung (6), die einen ersten Zweig (30) mit in Reihe geschalteten Schaltelementen (1, 2) und einen zweiten Zweig (32) aufweist, der parallel zum ersten Zweig (30) geschaltet ist und in Reihe geschaltete Schaltelemente (3, 4) enthält; und einen Glättungskondensator (7), der eine Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung (6) glättet. Der Stromrichter (100) umfasst auch einen Inverter (8), der eine mit Hilfe des Glättungskondensators (7) geglättete Gleichspannung in eine Ansteuerspannung für einen Motor (52) umwandelt und die Ansteuerspannung an den Motor (52) anlegt; eine Spannungserfassungseinheit (11), die die Gleichspannung erfasst; und eine Steuereinheit (10), die den Betrieb der Gleichrichterschaltung (6) und des Inverters (8) steuert. Die Steuereinheit (10) steuert den Betrieb der Schaltelemente (1, 2) auf Basis der im Motor (52) induzierten Spannung und des erfassten Werts der Gleichspannung.



**Beschreibung**

## Lösung der Problemstellung

## Gebiet

**[0001]** Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf einen Stromrichter, der eine diodenbrückenlose (DBL) Gleichrichterschaltung umfasst, eine Kühlkreislaufapparatur, die den Stromrichter enthält, und eine Klimaanlage, die mit der Kühlkreislaufaggregat ausgestattet ist.

## Hintergrund

**[0002]** Eine herkömmliche Technik, die sich auf einen Stromrichter mit einer DBL-Gleichrichterschaltung bezieht, wird in dem unten aufgeführten Patentedokument 1 beschrieben. In dem Patentedokument 1 wird eine Technik zur Durchführung einer Synchrongleichrichtung offenbart, bei der ein mit der positiven Elektrode eines Glättungskondensators verbundenes Schaltelement zumindest für einen Teil eines Zeitraums, während dem elektrischer Strom in einer Brückenschaltung fließt, in einen EIN-Zustand versetzt wird, wobei nicht in dem Strompfad enthaltene Schaltelemente im AUS-Zustand gehalten werden. Es wird beschrieben, dass mit dieser Technik eine hocheffiziente Stromumwandlung realisiert werden kann.

## Liste der Zitate

## Patentliteratur

**[0003]** Patentedokument 1: Japanische Offenlegungsschrift Nr. 2018-7326

## Kurzbeschreibung

## Technische Problemstellung

**[0004]** Die in dem oben genannten Patentedokument 1 beschriebene Synchrongleichrichtung berücksichtigt jedoch, wenn es sich bei der Last um einen Motor handelt, nicht den Einfluss einer motorinduzierten Spannung auf den Wirkungsgrad. In einem höheren Drehzahlbereich, in dem sich der Motor mit einer höheren Geschwindigkeit dreht, steigen die motorinduzierte Spannung und der Motorstrom an, wodurch der Wirkungsgrad beeinträchtigt wird. Daher kann der Wirkungsgrad im höheren Drehzahlbereich des Motors noch verbessert werden.

**[0005]** Die vorliegende Offenbarung entstand in Anbetracht der obigen Umstände, wobei eine Aufgabe darin besteht, einen Stromrichter anzugeben, mit dem der Wirkungsgrad in einem höheren Drehzahlbereich eines Motors noch weiter verbessert werden kann.

**[0006]** Um das oben genannte Problem zu lösen und die Aufgabe zu erfüllen, gibt die vorliegende Offenbarung einen Stromrichter an, der aufweist: eine Drossel; eine Gleichrichterschaltung, die eine von einer Wechselstromversorgung ausgegebene Stromversorgungsspannung erhält, wobei die Gleichrichterschaltung einen ersten Zweig und einen parallel zum ersten Zweig geschalteten zweiten Zweig aufweist, wobei der erste Zweig ein erstes oberes Zweigelement und ein erstes unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, und der zweite Zweig ein zweites oberes Zweigelement und ein zweites unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, wobei die Stromversorgungsspannung über die Drossel zwischen einem Verbindungspunkt zwischen dem ersten oberen Zweigelement und dem ersten unteren Zweigelement und einem Verbindungspunkt zwischen dem zweiten oberen Zweigelement und dem zweiten unteren Zweigelement angelegt wird; einen Glättungskondensator, um die Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung zu glätten; einen Inverter, um die mit Hilfe des Glättungskondensators geglättete Gleichspannung in eine Ansteuerspannung für einen Motor umzuwandeln und die Ansteuerspannung an den Motor anzulegen; eine erste Spannungserfassungseinheit, um die Gleichspannung zu erfassen; und eine Steuereinheit, um den Betrieb der Gleichrichterschaltung und des Inverters zu steuern, wobei die Steuereinheit den Betrieb des ersten oberen Zweigelements und des ersten unteren Zweigelements auf Basis der im Motor induzierten Spannung und des erfassten Gleichspannungswertes steuert.

## Vorteilhafte Wirkung der Erfindung

**[0007]** Der Stromrichter gemäß der vorliegenden Offenbarung hat den vorteilhaften Effekt, dass der Wirkungsgrad in einem höheren Drehzahlbereich des Motors weiter verbessert werden kann.

## Figurenliste

**Fig. 1** zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters gemäß einer ersten Ausführungsform.

**Fig. 2** zeigt eine graphische Darstellung, die schematisch die Stromverlustcharakteristik eines typischen Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistors (MOSFET) veranschaulicht.

**Fig. 3** zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise einer Gleichrichterschaltung bei der ersten Ausführungsform bezieht.

**Fig. 4** zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise einer Gleichrichterschaltung bei der ersten Ausführungsform bezieht.

**Fig. 5** zeigt eine Darstellung, die einen ersten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in eine Gleichrichterschaltung der ersten Ausführungsform fließt.

**Fig. 6** zeigt eine Darstellung, die einen zweiten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in eine Gleichrichterschaltung der ersten Ausführungsform fließt.

**Fig. 7** zeigt eine Darstellung, die einen dritten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in eine Gleichrichterschaltung der ersten Ausführungsform fließt.

**Fig. 8** zeigt eine Darstellung, die einen vierten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in eine Gleichrichterschaltung der ersten Ausführungsform fließt.

**Fig. 9** zeigt ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise des wesentlichen Teils bei der ersten Ausführungsform dient.

**Fig. 10** zeigt ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise des wesentlichen Teils bei der ersten Ausführungsform dient.

**Fig. 11** zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters gemäß einer Modifikation der ersten Ausführungsform.

**Fig. 12** zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters gemäß einer zweiten Ausführungsform.

**Fig. 13** zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise einer Gleichrichterschaltung und einen Kurzschluss bei der zweiten Ausführungsform bezieht.

**Fig. 14** zeigt eine Darstellung, die einen fünften Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in die Gleichrichterschaltung oder den Kurzschluss der zweiten Ausführungsform fließt.

**Fig. 15** zeigt eine Darstellung, die einen sechsten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in die Gleichrichterschaltung oder den Kurzschluss der zweiten Ausführungsform fließt.

**Fig. 16** zeigt eine Darstellung, die einen siebten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in die Gleichrichterschaltung oder den Kurzschluss der zweiten Ausführungsform fließt.

**Fig. 17** zeigt eine Darstellung, die einen achten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in die Gleichrichterschaltung oder den Kurzschluss der zweiten Ausführungsform fließt.

**Fig. 18** zeigt ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise eines wesentlichen Teils bei der zweiten Ausführungsform dient.

**Fig. 19** zeigt ein Diagramm, das als Vergleichsbeispiel die Konfiguration eines Stromrichters mit Spannungsboosterfunktion zeigt.

**Fig. 20** zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Kühlkreislaufaggregats gemäß einer dritten Ausführungsform.

## Beschreibung von Ausführungsformen

### Erste Ausführungsform

**[0008]** **Fig. 1** zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters 100 gemäß der ersten Ausführungsform. Wie in **Fig. 1** dargestellt ist, umfasst der Stromrichter 100 gemäß der ersten Ausführungsform eine Drossel 5, eine Gleichrichterschaltung 6, einen Glättungskondensator 7, einen Inverter 8, eine Steuereinheit 10, Spannungserfassungseinheiten 11 und 13, eine Stromerfassungseinheit 12 und eine Gate-Schaltkreiseinheit 14. Fallweise kann in der folgenden Beschreibung die Spannungserfassungseinheit 11 als „erste Spannungserfassungseinheit“ und die Spannungserfassungseinheit 13 als „zweite Spannungserfassungseinheit“ bezeichnet werden.

**[0009]** Der Stromrichter 100 legt eine Wechselspannung an den Motor 52 an, um den Motor 52 anzusteuern. Bei der Wechselstromversorgung 50 handelt es sich um eine Wechselstromversorgung, die so ausgebildet ist, dass eine Versorgungsspannung  $V_s$  an den Stromrichter 100 angelegt wird. Der Motor 52 wird als Antriebseinheit zum Antreiben einer in den Figuren nicht dargestellten Last verwendet. Ein Beispiel für eine solche Last ist ein Kompressor. Der Kompressor ist im Kühlkreislauf einer Klimaanlage, eines Kühlschranks oder eines Gefrierschranks enthalten.

**[0010]** Eine typische Gleichrichterschaltung weist eine Konfiguration auf, bei der vier Dioden in einer Brückenschaltung verbunden sind. Die Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform ist dagegen eine DBL-Gleichrichterschaltung. Eine DBL-Gleichrichterschaltung weist eine Konfiguration auf, bei der vier Schaltelemente in einer Brückenschaltung verbunden sind. Anders ausgedrückt sind in der DBL-Gleichrichterschaltung die vier Dioden durch Schaltelemente ersetzt worden.

**[0011]** Die Gleichrichterschaltung 6 umfasst einen ersten Zweig 30 und einen zweiten Zweig 32, der parallel zum ersten Zweig 30 geschaltet ist. Der erste Zweig 30 umfasst ein Schaltelement 1, bei dem es sich um ein erstes oberes Zweigelement handelt, und ein Schaltelement 2, bei dem es sich um ein erstes unteres Zweigelement handelt. Die Schaltelemente 1 und 2 sind in Reihe geschaltet. Der zweite Zweig 32 umfasst ein Schaltelement 3, bei dem es sich um ein zweites oberes Zweigelement handelt, und ein Schaltelement 4, bei dem es sich um ein zweites unteres Zweigelement handelt. Die Schaltelemente 3 und 4 sind in Reihe geschaltet. Das erste und das zweite obere Zweigelement sind mit der positiven Elektrode des Glättungskondensators 7 verbunden, und das erste und das zweite untere Zweigelement sind mit der negativen Elektrode des Glättungskondensators 7 verbunden.

**[0012]** In **Fig. 1** ist parallel zu jedem der Schaltelemente 1 bis 4 eine Diode geschaltet. Ein Beispiel für jedes der Schaltelemente 1 bis 4 ist ein MOSFET, der in der Figur dargestellt ist. Die MOSFETs, die als Schaltelemente 1 bis 4 verwendet werden, enthalten in ihrem Inneren jeweils parasitäre Dioden. Aus diesem Grund können bei Verwendung von MOSFETs parasitäre Dioden verwendet werden, so dass auf Dioden, die parallel zu den MOSFETs geschaltet sind, verzichtet werden kann.

**[0013]** Im Gegensatz zu einem unidirektionalen Element wie einer Diode, die den elektrischen Strom nur in eine Richtung fließen lässt, ist ein MOSFET im Allgemeinen ein bidirektionales Element, das den elektrischen Strom in beide Richtungen fließen lässt. Mit anderen Worten kann zum Einschalten des MOSFET durch Zuführen von elektrischer Ladung zu einem Gate des MOSFET der Strom in die entgegengesetzte Richtung fließen. Die entgegengesetzte Richtung ist dabei die Richtung, die der Richtung des Stroms, der durch die im MOSFET enthaltene parasitäre Diode fließt, entgegengesetzt ist.

**[0014]** Ein Ende der Drossel 5 ist mit einer Seite der Wechselstromversorgung 50 und das andere Ende mit dem Verbindungspunkt 34 zwischen den Schaltelementen 1 und 2 verbunden. Der Verbindungspunkt 36 zwischen den Schaltelementen 3 und 4 ist mit der gegenüberliegenden Seite der Wechselstromversorgung 50 verbunden. Die Drossel 5 kann alternativ zur Konfiguration von **Fig. 1** mit der gegenüberliegenden Seite der Wechselstromversorgung 50 verbunden werden. Eine weitere Alternative besteht darin, dass die Drossel 5 in zwei Teile geteilt werden kann, die jeweils mit der einen Seite bzw. der gegenüberliegenden Seite der Wechselstromversorgung 50 verbunden sind. Bei jeder der Konfigurationen ist die Anschlusskonfiguration so, dass die Versorgungsspannung  $V_s$  als Wechselspannung, die von der Wechselstromversorgung 50 ausgehen

wird, über die Drossel 5 zwischen dem Verbindungspunkt 34 und dem Verbindungspunkt 36 an die Gleichrichterschaltung 6 angelegt wird. Die Verbindungspunkte 34 und 36 dienen als Eingangsanschlüsse der Gleichrichterschaltung 6.

**[0015]** Der Glättungskondensator 7 ist zwischen den Ausgangsanschlüssen der Gleichrichterschaltung 6 angeschlossen. Die Gleichrichterschaltung 6 richtet die von der Wechselstromversorgung 50 über die Drossel 5 zugeführte Versorgungsspannung  $V_s$  gleich und wandelt sie in eine Gleichspannung um.

**[0016]** Der Glättungskondensator 7 wird über den Ausgang der Gleichrichterschaltung 6 geladen. Der Glättungskondensator 7 glättet die Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung 6. Der Inverter 8 ist mit beiden Enden des Glättungskondensators 7 verbunden. Der Inverter 8 wandelt die durch den Glättungskondensator 7 geglättete Gleichspannung  $V_{dc}$  in eine Ansteuerspannung für den Motor 52 um und legt die Ansteuerspannung an den Motor 52 an.

**[0017]** Der Motor 52 weist Rotationssensoren 54 auf. Die Rotationssensoren 54 erfassen die Position oder die Geschwindigkeit eines (nicht dargestellten) Rotors des Motors 52. Die von den Rotationssensoren 54 erfassten Werte werden jeweils in die Steuereinheit 10 eingegeben. Auf Basis der erfassten Werte der Rotationssensoren 54 berechnet die Steuereinheit 10 die Drehzahl des Motors 52.

**[0018]** Die Spannungserfassungseinheit 13 erfasst die Versorgungsspannung  $V_s$ . Die Spannungserfassungseinheit 11 erfasst die durch den Glättungskondensator 7 geglättete Gleichspannung  $V_{dc}$ . Die Gleichspannung  $V_{dc}$  dient auch als Eingangsspannung für den Inverter 8. Die erfassten Werte der Versorgungsspannung  $V_s$  und der Gleichspannung  $V_{dc}$  werden jeweils in die Steuereinheit 10 eingegeben.

**[0019]** Die Stromerfassungseinheit 12 erfasst den Primärstrom  $I_s$ , der in die Eingangsseite der Gleichrichterschaltung 6 fließt. Der Primärstrom  $I_s$  entspricht auch dem Drosselstrom, der durch die Drossel 5 fließt. Der erfasste Wert des Primärstroms  $I_s$  wird in die Steuereinheit 10 eingegeben. In **Fig. 1** ist beispielhaft eine Konfiguration dargestellt, bei der ein Detektor der Stromerfassungseinheit 12 an einer elektrischen Leitung auf der einen Seite der Wechselstromversorgung 50 angebracht ist, die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht zwingend auf dieses Beispiel beschränkt. Die Stromerfassungseinheit 12 kann einen Detektor aufweisen, der an einer elektrischen Leitung auf der gegenüberliegenden Seite der Wechselstromversorgung 50 angebracht ist.

**[0020]** Auf Basis der erfassten Werte der Versorgungsspannung  $V_s$ , des Primärstroms  $I_s$  und der

Gleichspannung  $V_{dc}$  sowie der Drehzahl des Motors 52 erzeugt die Steuereinheit 10 Steuersignale zur Steuerung des Leitvermögens der Schaltelemente 1, 2, 3 und 4 und gibt die Steuersignale an die Gate-Schaltkreiseinheit 14 aus.

**[0021]** Auf Basis der von der Steuereinheit 10 ausgegebenen Steuersignale erzeugt die Gate-Schaltkreiseinheit 14 Gate-Signale Q1, Q2, Q3 und Q4 zum Ansteuern der Schaltelemente 1, 2, 3 und 4 und gibt diese aus. Das Gate-Signal Q1 ist ein Signal zur Steuerung des Leitvermögens des Schaltelements 1, um es von einem eingeschalteten Zustand ausgehend auszuschalten oder umgekehrt. Das Gate-Signal Q2 ist ein Signal zur Steuerung des Leitvermögens des Schaltelements 2, um es von einem eingeschalteten Zustand ausgehend auszuschalten oder umgekehrt. Das Gate-Signal Q3 ist ein Signal zur Steuerung des Leitvermögens des Schaltelements 3, um es von einem eingeschalteten Zustand ausgehend auszuschalten oder umgekehrt. Das Gate-Signal Q4 ist ein Signal zur Steuerung des Leitvermögens des Schaltelements 4, um es von einem eingeschalteten Zustand ausgehend auszuschalten oder umgekehrt.

**[0022]** Beim Ansteuern der Schaltelemente 1, 2, 3 und 4 werden die Gate-Signale Q1, Q2, Q3 und Q4 auf einen Spannungspegel gebracht, der die Schaltelemente 1, 2, 3 und 4 ansteuern kann, und ausgegeben. Die Gate-Schaltkreiseinheit 14 kann mit einer Pegelverschiebungsschaltung und/oder dergleichen realisiert werden.

**[0023]** Die Steuereinheit 10 umfasst einen Prozessor 10a und einen Speicher 10b. Der Prozessor 10a entspricht einer Funktionseinrichtung, wie beispielsweise einer Recheneinheit, einem Mikroprozessor, einem Mikrocomputer, einer zentralen Verarbeitungseinheit (CPU) oder einem digitalen Signalprozessor (DSP). Der Speicher 10b entspricht einem nichtflüchtigen oder flüchtigen Halbleiterspeicher, wie einem Direktzugriffsspeicher (RAM), einem Festwertspeicher (ROM), einem Flash-Speicher, einem löschbaren programmierbaren ROM (EPROM) oder einem elektrischen EPROM (EEPROM) (eingetragene Marke).

**[0024]** Im Speicher 10b sind Programme gespeichert, die zur Implementierung von Funktionen der Steuereinheit 10 konfiguriert sind. Der Prozessor 10a sendet und empfängt notwendige Informationen über eine Schnittstelle, die einen Analog-Digital-Wandler (nicht dargestellt) und einen Digital-Analog-Wandler (nicht dargestellt) umfasst. Der Prozessor 10a führt das im Speicher 10b gespeicherte Programm aus, um so die erforderliche Verarbeitung durchzuführen. Die Arbeitsergebnisse des Prozessors 10a werden in dem Speicher 10b gespeichert.

**[0025]** Fig. 2 zeigt eine graphische Darstellung, die schematisch die Stromverlustcharakteristik eines typischen MOSFET veranschaulicht. In Fig. 2 sind die Verlustcharakteristik einer Diode und die Verlustcharakteristik eines MOSFET dargestellt, wenn der MOSFET eingeschaltet ist. Wie in Fig. 2 dargestellt ist, hat die Diode in einem Bereich A, in dem der Strompegel kleiner als der Stromwert 10 ist, einen größeren Verlust als das Schaltelement. In einem Bereich B, in dem der Strompegel größer als der Stromwert 10 ist, hat die Diode einen geringeren Verlust als das Schaltelement. In Anbetracht dieser Eigenschaften hat die Synchrongleichrichtung den Vorteil, dass ein antiparallel zu einer Diode geschaltetes Schaltelement zu dem Zeitpunkt, zu dem der Primärstrom  $I_s$  durch die Diode fließt, in den eingeschalteten Zustand versetzt wird, wodurch ein Betrieb der Vorrichtung mit hohem Wirkungsgrad möglich ist.

**[0026]** Unter Bezugnahme auf die Fig. 3 und Fig. 4 wird als Nächstes die grundlegende Funktionsweise eines Stromrichters 100 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Fig. 3 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise der Gleichrichterschaltung 6 gemäß der ersten Ausführungsform bezieht. Fig. 4 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines weiteren Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise der Gleichrichterschaltung 6 gemäß der ersten Ausführungsform bezieht. In jeder der Fig. 3 und Fig. 4 stellt die Horizontale die Zeit dar. Jede der Fig. 3 und Fig. 4 zeigt von oben nach unten die Betriebskurvenformen der Versorgungsspannung  $V_s$ , des Primärstroms  $I_s$ , des Gate-Signals Q1, des Gate-Signals Q2, des Gate-Signals Q3 und des Gate-Signals Q4. In Bezug auf die Polarität der Versorgungsspannung  $V_s$  wird die Polarität der Versorgungsspannung  $V_s$  als „positive Polarität“ bezeichnet, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  einen positiven Wert hat, wohingegen die Polarität der Versorgungsspannung  $V_s$  als „negative Polarität“ bezeichnet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  einen negativen Wert hat.

**[0027]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  in Fig. 3 eine positive Polarität aufweist, wird das Schaltelement 4 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem der Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, eingeschaltet ist. Mit anderen Worten wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, das Schaltelement 4 so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, aber dann ausgeschaltet ist, wenn kein Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt. Dieser Vorgang bezieht sich auf die oben beschriebene Synchrongleichrichtung.

**[0028]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, wird das Schaltelement 3 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem der Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, eingeschaltet ist. Mit anderen Worten wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  negative Polarität hat, das Schaltelement 3 so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, aber dann ausgeschaltet ist, wenn kein Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt. Dieser Vorgang bezieht sich ebenfalls auf die Synchrongleichrichtung.

**[0029]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  in **Fig. 3** eine positive Polarität hat, wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es zu einem Zeitpunkt eingeschaltet ist, zu dem das Schaltelement 4 so gesteuert wird, dass es eingeschaltet ist. Dabei fließt der Primärstrom  $I_s$  in der Gleichrichterschaltung 6 entlang eines Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, das Schaltelement 2, das Schaltelement 4 und die Wechselstromversorgung 50. Dieser Vorgang wird als „Stromversorgungskurzschluss“ bezeichnet, da es sich um einen Vorgang handelt, bei dem der Primärstrom  $I_s$  ohne Zwischenschaltung des Glättungskondensators 7 fließt.

**[0030]** Durch den Vorgang des Stromversorgungskurzschlusses wird in der Drossel 5 Energie gespeichert. Durch einen unmittelbar danach durchgeführten Vorgang der Synchrongleichrichtung wird die in der Drossel 5 gespeicherte Energie in den Glättungskondensator 7 abgegeben. Dementsprechend wird die Gleichspannung  $V_{dc}$  erhöht, bei der es sich um die Spannung an dem Glättungskondensator 7 handelt.

**[0031]** Bei einem Stromversorgungskurzschluss wird das Schaltelement 1 so gesteuert, dass es ausgeschaltet ist. Der Grund hierfür ist, dass verhindert werden soll, dass im Glättungskondensator 7 gespeicherte elektrische Ladung durch die Schaltelemente 1 und 2 fließt. In **Fig. 3** ist ein Beispiel dargestellt, bei dem der Stromversorgungskurzschluss zweimal vorgenommen wird, aber die vorliegende Offenbarung ist nicht zwingend auf dieses Beispiel beschränkt. Der Stromversorgungskurzschluss kann auch nur einmal oder dreimal und öfter durchgeführt werden.

**[0032]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, wird das Schaltelement 2 einmal oder mehrmals angesteuert, wonach wieder die normale Synchrongleichrichtung erfolgt. Konkret wird das Schaltelement 1 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem das Schaltelement 4 in den eingeschalteten Zustand versetzt wird, eingeschaltet ist. Das Schaltelement 1, bei dem es sich um das obere Zweigelement handelt, und das Schaltelement 4, bei dem es sich um das untere Zweigelement handelt, weisen in Bezug auf die zwi-

schen ihnen bestehende Verbindungsposition eine diagonale Beziehung auf.

**[0033]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, wird das Schaltelement 1 so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn das Schaltelement 3 eingeschaltet ist. Dabei fließt der Primärstrom  $I_s$  in die Gleichrichterschaltung 6 entlang eines Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, das Schaltelement 3, das Schaltelement 1, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50. Auch dieser Betrieb bezieht sich auf einen Stromversorgungskurzschlussbetrieb, bei dem der Primärstrom  $I_s$  ohne Zwischenschaltung des Glättungskondensators 7 fließt. Bei diesem Kurzschluss wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es ausgeschaltet ist. Der Grund hierfür ist, dass verhindert werden soll, dass im Glättungskondensator 7 gespeicherte elektrische Ladung durch die Schaltelemente 1 und 2 fließt. Hier wird ein Beispiel gezeigt, bei dem in ähnlicher Weise wie bei dem positiven Halbzyklus von **Fig. 3** der Stromversorgungskurzschluss zweimal erfolgt, der Stromversorgungskurzschluss kann jedoch auch nur einmal oder dreimal und öfter durchgeführt werden.

**[0034]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  negative Polarität hat, wird das Schaltelement 1 ein- oder mehrmals angesteuert, wonach wieder die normale Synchrongleichrichtung erfolgt. Konkret wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem das Schaltelement 3 in den eingeschalteten Zustand versetzt wird, eingeschaltet ist. Das Schaltelement 2, bei dem es sich um das untere Zweigelement handelt, und das Schaltelement 3, bei dem es sich um das obere Zweigelement handelt, weisen in Bezug auf die zwischen ihnen bestehende Verbindungsposition eine diagonale Beziehung auf.

**[0035]** Nachfolgend wird die Betriebsweise von **Fig. 4** beschrieben. Zunächst wird das Schaltelement 4 so gesteuert, dass es während des Zeitraums, in dem die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität aufweist, eingeschaltet ist, aber während des Zeitraums, in dem die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität aufweist, ausgeschaltet ist. Das Schaltelement 3 wird so gesteuert, dass es während des Zeitraums, in dem die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität aufweist, ausgeschaltet ist, jedoch während des Zeitraums, in dem die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität aufweist, eingeschaltet ist.

**[0036]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn das Schaltelement 4 eingeschaltet ist. Dieser Betrieb bezieht sich auf einen Stromversorgungskurzschlussbetrieb. Nach dem Stromversorgungskurz-

schlussbetrieb wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es ausgeschaltet ist, und das Schaltelement 1 wird so gesteuert, dass es eingeschaltet ist. Dieser Betrieb bezieht sich auf einen Synchrongleichrichtungsbetrieb. Danach werden die Schaltelemente 1 und 2 so gesteuert, dass sie abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, wobei der Stromversorgungskurzschlussbetrieb und der Synchrongleichrichtungsbetrieb abwechselnd und wiederholt durchgeführt werden.

**[0037]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn das Schaltelement 4 eingeschaltet ist. Dieser Betrieb bezieht sich auf einen Stromversorgungskurzschlussbetrieb. Nach dem Stromversorgungskurzschlussbetrieb wird das Schaltelement 2 so gesteuert, dass es ausgeschaltet ist, und das Schaltelement 1 wird so gesteuert, dass es eingeschaltet ist. Dieser Betrieb bezieht sich auf einen Synchrongleichrichtungsbetrieb. Danach werden die Schaltelemente 1 und 2 so gesteuert, dass sie abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden, wobei der Stromversorgungskurzschlussbetrieb und der Synchrongleichrichtungsbetrieb abwechselnd und wiederholt durchgeführt werden.

**[0038]** Durch den obigen Betrieb wird die Gleichspannung  $V_{dc}$  auf eine Spannung oberhalb der Versorgungsspannung  $V_s$  angehoben. Außerdem verbessert sich der Leistungsfaktor, da der Primärstrom  $I_s$  über den gesamten Halbzyklus der Versorgungsspannung  $V_s$  fließt.

**[0039]** Die Betriebsweise von **Fig. 3** und die Betriebsweise von **Fig. 4** unterscheiden sich darin, ob die Schaltsteuerung vollständig über einen Zyklus der Versorgungsspannung  $V_s$  durchgeführt wird oder nicht. Gegebenenfalls kann daher die Betriebsweise von **Fig. 4** als „Vollzyklus-Schaltbetrieb“ und die Betriebsweise von **Fig. 3** als „Teil-Schaltbetrieb“ bezeichnet werden. Wenn ein Unterschied in deren Schaltgeschwindigkeit im Vordergrund steht, kann die Betriebsweise von **Fig. 4** als „Schaltbetrieb mit höherer Geschwindigkeit“ und die Betriebsweise von **Fig. 3** als „Schaltbetrieb mit niedrigerer Geschwindigkeit“ bezeichnet werden.

**[0040]** Die Betriebsweise von **Fig. 4** ist besser geeignet, um ein größeres Anhebungsverhältnis zu erreichen. Andererseits ist die Betriebsweise von **Fig. 3** besser geeignet, um Schaltverluste zu reduzieren. Daher kann durch Umschalten zwischen der Betriebsweise von **Fig. 3** und der Betriebsweise von **Fig. 4** in Abhängigkeit von der Drehzahl des Motors 52 der Wirkungsgrad verbessert und gleichzeitig die variable Breite der Gleichspannung  $V_{dc}$  vergrößert werden.

**[0041]** Im Folgenden wird die Funktionsweise des wesentlichen Teils des Stromrichters 100 gemäß der ersten Ausführungsform beschrieben. Vor der Beschreibung der Funktionsweise des wesentlichen Teils werden die Pfade des Primärstroms  $I_s$  beschrieben, der in der Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform fließt.

**[0042]** **Fig. 5** zeigt eine Darstellung, die einen ersten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 5** dargestellte Strompfad ist als „Strompfad (1)“ definiert. In **Fig. 5** ist ein Strompfad dargestellt, der durch eine Synchrongleichrichtung gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität aufweist. Die Schaltelemente 1 und 4 befinden sich im EIN-Zustand und die Schaltelemente 2 und 3 im AUS-Zustand. Dabei fließt der Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, das Schaltelement 1, den Inverter 8, das Schaltelement 4 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0043]** **Fig. 6** zeigt eine Darstellung, die einen zweiten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 6** dargestellte Strompfad ist als „Strompfad (2)“ definiert. In **Fig. 6** ist ein Strompfad dargestellt, der durch einen Stromversorgungskurzschluss gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität aufweist. Die Schaltelemente 2 und 4 sind im EIN-Zustand und die Schaltelemente 1 und 3 sind im AUS-Zustand. Dabei fließt der Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, das Schaltelement 2, das Schaltelement 4 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0044]** **Fig. 7** zeigt eine Darstellung, die einen dritten Pfad des Stroms zeigt, der in der Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 7** dargestellte Strompfad ist als „Strompfad (3)“ definiert. In **Fig. 7** ist ein Strompfad dargestellt, der durch eine Synchrongleichrichtung gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität aufweist. Die Schaltelemente 2 und 3 befinden sich im EIN-Zustand, und die Schaltelemente 1 und 4 sind im AUS-Zustand. Dabei fließt der Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, das Schaltelement 3, den Inverter 8, das Schaltelement 2, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0045]** **Fig. 8** zeigt eine Darstellung, die einen vierten Pfad des Stroms zeigt, der in der Gleichrichterschaltung 6 der ersten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 8** dargestellte Strompfad ist als „Strompfad (4)“ definiert. In **Fig. 8** ist ein Strompfad dargestellt, der durch einen Stromversorgungskurzschluss gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine nega-

tive Polarität aufweist. Die Schaltelemente 1 und 3 sind im EIN-Zustand und die Schaltelemente 2 und 4 sind im AUS-Zustand. Dabei fließt der Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, das Schaltelement 3, das Schaltelement 1, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0046]** Fig. 9 zeigt ein Flussdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise des wesentlichen Teils bei der ersten Ausführungsform verwendet wird. Auf Basis der von den Rotationssensoren 54 erfassten Werte berechnet die Steuereinheit 10 die aktuelle Drehzahl des Motors 52 (Schritt S101). Als Nächstes berechnet die Steuereinheit 10 eine im Motor 52 induzierte Spannung auf Basis der aktuellen Drehzahl und einer Induktionsspannungskonstante (Schritt S102). Umso größer die Induktionsspannungskonstante ist, desto größer ist die induzierte Spannung. Zudem ist die induzierte Spannung umso größer, je höher die Drehzahl ist. Die Induktionsspannungskonstante ist einer der Parameter, die zur Erfassung der Charakteristika eines zu verwendenden Motors eingesetzt werden. Daten über Motorkonstanten, einschließlich der Induktionsspannungskonstante, werden im Speicher 10b innerhalb der Steuereinheit 10 gespeichert.

**[0047]** Parallel zu der Prozedur von Schritt S101 prüft die Steuereinheit 10 den aktuell erfassten Wert der Gleichspannung (Schritt S103). Die Steuereinheit 10 vergleicht die induzierte Spannung mit der Gleichspannung (Schritt S104). Wenn die induzierte Spannung kleiner oder gleich der Gleichspannung ist (Schritt S104: Nein), kehrt die Steuereinheit 10 zum Beginn des Ablaufs zurück und wiederholt die Schritte S101 und S103. Ist dagegen die induzierte Spannung größer als die Gleichspannung (Schritt S104: Ja), wird die Gleichspannung in einem speziellen Verfahren angehoben (Schritt S105). Nach der Prozedur von Schritt S105 kehrt man zum Beginn des Ablaufs zurück, und die Prozeduren der Schritte S101 und S103 werden wiederholt.

**[0048]** Auch wenn die Bestimmung im oben beschriebenen Schritt S104 „Nein“ lautet, wenn die induzierte Spannung gleich der Gleichspannung ist, kann die Bestimmung „Ja“ lauten. Wenn die induzierte Spannung gleich der Gleichspannung ist, kann die Bestimmung anders ausgedrückt entweder „Ja“ oder „Nein“ lauten.

**[0049]** Fig. 10 zeigt ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise des wesentlichen Teils bei der ersten Ausführungsform verwendet wird. Fig. 10 zeigt Betriebskurvenformen, die mit dem wesentlichen Teil verknüpft sind, der gemäß dem Flussdiagramm von Fig. 9 arbeitet. Konkret veranschaulicht Fig. 10 von oben nach unten die Betriebskurvenformen der Versorgungsspannung  $V_s$ , des Primärstroms  $I_s$ , der Gleichspannung  $V_{dc}$ ,

der induzierten Spannung  $V_m$ , eines Nulldurchgangssignals  $Z_c$ , des Gate-Signals Q1, des Gate-Signals Q2, des Gate-Signals Q3 und des Gate-Signals Q4. Die Horizontale stellt die Zeit dar. Die Gleichspannung  $V_{dc}$  ist durch eine durchgezogene Linie dargestellt, die induzierte Spannung  $V_m$  durch eine strichpunktierte Linie.

**[0050]** Das Nulldurchgangssignal  $Z_c$  ist ein Signal, das im Inneren der Steuereinheit 10 auf Basis des erfassten Werts der Versorgungsspannung  $V_s$  erzeugt wird. In Fig. 10 wird „High“ ausgegeben, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, und „Low“, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht zwingend auf dieses Beispiel beschränkt. Das Nulldurchgangssignal  $Z_c$  kann ein Signal sein, bei dem „Low“ ausgegeben wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, und „High“, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat.

**[0051]** Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, d. h. wenn das Nulldurchgangssignal  $Z_c$  wie oben beschrieben High ist, wird das Gate-Signal Q4 eingeschaltet, wenn der Primärstrom  $I_s$  fließt. Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, d. h. wenn das Nulldurchgangssignal  $Z_c$  Low ist, wird das Gate-Signal Q3 eingeschaltet, wenn der Primärstrom  $I_s$  fließt.

**[0052]** Die Betriebskurvenformen von Fig. 10 zeigen hier, dass die Gleichspannung  $V_{dc}$  in einem Zeitraum T1, in dem das Gate-Signal Q4 eingeschaltet ist, größer ist als die induzierte Spannung  $V_m$ . Daher wird kein Boostvorgang durchgeführt, wobei der elektrische Strom entlang des oben definierten Strompfades (1) fließt. In Fig. 10 wird der Strompfad (1) als „(1)“ bezeichnet. Die anderen Strompfade sind im Folgenden in ähnlicher Weise dargestellt.

**[0053]** Die Gleichspannung  $V_{dc}$  ist auch in einem Zeitraum T2, in dem das Gate-Signal Q3 eingeschaltet ist, größer als die induzierte Spannung  $V_m$ . Daher wird kein Boostvorgang durchgeführt, wobei der elektrische Strom entlang des oben definierten Strompfades (3) fließt.

**[0054]** Andererseits gibt es in einem nachfolgenden Zyklus der Versorgungsspannung  $V_s$  einen Zeitraum, in dem die induzierte Spannung  $V_m$  größer wird als die Gleichspannung  $V_{dc}$ . Daher werden im Zeitraum T3, in dem das Gate-Signal Q4 eingeschaltet ist, der Betrieb, der den Stromfluss entlang des Strompfades (1) bewirkt, und der Betrieb, der den Stromfluss entlang des Strompfades (2) bewirkt, wiederholt ausgeführt. Außerdem werden im Zeitraum T4, in dem das Gate-Signal Q3 eingeschaltet ist, der Betrieb, der den Stromfluss entlang des Strompfades (3) bewirkt, und der Betrieb, der den Strom-

fluss entlang des Strompfads (4) bewirkt, wiederholt ausgeführt. Mit anderen Worten werden die Synchrongleichrichtung und der Boostvorgang in den Zeiträumen T3 und T4 wiederholt.

**[0055]** In den Zeiträumen T3 und T4 erfolgt die Umschaltung zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang, ohne dass die Schaltvorgänge der an der Synchrongleichrichtung beteiligten Gate-Signale Q3 und Q4 geändert werden. In den Zeiträumen T3 und T4 ist es anders ausgedrückt möglich, zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang umzuschalten, ohne dass es dazwischen einen Zeitraum gibt, in dem das Umschalten ausgesetzt ist.

**[0056]** Wenn die Drehzahl des Motors 52 höher ist, ist die induzierte Spannung  $V_m$  des Motors 52 größer. Daher steigt bei gleicher Lastbedingung der Motorstrom, d. h. der im Motor 52 fließende elektrische Strom, und der Verlust des Motors 52 ist größer. Im Gegensatz dazu wird bei der Steuerung gemäß der ersten Ausführungsform von der Synchrongleichrichtung auf den Boostvorgang umgeschaltet, um die Gleichspannung  $V_{dc}$  zu erhöhen, wenn die induzierte Spannung  $V_m$  des Motors 52 größer ist als die Gleichspannung  $V_{dc}$ , so dass der Anstieg des Motorstroms eingeschränkt werden kann. Auf diese Weise wird eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads in einem höheren Drehzahlbereich des Motors 52 ermöglicht.

**[0057]** Bei der Steuerung gemäß der ersten Ausführungsform kann die Umschaltung zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang ohne Unterbrechung der Umschaltung erfolgen, wodurch ein schnelles Umschalten zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang möglich ist. Infolgedessen kann verhindert werden, dass der mit den Boostvorgang verbundene Verlust zunimmt.

**[0058]** In **Fig. 1** ist eine Konfiguration dargestellt, bei der der Motor 52 die Rotationssensoren 54 aufweist, aber die vorliegende Offenbarung ist nicht unbedingt auf dieses Beispiel beschränkt. Zum Beispiel kann die Konfiguration wie in **Fig. 11** dargestellt modifiziert werden. **Fig. 11** zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters 100A gemäß einer Modifikation der ersten Ausführungsform. Wie in **Fig. 11** dargestellt ist, kann er so konfiguriert werden, dass der Motor 52 Induktionsspannungsdetektoren 56 aufweist, deren Erfassungswerte in die Steuervorrichtung 10 des Stromrichters 100A eingegeben werden. Jeder der Induktionsspannungsdetektoren 56 ist ein Detektor, der eine induzierte Spannung direkt erfasst, die in einer Wicklung (nicht dargestellt) des Motors 52 induziert wird.

**[0059]** Der Erfassungswert des Induktionsspannungsdetektors 56 wird in die Steuereinheit 10 eingegeben. Da die Berechnung der induzierten Spannung im Falle des in **Fig. 11** dargestellten Stromrichters 100A nicht erforderlich ist, können im Flussdiagramm von **Fig. 9** die Schritte S101 und S102 entfallen.

**[0060]** Auch wenn in **Fig. 11** drei Detektoren dargestellt sind, reicht mindestens ein Detektor aus.

**[0061]** Bei den Konfigurationen von **Fig. 1** und **Fig. 11** werden die Schaltelemente 1 bis 4, die Gleichrichterelemente, die zur Bildung der Gleichrichterschaltung 6 verwendet werden, und die Schaltelemente, die den Inverter 8 bilden, im Allgemeinen jeweils unter Verwendung eines Halbleiterelements, das mit oder aus einem Siliciummaterial hergestellt ist, gebildet, sind jedoch nicht darauf beschränkt. Unter diesen Halbleiterelementen können die Schaltelemente 1 bis 4, die Gleichrichterelemente, die zur Bildung der Gleichrichterschaltung 6 verwendet werden, oder die Schaltelemente, die den Inverter 8 bilden, aus einem Halbleiter mit großem Bandabstand (WBG-Halbleiter) wie Siliciumcarbid, Galliumnitrid, Galliumoxid oder Diamant hergestellt sein.

**[0062]** Der WBG-Halbleiter bietet im Vergleich zu einem Silicium-Halbleiter im Allgemeinen einen geringen Verlust. Wenn die Halbleiterelemente unter Verwendung von WBG-Halbleitern gebildet werden, kann die Vorrichtung daher so ausgebildet sein, dass sie geringere Verluste aufweist. Der WBG-Halbleiter weist im Vergleich zum Silicium-Halbleiter auch eine hohe Spannungsfestigkeit auf. Daher hat jedes der Halbleiterelemente eine höhere Spannungsfestigkeit und eine höhere zulässige Stromdichte, so dass ein Halbleitermodul mit den darin enthaltenen Halbleiterschaltelementen verkleinert werden kann. Darüber hinaus hat ein WBG-Halbleiter einen höheren Wärmewiderstand, so dass ein Kühlkörper zur Ableitung der vom Halbleitermodul erzeugten Wärme verkleinert und eine Wärmeableitungsstruktur zur Ableitung der vom Halbleitermodul erzeugten Wärme vereinfacht werden kann.

**[0063]** Wie oben beschrieben wurde, umfasst der Stromrichter gemäß der ersten Ausführungsform eine Drossel und eine Gleichrichterschaltung, an die über die Drossel die von der Wechselstromversorgung ausgegebene Versorgungsspannung angelegt wird. Die Gleichrichterschaltung umfasst einen ersten Zweig und einen zweiten Zweig, der parallel zum ersten Zweig geschaltet ist. Im ersten Zweig sind das erste obere Zweigelement und das erste untere Zweigelement in Reihe geschaltet, im zweiten Zweig sind das zweite obere Zweigelement und das zweite untere Zweigelement in Reihe geschaltet. Die

Steuereinheit steuert den Betrieb des ersten oberen Zweigelements und des ersten unteren Zweigelements auf Basis des erfassten Werts der Gleichspannung und der im Motor induzierten Spannung, wobei der erfasste Wert durch Erfassen der Gleichspannung erhalten wird, die durch den Glättungskondensator geglättet wurde, durch den die Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung geglättet wird. Auf diese Weise kann eine weitere Wirkungsgradverbesserung im höheren Drehzahlbereich des Motors erreicht werden, wo die induzierte Spannung des Motors höher ist. Das zweite obere Zweigelement und zweite untere Zweigelement wird jeweils so gesteuert, dass es dann eingeschaltet ist, wenn Strom durch die zugehörige parallel geschaltete Diode fließt, aber ausgeschaltet ist, wenn kein Strom durch die zugehörige Diode fließt.

**[0064]** Bei der oben beschriebenen Steuerung werden, wenn die induzierte Spannung kleiner als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, das erste obere Zweigelement und das erste untere Zweigelement so gesteuert, dass sie in jedem Halbzyklus der Versorgungsspannung abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden. Wenn sich die induzierte Spannung von einem Wert, der kleiner als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, auf einen Wert ändert, der größer als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, werden das erste obere Zweigelement und das erste untere Zweigelement so gesteuert, dass sie ohne Berücksichtigung der Polarität der Stromversorgungsspannung innerhalb eines Halbzyklus mit der gleichen Polarität abwechselnd ein- und ausgeschaltet werden. Diese Steuerung ermöglicht ein schnelleres Umschalten zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang, wodurch verhindert werden kann, dass die mit dem Boostvorgang verbundenen Verluste ansteigen.

#### Zweite Ausführungsform

**[0065]** Fig. 12 zeigt eine Darstellung zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Stromrichters 100B gemäß der zweiten Ausführungsform. Der Stromrichter 100B gemäß der zweiten Ausführungsform basiert auf der Konfiguration des Stromrichters 100 gemäß der ersten Ausführungsform, die in Fig. 1 dargestellt ist, verfügt jedoch über einen Kurzschluss 17 zwischen der Drossel 5 und der Gleichrichterschaltung 6. Der Kurzschluss 17 umfasst ein Kurzschluss-Schaltelement 16 und eine Diodenbrücke 15, die parallel zu dem Kurzschluss-Schaltelement 16 geschaltet ist. In Abhängigkeit vom Betrieb des Kurzschluss-Schaltelements 16 bewirkt der Kurzschluss 17 einen Stromversorgungskurzschluss, der die über die Drossel 5 angelegte Versorgungsspannung  $V_s$  kurzschließt. In Fig. 12 wurde die Gate-Schaltkreiseinheit 14 durch eine Gate-Schaltkreiseinheit 14B ersetzt. Zusätzlich zu den Gate-Signalen Q1, Q2, Q3 und Q4 erzeugt

die Gate-Schaltkreiseinheit 14B ein Gate-Signal Q5 zum Ansteuern des Kurzschluss-Schaltelements 16 und gibt dieses aus. Im Übrigen ist die Konfiguration gleich oder gleichwertig mit der Konfiguration der ersten Ausführungsform. Bestandteile, die mit denen der ersten Ausführungsform identisch oder äquivalent sind, sind mit den gleichen Bezugszeichen versehen, und deren redundante Beschreibung wird weggelassen.

**[0066]** Fig. 13 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Schaltmusters, das sich auf die grundlegende Funktionsweise der Gleichrichterschaltung 6 und des Kurzschlusses 17 bei der zweiten Ausführungsform bezieht. Die Horizontale in Fig. 13 stellt die Zeit dar. Fig. 13 zeigt von oben nach unten entlang einer vertikalen Achse die Betriebskurvenformen der Versorgungsspannung  $V_s$ , des Primärstroms  $I_s$ , des Gate-Signals Q5, des Gate-Signals Q1, des Gate-Signals Q2, des Gate-Signals Q3 und des Gate-Signals Q4.

**[0067]** In Fig. 13 wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat, jedes der Schaltelemente 1 und 4 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, eingeschaltet ist. Wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität hat, wird jedes der Schaltelemente 2 und 3 so gesteuert, dass es während eines Zeitraums, in dem Strom durch die parallel geschaltete Diode fließt, eingeschaltet ist. Diese beiden Betriebsarten beziehen sich auf die oben beschriebene Synchrongleichrichtung.

**[0068]** Wenn die Gleichspannung  $V_{dc}$  erhöht werden muss, wird das Gate-Signal Q5 so gesteuert, dass es EIN ist, wodurch das Kurzschluss-Schaltelement 16 wie in Fig. 13 dargestellt leitet. Dies erfolgt dann, wenn der elektrische Strom in dem Kurzschluss 17 entlang eines Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, die Diodenbrücke 15, das Kurzschluss-Schaltelement 16, die Diodenbrücke 15 und die Wechselstromversorgung 50 fließt. Dementsprechend wird Energie in der Drossel 5 gespeichert. Wenn das Kurzschluss-Schaltelement 16 danach nicht mehr leitend ist, wird die in der Drossel 5 gespeicherte Energie über die Gleichrichterschaltung 6 in den Glättungskondensator 7 abgegeben. Dementsprechend wird die Gleichspannung  $V_{dc}$ , d. h. die Spannung an dem Glättungskondensator 7, angehoben.

**[0069]** In Fig. 13 ist ein Beispiel dargestellt, bei dem in jedem Halbzyklus der Versorgungsspannung  $V_s$  zweimal ein Stromversorgungskurzschluss durchgeführt wird, die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht zwingend auf dieses Beispiel beschränkt. Der Stromversorgungskurzschluss kann auch nur einmal oder dreimal und öfter durchgeführt werden

**[0070]** Nachfolgend wird die Funktionsweise des wesentlichen Teils des Stromrichters 100B gemäß der zweiten Ausführungsform beschrieben. Vor der Beschreibung der Funktionsweise des wesentlichen Teils wird der Pfad des Stroms beschrieben, der in der Gleichrichterschaltung 6 oder dem Kurzschluss 17 der zweiten Ausführungsform fließt.

**[0071]** **Fig. 14** zeigt eine Darstellung, die einen fünften Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 oder dem Kurzschluss 17 der zweiten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 14** dargestellte Strompfad wird als „Strompfad (5)“ bezeichnet. In **Fig. 14** ist ein Pfad des elektrischen Stroms dargestellt, der durch die Synchrongleichrichtung gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität aufweist. Die Schaltelemente 1 und 4 sind im EIN-Zustand, die Schaltelemente 2 und 3 sind im AUS-Zustand und das Kurzschluss-Schaltelement 16 ist im AUS-Zustand. Dabei fließt Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, das Schaltelement 1, den Inverter 8, das Schaltelement 4 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0072]** **Fig. 15** zeigt eine Darstellung, die einen sechsten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 oder dem Kurzschluss 17 der zweiten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 15** dargestellte Pfad des elektrischen Stroms wird als „Strompfad (6)“ bezeichnet. In **Fig. 15** ist ein Pfad des elektrischen Stroms dargestellt, der durch den Stromversorgungskurzschluss gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine positive Polarität hat. Die Schaltelemente 1 und 4 sind im EIN-Zustand, die Schaltelemente 2 und 3 sind im AUS-Zustand, und das Kurzschluss-Schaltelement 16 ist im EIN-Zustand. Dabei fließt der elektrische Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Drossel 5, die Diodenbrücke 15, das Kurzschluss-Schaltelement 16, die Diodenbrücke 15 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0073]** **Fig. 16** zeigt eine Darstellung, die einen siebten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 oder dem Kurzschluss 17 gemäß der zweiten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 16** dargestellte Strompfad ist als „Strompfad (7)“ definiert. In **Fig. 16** ist ein Pfad des elektrischen Stroms dargestellt, der durch die Synchrongleichrichtung gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  negative Polarität aufweist. Die Schaltelemente 2 und 3 sind im EIN-Zustand, die Schaltelemente 1 und 4 sind im AUS-Zustand und das Kurzschluss-Schaltelement 16 ist im AUS-Zustand. Dabei fließt der elektrische Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, das Schaltelement 3, den Inverter 8, das Schaltelement 2, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50.

ment 2, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0074]** **Fig. 17** zeigt eine Darstellung, die einen achten Pfad des elektrischen Stroms veranschaulicht, der in der Gleichrichterschaltung 6 oder dem Kurzschluss 17 der zweiten Ausführungsform fließt. Der in **Fig. 17** dargestellte elektrische Strompfad wird als „Strompfad (8)“ bezeichnet. In **Fig. 17** ist ein Pfad des elektrischen Stroms dargestellt, der durch den Stromversorgungskurzschluss gebildet wird, wenn die Versorgungsspannung  $V_s$  eine negative Polarität aufweist. Die Schaltelemente 2 und 3 sind im EIN-Zustand, die Schaltelemente 1 und 4 sind im AUS-Zustand, und das Kurzschluss-Schaltelement 16 ist im EIN-Zustand. Dabei fließt der Strom entlang des Pfades durch die Wechselstromversorgung 50, die Diodenbrücke 15, das Kurzschluss-Schaltelement 16, die Diodenbrücke 15, die Drossel 5 und die Wechselstromversorgung 50.

**[0075]** **Fig. 18** zeigt ein Zeitdiagramm, das zur Erläuterung der Funktionsweise eines wesentlichen Teils bei der zweiten Ausführungsform dient. **Fig. 18** veranschaulicht Betriebskurvenformen des wesentlichen Teils, der gemäß dem Flussdiagramm von **Fig. 9** arbeitet. Konkret veranschaulicht **Fig. 18** von oben nach unten die Betriebskurvenformen der Versorgungsspannung  $V_s$ , des Primärstroms  $I_s$ , der Gleichspannung  $V_{dc}$ , der induzierten Spannung  $V_m$ , des Nulldurchgangssignals  $Z_c$ , des Gate-Signals  $Q_5$ , des Gate-Signals  $Q_1$ , des Gate-Signals  $Q_2$ , des Gate-Signals  $Q_3$  und des Gate-Signals  $Q_4$ . Die Horizontale stellt die Zeit dar. In Bezug auf die Gleichspannung  $V_{dc}$  und die induzierte Spannung  $V_m$  wird die Gleichspannung  $V_{dc}$  durch eine durchgezogene Linie und die induzierte Spannung  $V_m$  durch eine strichpunktierte Linie dargestellt.

**[0076]** Die Betriebskurvenformen von **Fig. 18** zeigen hier, dass die Gleichspannung  $V_{dc}$  in einem Zeitraum  $T_5$ , während dem das Gate-Signal  $Q_4$  eingeschaltet ist, größer als die induzierte Spannung  $V_m$  ist. Daher erfolgt kein Boostvorgang, und der Strom fließt entlang des oben definierten Strompfades (5).

**[0077]** Die Gleichspannung  $V_{dc}$  ist auch in einem Zeitraum  $T_6$ , in dem das Gate-Signal  $Q_3$  eingeschaltet ist, größer als die induzierte Spannung  $V_m$ . Daher wird kein Boostvorgang durchgeführt, und der Strom fließt entlang des oben definierten Strompfades (7).

**[0078]** Dagegen gibt es im nächsten Zyklus der Versorgungsspannung  $V_s$  einen Zeitraum, in dem die induzierte Spannung  $V_m$  größer als die Gleichspannung  $V_{dc}$  wird. Daher werden in einem Zeitraum  $T_7$ , in dem das Gate-Signal  $Q_4$  eingeschaltet ist, der Betrieb, bei dem der Strom entlang des Strompfades (5) fließt, und der Betrieb, bei dem der Strom entlang des Strompfades (6) fließt, wiederholt. Außerdem

werden auch in einem Zeitraum T8, in dem das Gate-Signal Q3 eingeschaltet ist, der Betrieb, bei dem der Strom entlang des Strompfades (7) fließt, und der Betrieb, bei dem der Strom entlang des Strompfades (8) fließt, wiederholt. Mit anderen Worten werden die Synchrongleichrichtung und der Boostvorgang in den Zeiträumen T7 und T8 wiederholt.

**[0079]** In den Zeiträumen T7 und T8 wird zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang umgeschaltet, ohne die Schaltvorgänge der an der Synchrongleichrichtung beteiligten Gate-Signale Q1, Q2, Q3 und Q4 zu ändern. Es ist anders ausgedrückt in den Zeiträumen T3 und T4 möglich, zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang umzuschalten, ohne in den Schaltvorgang zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang eine Unterbrechungsperiode einzuschieben.

**[0080]** Wenn der Motor 52 eine höhere Drehzahl hat, ist die induzierte Spannung  $V_m$  des Motors 52 größer. Daher steigt bei gleicher Lastbedingung der Motorstrom, d. h. der im Motor 52 fließende elektrische Strom, und der Motor 52 weist einen höheren Verlust auf. Im Gegensatz dazu wird bei der Steuerung der zweiten Ausführungsform von der Synchrongleichrichtung auf den Boostvorgang umgeschaltet, um die Gleichspannung  $V_{dc}$  zu erhöhen, wenn die induzierte Spannung  $V_m$  des Motors 52 größer ist als die Gleichspannung  $V_{dc}$ . Dadurch kann ein Anstieg des Motorstroms verhindert werden. Auf diese Weise kann eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads im höheren Drehzahlbereich des Motors 52 erreicht werden.

**[0081]** Bei der Steuerung der zweiten Ausführungsform ist es möglich, nur durch die Steuerung des Kurzschluss-Schaltelements 16 nahtlos zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang umzuschalten, ohne das Schaltmuster für die Synchrongleichrichtung in der Gleichrichterschaltung 6 zu ändern. Dadurch kann die Steuerung für den Boostvorgang im Vergleich zur ersten Ausführungsform vereinfacht werden.

**[0082]** Bei der Konfiguration gemäß der zweiten Ausführungsform sind die Schaltung für die Synchrongleichrichtung und die Schaltung für den Boostvorgang separat angeordnet. Bei dieser Konfiguration ist der Vorteil zu erwarten, dass eine pro Schaltelement erzeugte Wärmemenge kleiner gemacht werden kann als bei der ersten Ausführungsform.

**[0083]** Bei den Schaltungskonfigurationen der ersten und zweiten Ausführungsform ist die Drossel 5 auf der Eingangsseite der Gleichrichterschaltung 6 angeordnet. Im Gegensatz zu diesen Konfigurationen ist auch eine andere Konfiguration allgemein

bekannt, bei der die Drossel 5 auf der Ausgangsseite der Gleichrichterschaltung 6 angeordnet ist. **Fig. 19** zeigt ein Beispiel für diese allgemein bekannte Konfiguration. **Fig. 19** zeigt ein Diagramm, das als Vergleichsbeispiel die Konfiguration eines Stromrichters 100C mit Spannungsboosterfunktion zeigt.

**[0084]** Der Stromrichter 100C gemäß dem Vergleichsbeispiel basiert auf der Konfiguration des in **Fig. 1** dargestellten Stromrichters 100 gemäß der ersten Ausführungsform und weist eine weitere Drossel 5 auf, die auf der Ausgangsseite der Gleichrichterschaltung 6 angeordnet ist, sowie eine Booster-Schaltung 20, die zwischen dieser Drossel 5 und dem Glättungskondensator 7 angeordnet ist. Die Booster-Schaltung 20 umfasst ein Schaltelement 22, das parallel zum Glättungskondensator 7 geschaltet ist, und eine Diode 21, die so angeschlossen ist, dass die Diode verhindert, dass im Glättungskondensator 7 gespeicherte elektrische Ladung in die Gleichrichterschaltung 6 fließt. In **Fig. 19** ist die Gate-Schaltkreiseinheit 14 durch die Gate-Schaltkreiseinheit 14C ersetzt. Zusätzlich zu den Gate-Signalen Q1, Q2, Q3 und Q4 erzeugt die Gate-Schaltkreiseinheit 14C ein Gate-Signal Q6 zur Ansteuerung des Schaltelements 22 und gibt dieses aus.

**[0085]** In Abhängigkeit vom EIN-Zustand des Schaltelements 22 schließt die Booster-Schaltung 20 die über die Drossel 5 angelegte Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung 6 kurz. Durch diesen Kurzschluss wird Energie in der Drossel 5 gespeichert. Wird das Schaltelement 22 anschließend nichtleitend, wird die in der Drossel 5 gespeicherte Energie in den Glättungskondensator 7 abgegeben. Dementsprechend wird die Gleichspannung  $V_{dc}$ , die die Spannung des Glättungskondensators 7 ist, erhöht.

**[0086]** In der in **Fig. 19** dargestellten Konfiguration fließt die gesamte dem Inverter 8 zugeführte elektrische Leistung durch die Diode 21. Im Gegensatz dazu weist keine der Konfigurationen der ersten und zweiten Ausführungsform ein der Diode 21 entsprechendes Element auf. Daher kann jeder der Stromrichter 100, 100A und 100B gemäß der ersten und zweiten Ausführungsform einen durch die Halbleiterelemente verursachten Verlust im Vergleich zu dem in **Fig. 19** dargestellten Stromrichter 100C verringern.

**[0087]** Wie oben beschrieben wurde, umfasst der Stromrichter gemäß der zweiten Ausführungsform eine Drossel, eine Gleichrichterschaltung, an die die von der Wechselstromversorgung ausgegebene Versorgungsspannung über die Drosselspule angelegt wird, und den Kurzschluss, der zwischen der Drossel und der Gleichrichterschaltung angeordnet ist und die Versorgungsspannung über die Drossel aufgrund

des Einschaltvorgangs kurzschließt. Die Gleichrichterschaltung umfasst den ersten Zweig und den zweiten Zweig, der parallel zum ersten Zweig geschaltet ist. Der erste Zweig umfasst ein erstes oberes Zweigelement und ein erstes unteres Zweigelement, die in Reihe geschaltet sind, und der zweite Zweig umfasst ein zweites oberes Zweigelement und ein zweites unteres Zweigelement, die in Reihe geschaltet sind. Die Steuereinheit führt die Betriebssteuerung des Kurzschlusses auf Basis des erfassten Wertes der Gleichspannung, der durch Erfassen der Gleichspannung erhalten wird, die mit Hilfe des Glättungskondensators, der zum Glätten der Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung verwendet wird, geglättet wurde, und der im Motor induzierten Spannung durch. Auf diese Weise kann eine weitere Verbesserung des Wirkungsgrads im höheren Drehzahlbereich des Motors erreicht werden, in dem die induzierte Spannung des Motors höher ist. Das erste und zweite obere Zweigelement und das erste und zweite untere Zweigelement werden so gesteuert, dass sie dann eingeschaltet sind, wenn der elektrische Strom durch ihre jeweiligen parallel geschalteten Dioden fließt, und dann ausgeschaltet sind, wenn kein elektrischer Strom durch ihre jeweiligen Dioden fließt.

**[0088]** Bei der oben beschriebenen Steuerung wird der Kurzschluss so gesteuert, dass er ausgeschaltet ist, wenn die induzierte Spannung kleiner als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, und der Kurzschluss wird so gesteuert, dass er ein- und ausgeschaltet wird, wenn die induzierte Spannung größer als der erfasste Wert der Gleichspannung ist. Gemäß der zweiten Ausführungsform kann die Umschaltung zwischen der Synchrongleichrichtung und dem Boostvorgang lediglich durch Steuerung des Kurzschlusses realisiert werden. Folglich ist eine Steuerung, die den Boostvorgang beinhaltet, im Vergleich zu der ersten Ausführungsform einfacher.

#### Dritte Ausführungsform

**[0089]** Fig. 20 zeigt ein Diagramm zur Veranschaulichung eines Beispiels für die Konfiguration eines Kühlkreislaufaggregats 200 gemäß der dritten Ausführungsform. Das in Fig. 20 dargestellte Kühlkreislaufaggregat 200 gemäß der dritten Ausführungsform umfasst den in der ersten Ausführungsform beschriebenen Stromrichter 100. Das Kühlkreislaufaggregat 200 ist so ausgebildet, dass es einen Kühlkreislauf 150 umfasst, in dem ein den Motor 52 umfassender Kompressor 41, ein Vier-Wege-Ventil 42, ein Außenwärmetauscher 43, ein Expansionsventil 44 und ein Innenraumwärmetauscher 45 über Kältemittelleitungen 46 aufgenommen sind. Der Motor 52 wird durch den Inverter 8 angesteuert. Das Kühlkreislaufaggregat 200 kann so ausgebildet sein, dass es den in der ersten Ausführungsform beschriebenen Stromrichter 100A oder den in der

zweiten Ausführungsform beschriebenen Stromrichter 100B enthält.

**[0090]** Der Kompressor 41 umfasst im Inneren einen Kompressionsmechanismus 47, der ein Kältemittel komprimiert, und den Motor 52, der den Kompressionsmechanismus 47 antreibt. Daher zirkuliert das Kältemittel aus dem Kompressor 41 zwischen dem Außenwärmetauscher 43 und dem Innenraumwärmetauscher 45 und bildet so den Kühlkreislauf 150 zum Heizen, Kühlen oder dergleichen. Der in Fig. 20 dargestellte Kühlkreislauf 150 ist beispielsweise für eine Klimaanlage geeignet.

**[0091]** Das Kühlkreislaufaggregat 200 gemäß der dritten Ausführungsform umfasst den in der ersten Ausführungsform beschriebenen Stromrichter 100. Wie oben beschrieben wurde, kann der Stromrichter 100 gemäß der ersten Ausführungsform eine weitere Wirkungsgradverbesserung im höheren Drehzahlbereich des Motors erreichen. Daher hat das Kühlkreislaufaggregat 200 gemäß der dritten Ausführungsform, wenn es zum Beispiel bei Klimaanlagen eingesetzt wird, den vorteilhaften Effekt, dass der Wirkungsgrad der resultierenden Produkte im Vergleich zu einem herkömmlichen Produkt verbessert werden kann.

**[0092]** Die oben in den Ausführungsformen beschriebenen Konfigurationen dienen nur zur Erläuterung, wobei sie jeweils mit anderen allgemein bekannten Techniken und untereinander kombiniert werden können, und sie können auch teilweise weggelassen und/oder geändert werden, ohne dass der Umfang der Offenbarung verlassen wird.

#### Bezugszeichenliste

1, 2, 3, 4, 22	Schaltelement;
5	Drossel;
6	Gleichrichterschaltung;
7	Glättungskondensator;
8	Inverter;
10	Steuereinheit;
10a	Prozessor;
10b	Speicher;
11, 13	Spannungserfassungseinheit;
12	Stromerfassungseinheit;
14, 14B, 14C	Gate-Schaltkreiseinheit;
15	Diodenbrücke;

16	Kurzschluss-Schalt- element;
17	Kurzschluss;
20	Booster-Schaltung;
21	Diode;
30	erster Zweig;
32	zweiter Zweig;
34, 36	Verbindungspunkt;
41	Kompressor;
42	Vier-Wege-Ventil;
43	Außenwärmetau- scher;
44	Expansionsventil;
45	Innenraumwärme- tauscher;
46	Kältemittelleitung;
47	Kompressionsme- chanismus;
50	Wechselstromver- sorgung;
52	Motor;
54	Rotationssensor;
56	Induktionsspan- nungsdetektor;
100, 100A, 100B, 100C	Stromrichter;
150	Kühlkreislauf;
200	Kühlkreislaufaggre- gat.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 20187326 [0003]

**Patentansprüche**

1. Stromrichter, der aufweist:  
eine Drossel;  
eine Gleichrichterschaltung zum Erhalten einer von einer Wechselstromversorgung ausgegebenen Stromversorgungsspannung, wobei die Gleichrichterschaltung einen ersten Zweig und einen parallel zum ersten Zweig geschalteten zweiten Zweig aufweist, wobei der erste Zweig ein erstes oberes Zweigelement und ein erstes unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, wobei der zweite Zweig ein zweites oberes Zweigelement und ein zweites unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, wobei die Stromversorgungsspannung über die Drossel zwischen einem Verbindungspunkt zwischen dem ersten oberen Zweigelement und dem ersten unteren Zweigelement und einem Verbindungspunkt zwischen dem zweiten oberen Zweigelement und dem zweiten unteren Zweigelement angelegt wird;  
einen Glättungskondensator zum Glätten der Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung;  
einen Inverter zum Umwandeln der mit Hilfe des Glättungskondensators geglätteten Gleichspannung in eine Ansteuerspannung für einen Motor und zum Anlegen der Ansteuerspannung an den Motor;  
eine erste Spannungserfassungseinheit zum Erfassen der Gleichspannung; und  
eine Steuereinheit zum Steuern des Betriebs der Gleichrichterschaltung und des Inverters, wobei die Steuereinheit den Betrieb des ersten oberen Zweigelements und des ersten unteren Zweigelements auf Basis der im Motor induzierten Spannung und des erfassten Gleichspannungswertes steuert.
2. Stromrichter nach Anspruch 1, wobei das zweite obere Zweigelement und das zweite untere Zweigelement jeweils so gesteuert werden, dass sie dann eingeschaltet sind, wenn ein elektrischer Strom in ihrer jeweiligen mit dem Element parallel geschalteten Diode fließt, und dann ausgeschaltet sind, wenn kein Strom in der Diode fließt.
3. Stromrichter nach Anspruch 2, der aufweist:  
eine Stromerfassungseinheit zum Erfassen des Primärstroms, der in die Eingangsseite der Gleichrichterschaltung fließt; und  
eine zweite Spannungserfassungseinheit zum Erfassen der Stromversorgungsspannung, wobei wenn die induzierte Spannung kleiner als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, das erste obere Zweigelement und das erste untere Zweigelement so gesteuert werden, dass sie in jedem Halbzyklus der Stromversorgungsspannung abwechselnd ein- und ausgeschaltet sind, und wenn die induzierte Spannung größer als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, das erste obere Zweigelement und das erste untere Zweigelement so gesteuert werden, dass sie unabhängig von

der Polarität der Stromversorgungsspannung innerhalb eines Halbzyklus mit der gleichen Polarität abwechselnd ein- und ausgeschaltet sind.

4. Stromrichter, der aufweist:  
eine Drossel;  
eine Gleichrichterschaltung zum Erhalten einer von einer Wechselstromversorgung ausgegebenen Stromversorgungsspannung, wobei die Gleichrichterschaltung einen ersten Zweig und einen parallel zum ersten Zweig geschalteten zweiten Zweig aufweist, wobei der erste Zweig ein erstes oberes Zweigelement und ein erstes unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, wobei der zweite Zweig ein zweites oberes Zweigelement und ein zweites unteres Zweigelement aufweist, die in Reihe geschaltet sind, wobei die Stromversorgungsspannung über die Drossel zwischen einem Verbindungspunkt zwischen dem ersten oberen Zweigelement und dem ersten unteren Zweigelement und einem Verbindungspunkt zwischen dem zweiten oberen Zweigelement und dem zweiten unteren Zweigelement angelegt wird;  
einen Kurzschluss, der zwischen der Drossel und der Gleichrichterschaltung angeordnet ist, um die Stromversorgungsspannung über die Drossel in Abhängigkeit von einem Einschaltvorgang kurzzuschließen;  
einen Glättungskondensator zum Glätten der Ausgangsspannung der Gleichrichterschaltung;  
einen Inverter zum Umwandeln der mit Hilfe des Glättungskondensators geglätteten Gleichspannung in eine Ansteuerspannung für einen Motor und zum Anlegen der Ansteuerspannung an den Motor;  
eine erste Spannungserfassungseinheit zum Erfassen der Gleichspannung; und  
eine Steuereinheit zum Steuern des Betriebs der Gleichrichterschaltung, des Inverters und des Kurzschlusses, wobei die Steuereinheit den Betrieb des Kurzschlusses auf Basis der im Motor induzierten Spannung und des erfassten Gleichspannungswertes steuert.
5. Stromrichter nach Anspruch 4, wobei das erste und das zweite obere Zweigelement und das erste und das zweite untere Zweigelement jeweils so gesteuert werden, dass sie dann eingeschaltet sind, wenn ein elektrischer Strom in ihrer jeweiligen mit dem Element parallel geschalteten Diode fließt, und dann ausgeschaltet sind, wenn kein Strom in der Diode fließt.
6. Stromrichter nach Anspruch 5, der aufweist:  
eine Stromerfassungseinheit zum Erfassen des Primärstroms, der in die Eingangsseite der Gleichrichterschaltung fließt; und  
eine zweite Spannungserfassungseinheit zum Erfassen der Stromversorgungsspannung, wobei wenn die induzierte Spannung kleiner als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, der Kurz-

schluss so gesteuert wird, dass er ausgeschaltet ist, und wenn die induzierte Spannung größer als der erfasste Wert der Gleichspannung ist, der Kurzschluss so gesteuert wird, dass er abwechselnd ein- und ausgeschaltet ist.

7. Stromrichter nach einem der Ansprüche 2 bis 6, wobei die oberen und unteren Zweigelemente des ersten bzw. des zweiten Zweigs aus einem Halbleiter mit großem Bandabstand hergestellt sind.

8. Stromrichter nach Anspruch 7, wobei es sich bei dem Halbleiter mit großem Bandabstand um Siliciumcarbid, Galliumnitrid, Galliumoxid oder Diamant handelt.

9. Kühlkreislaufaggregat, das aufweist: einen Stromrichter nach einem der Ansprüche 2 bis 8; und einen den Motor umfassenden Kompressor.

10. Klimaanlage, die ein Kühlkreislaufaggregat nach Anspruch 9 umfasst.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen



FIG.2

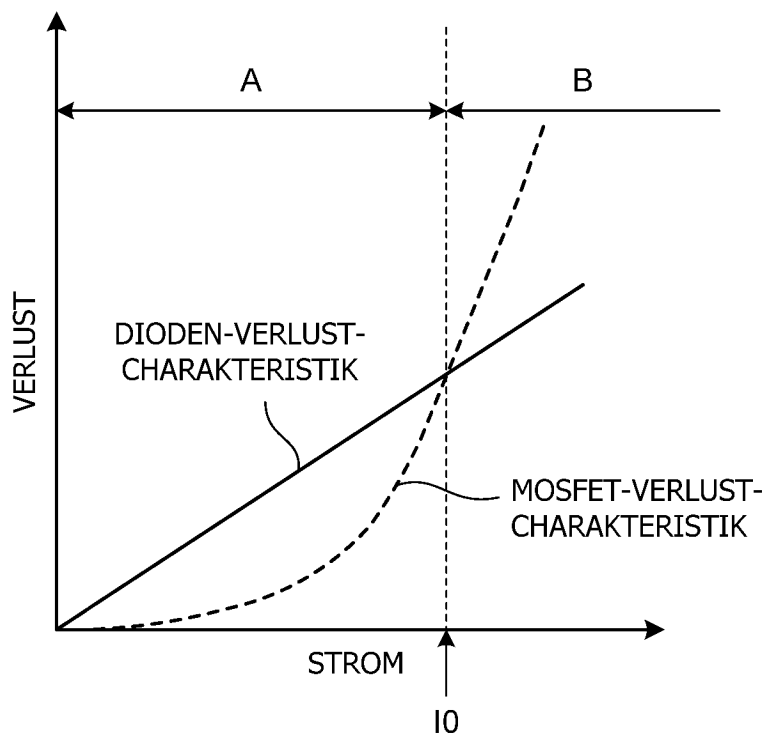


FIG.3

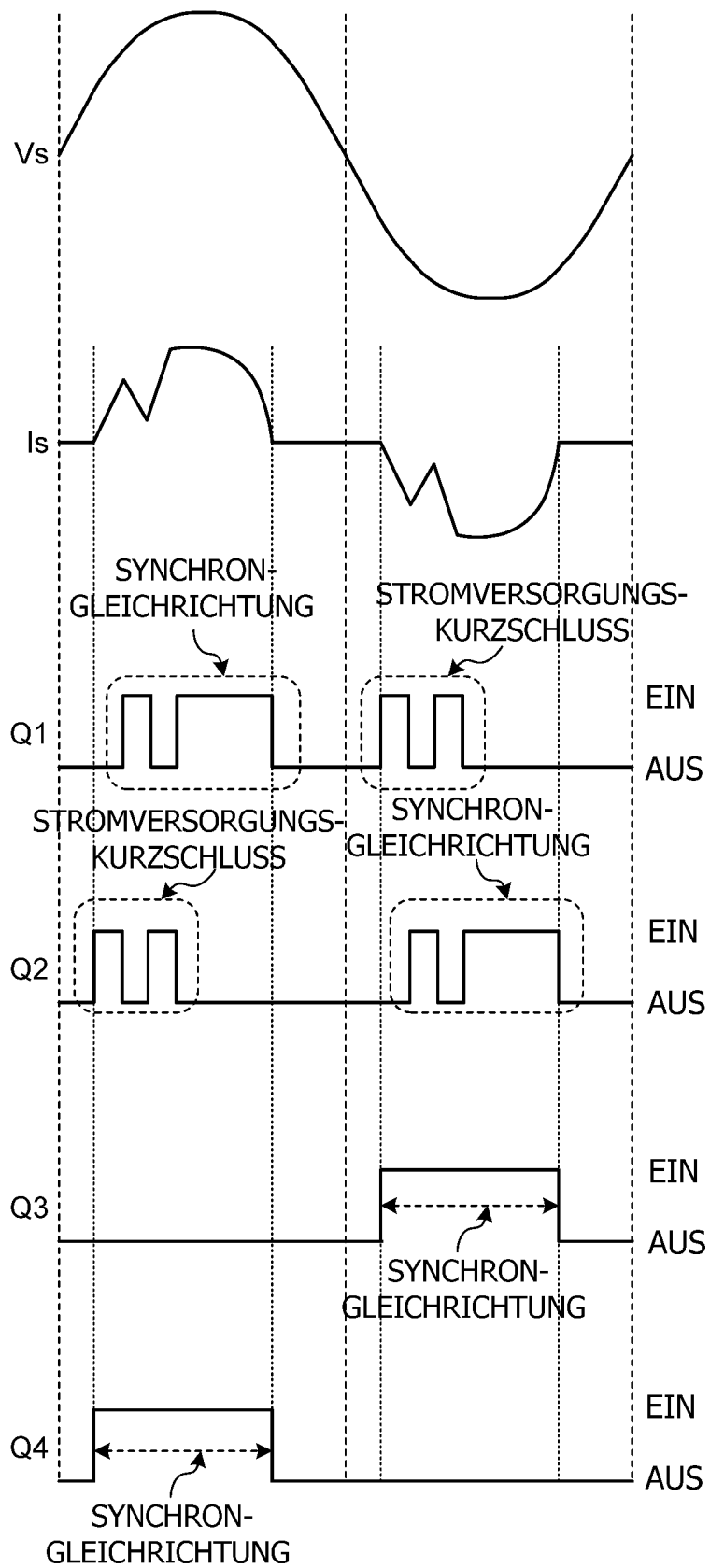


FIG.4

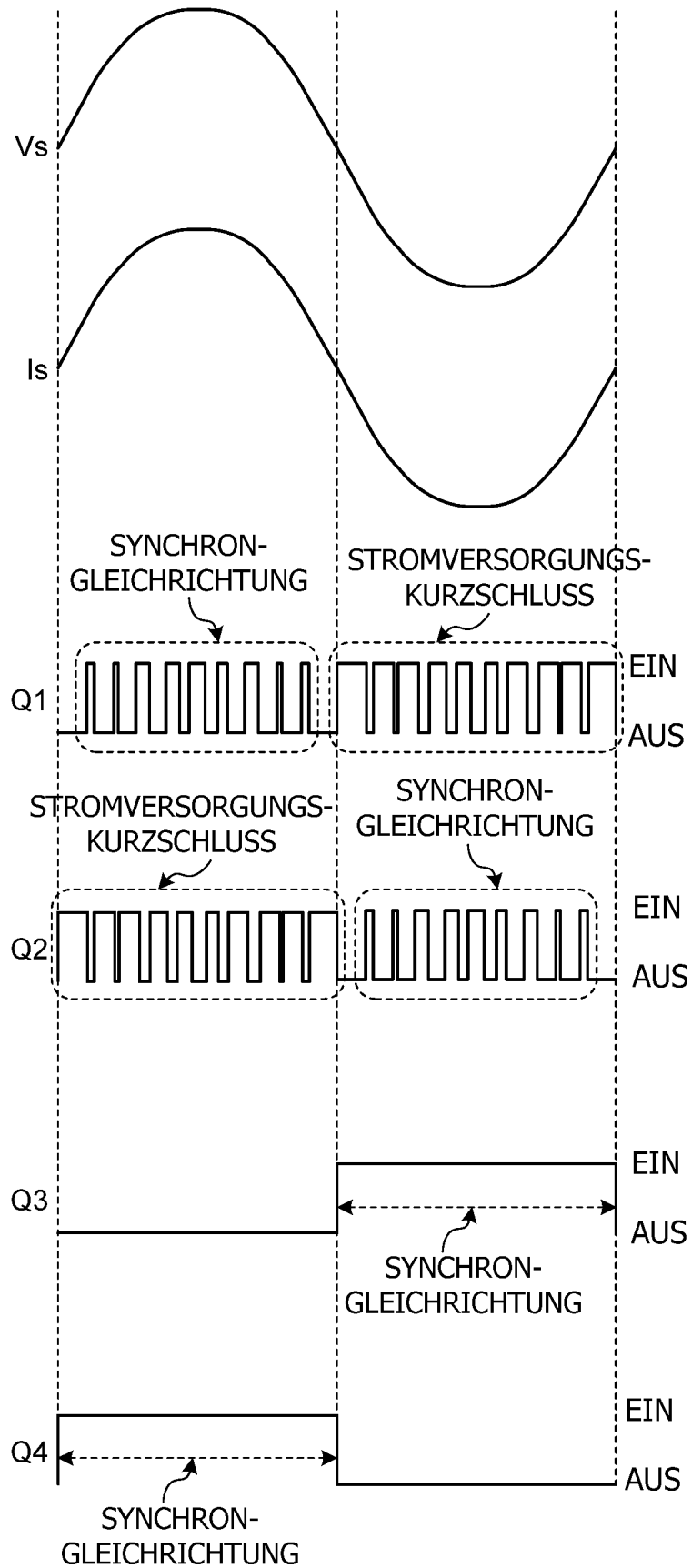


FIG.5

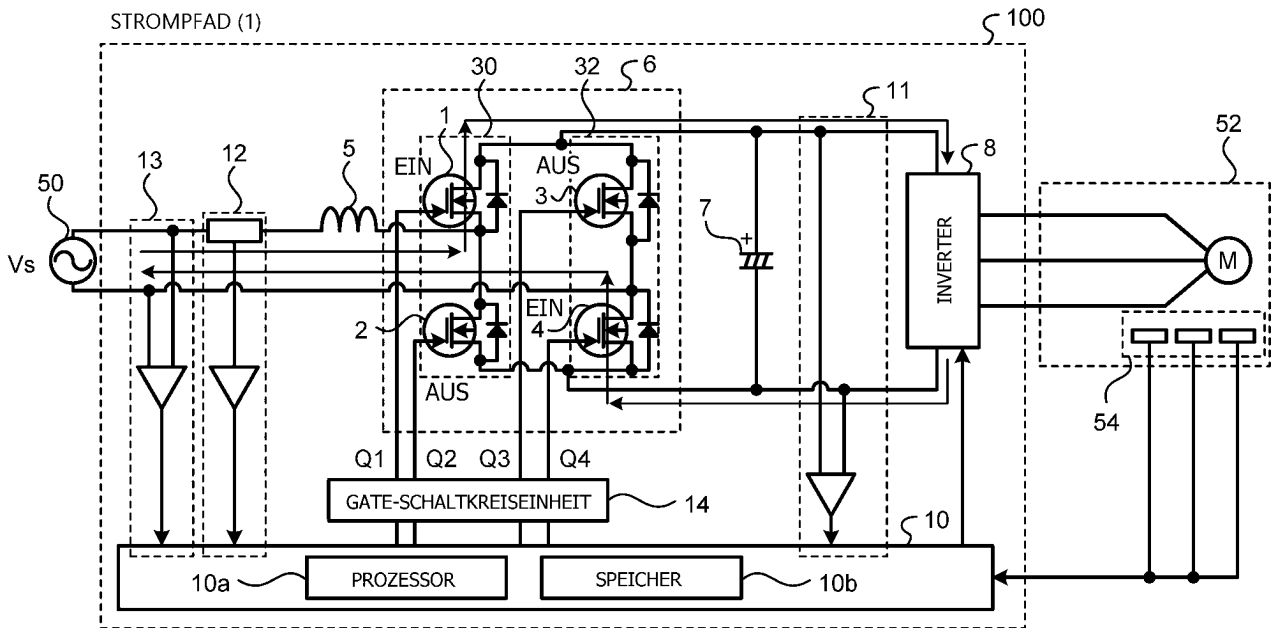


FIG.6

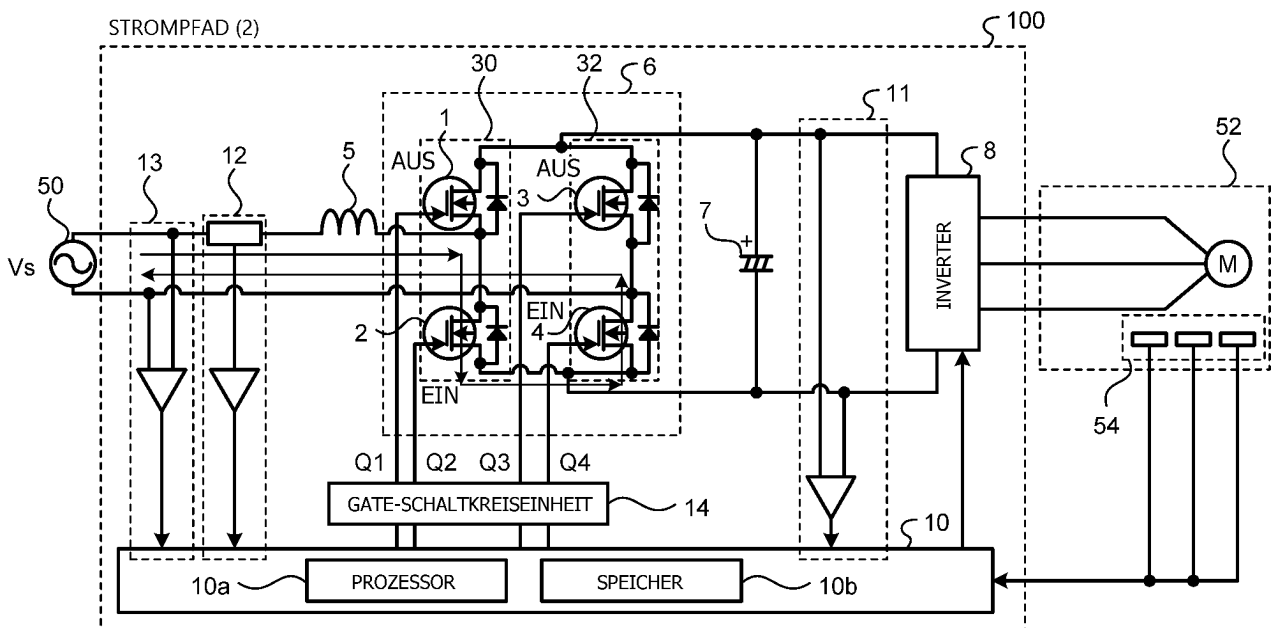


FIG.7

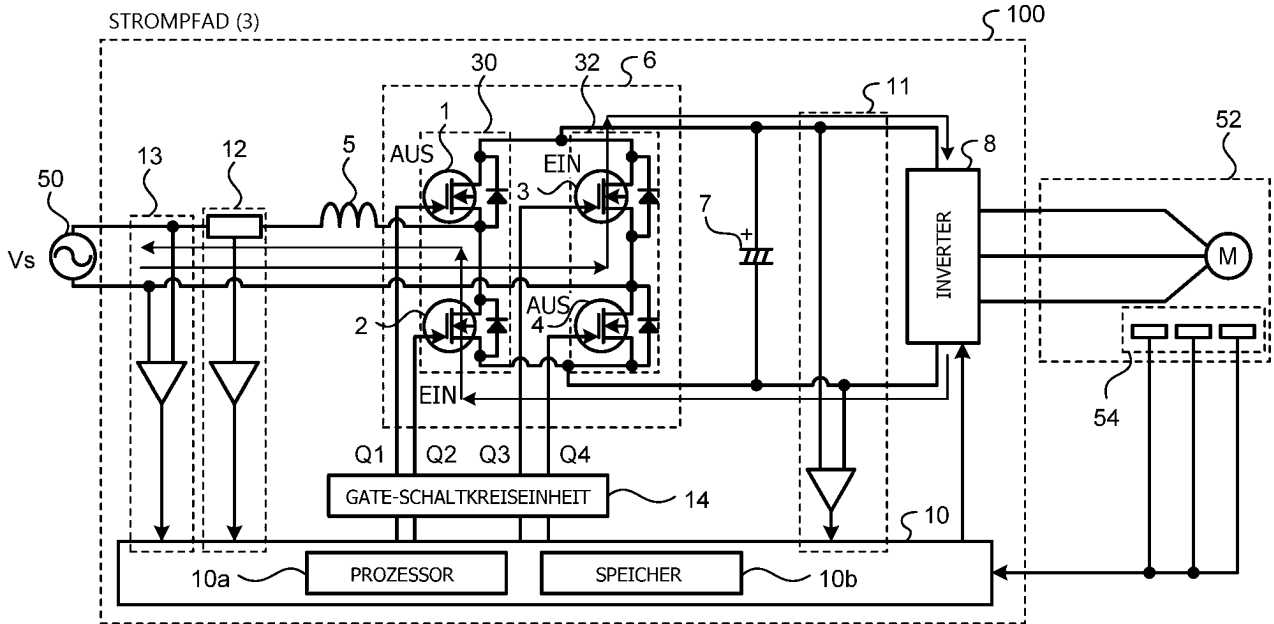


FIG.8

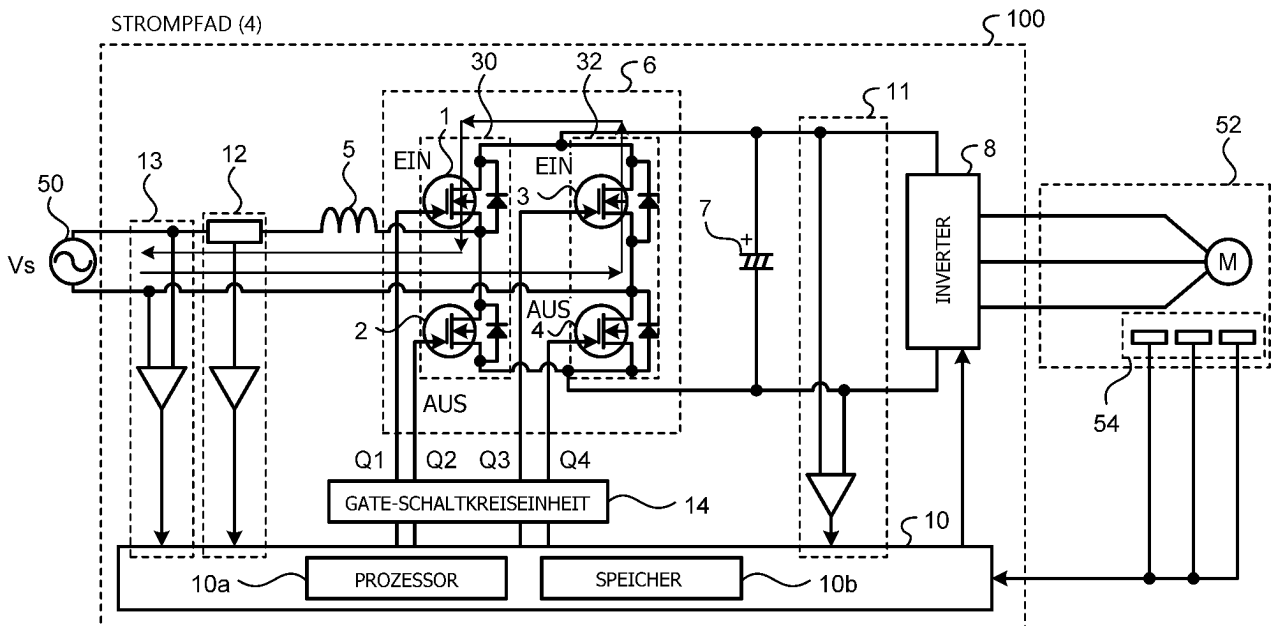


FIG.9

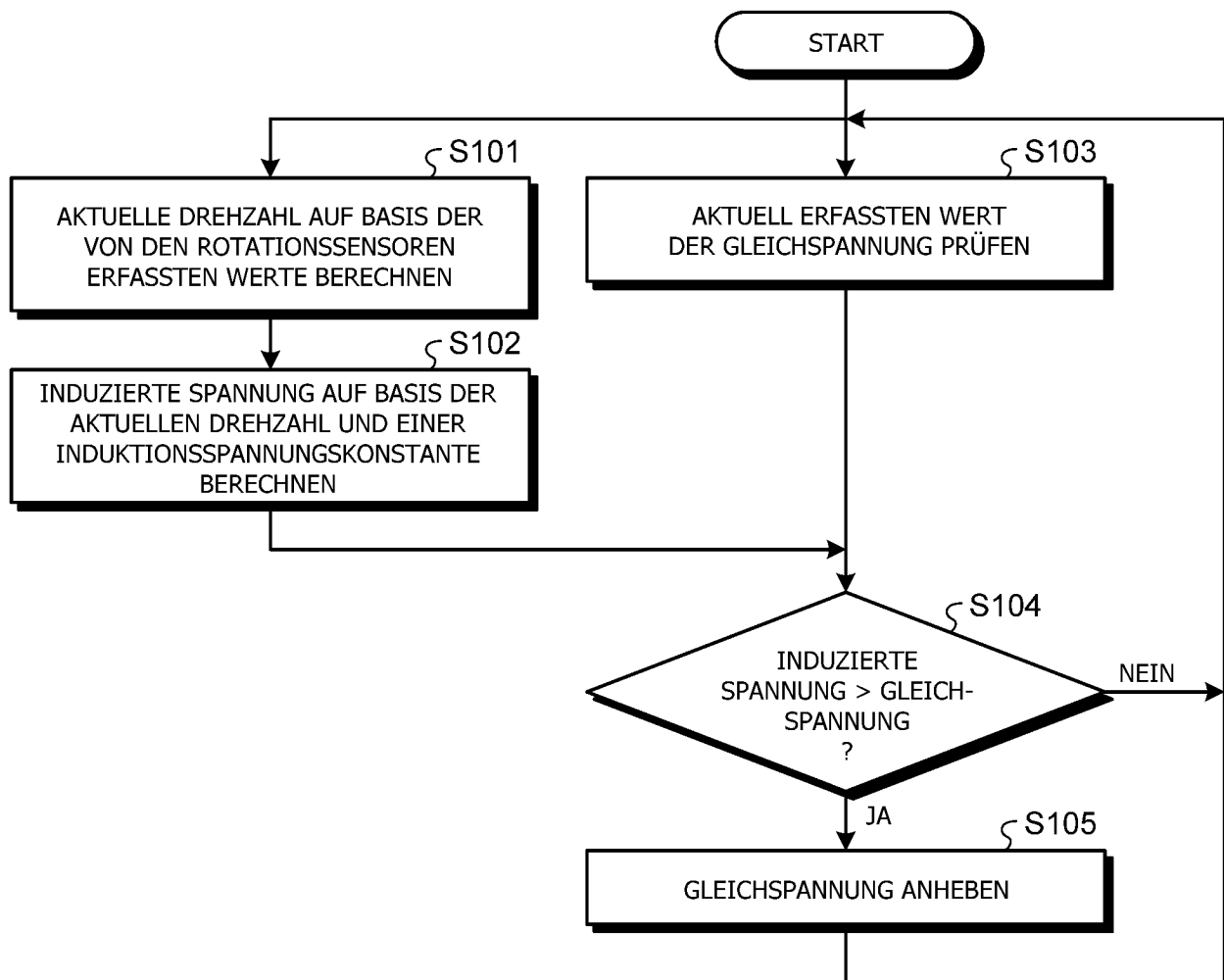


FIG.10

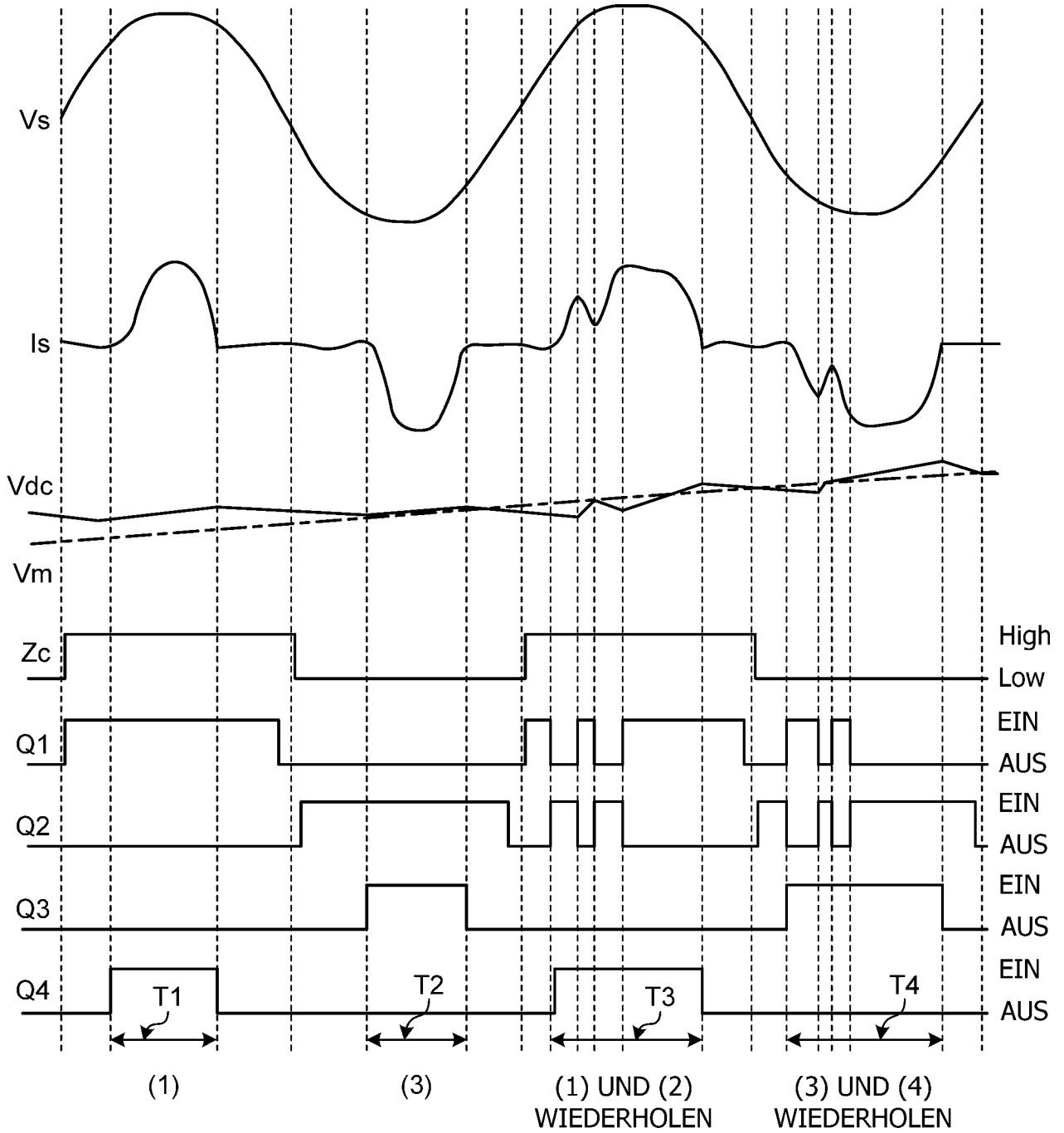


FIG.11

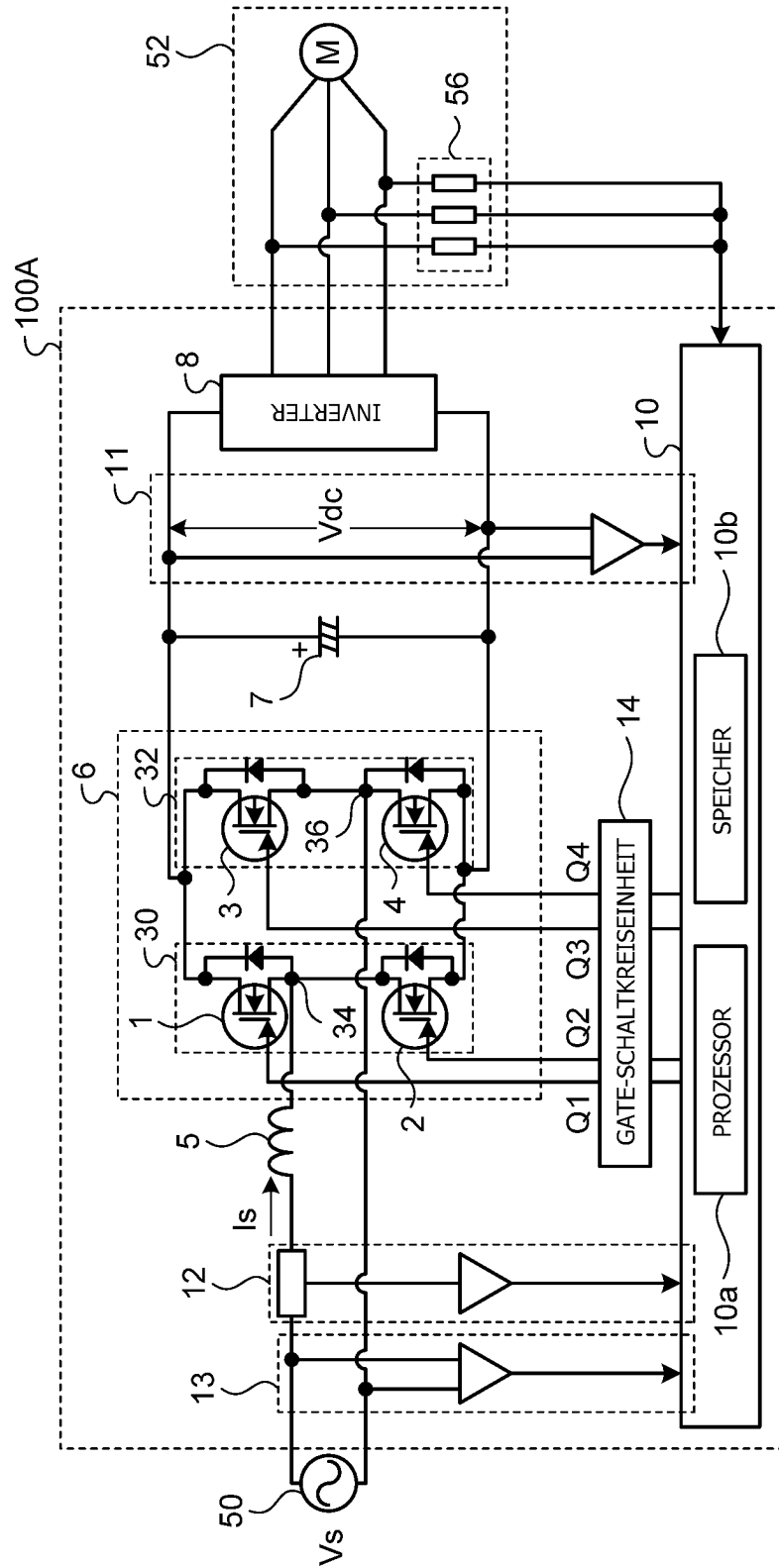


FIG.12

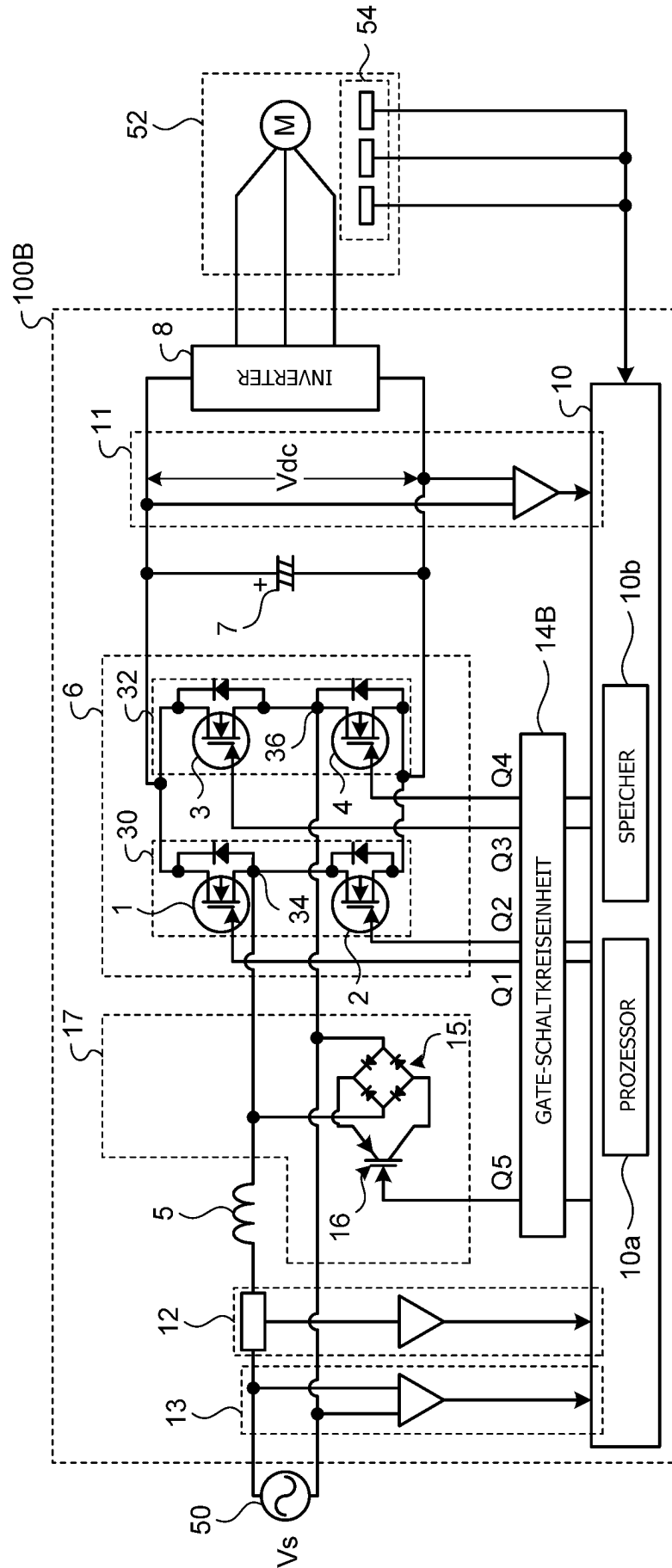


FIG.13

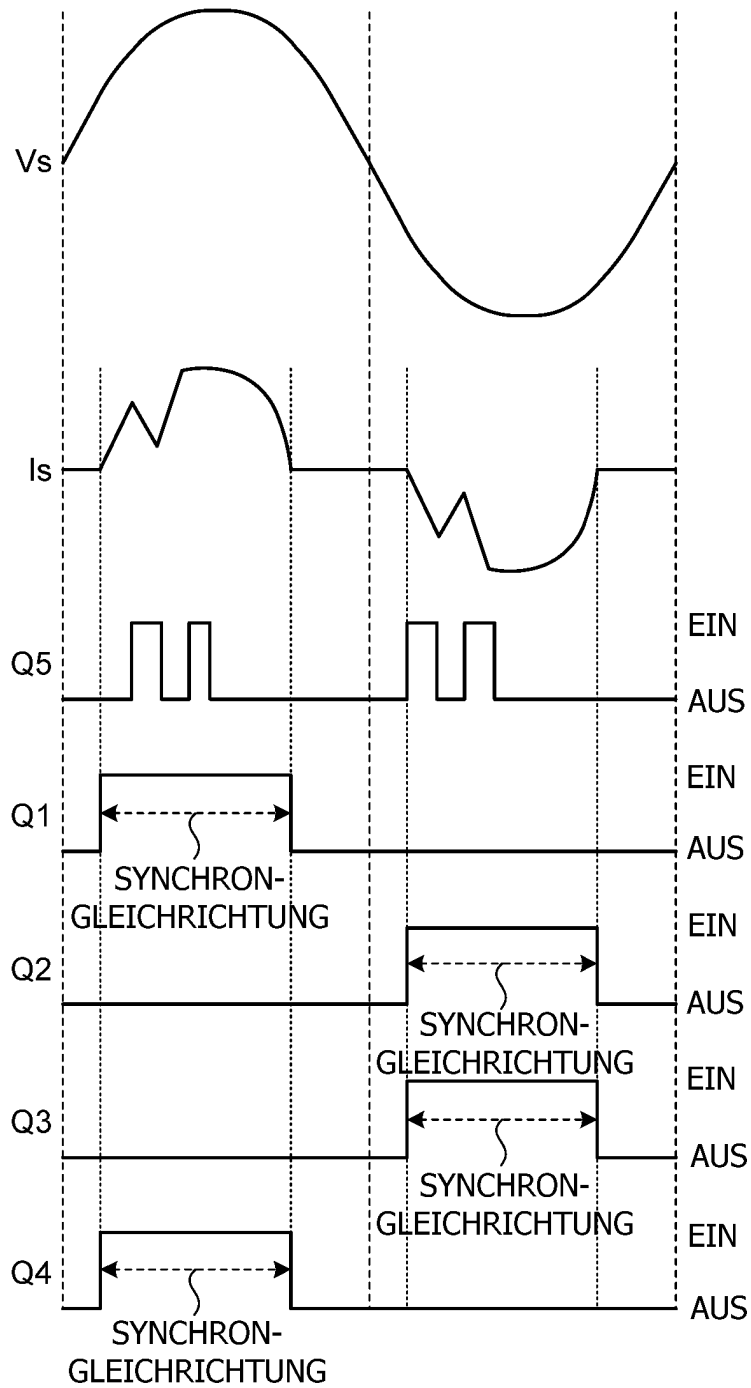


FIG.14

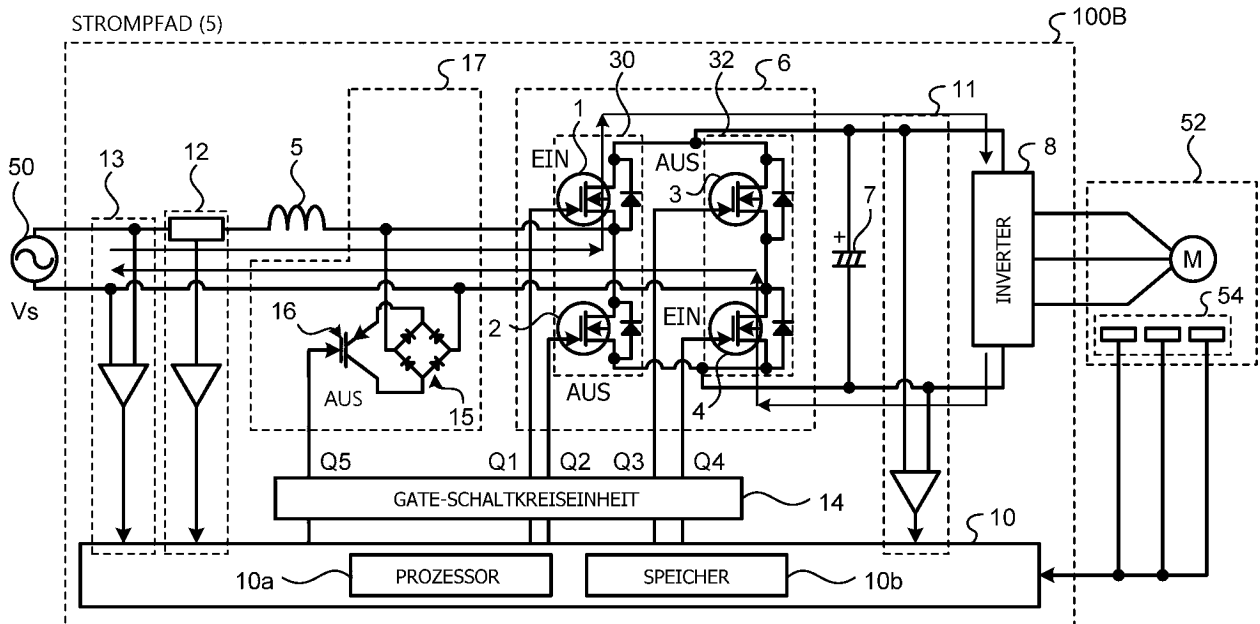


FIG.15

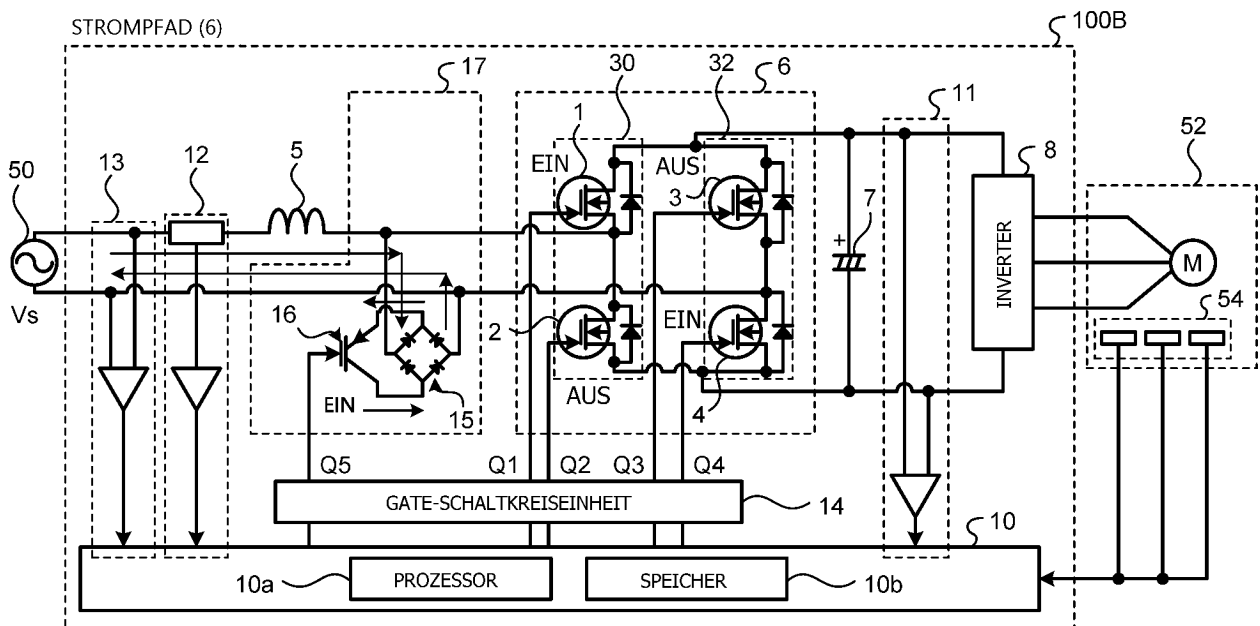


FIG.16

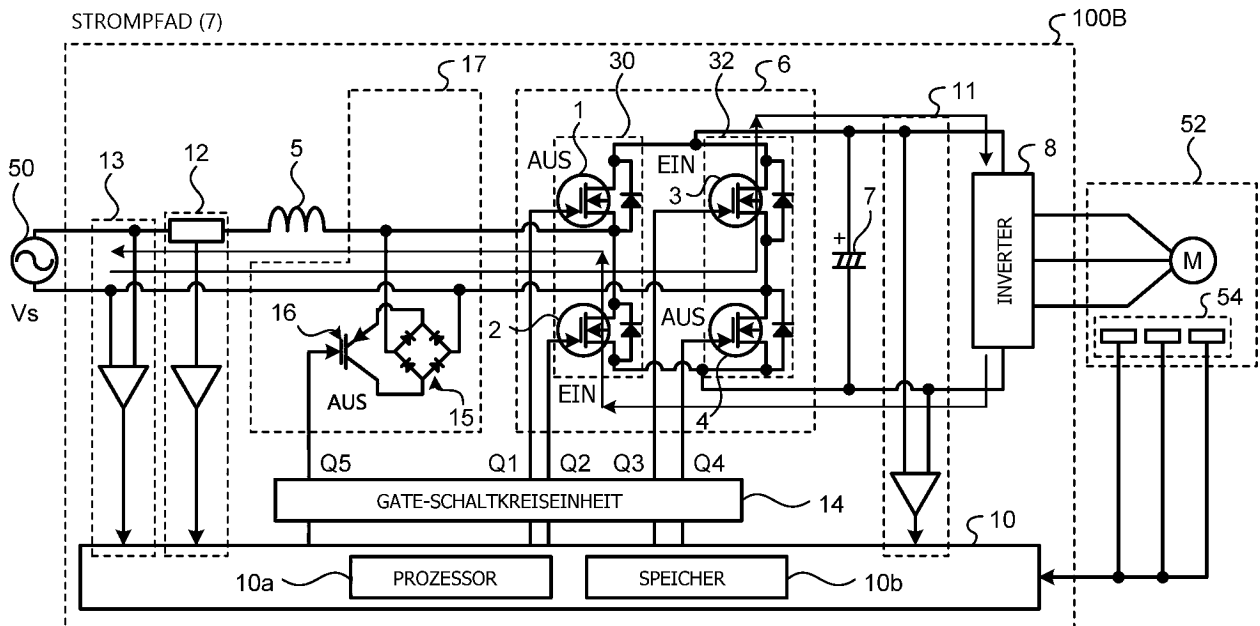


FIG.17

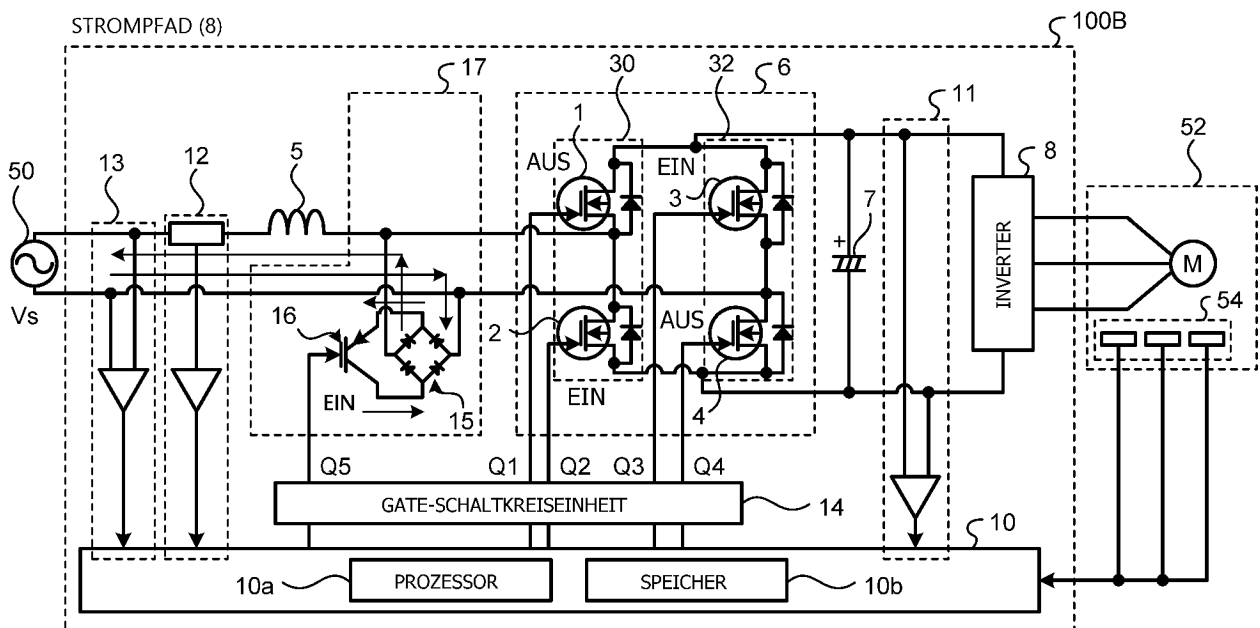


FIG.18

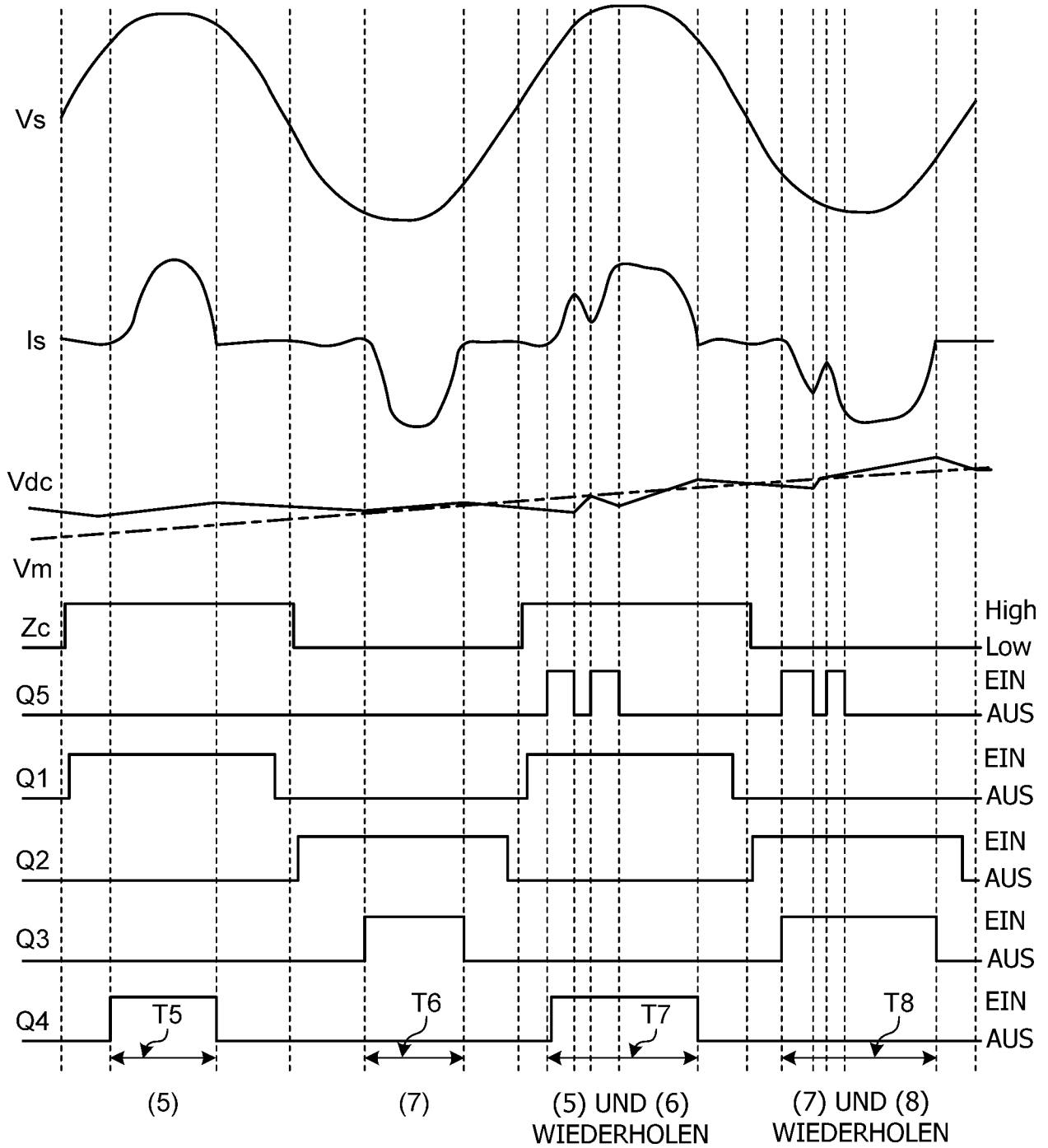




FIG.20

200

