



(10) **DE 11 2020 005 352 T5** 2022.08.04

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/085515**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 005 352.0**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/040536**
(86) PCT-Anmeldetag: **28.10.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **06.05.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **04.08.2022**

(51) Int Cl.: **H02M 3/337 (2006.01)**
B60R 16/03 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2019-197371 30.10.2019 JP
(71) Anmelder:
DENSO CORPORATION, Kariya-shi, Aichi-ken, JP
(74) Vertreter:
TBK, 80336 München, DE

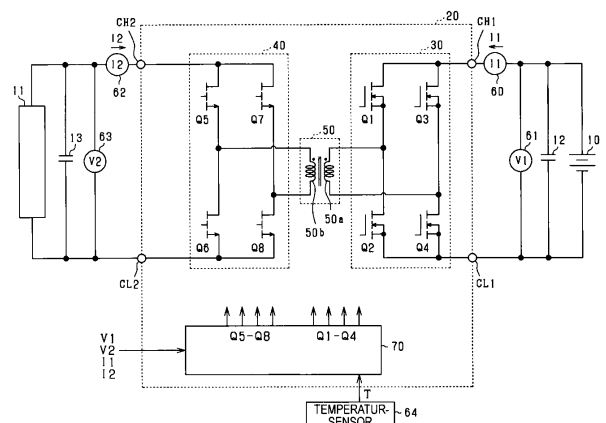
(72) Erfinder:
Kobayashi, Naoto, Nisshin-city, Aichi-pref., JP;
Kurauchi, Syuji, Kariya-city, Aichi, JP; Handa,
Yuuichi, Kariya-city, Aichi, JP

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **LEISTUNGSUMWANDLUNGSVORRICHTUNG**

(57) Zusammenfassung: Leistungsumwandlungsvorrichtung (20, 90, 100) mit einem Eingangsseitenanschluss (CH1, CL1), einem Ausgangsseitenanschluss (CH2, CL2), und einer Schalteinheit (Q5 bis Q8, Q11), die die Schalteinheit während einer Leistungsübertragung, bei der eine Leistung von einer mit dem Eingangsseitenanschluss verbundenen Speichereinheit (10) zu einem Leistungszufuhrobjekt (11) übertragen wird, zwischen EIN und AUS schaltet. Die Schalteinheit weist Eigenschaften derart auf, dass in dem Fall, in dem ein Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt, je größer eine Gatespannung davon auf einer Negativseite ist, desto größer ein Leitungsverlust ist, der auftritt, wenn der Rückwärtsleitungsstrom fließt. Auch ist die Leistungsumwandlungsvorrichtung mit einer Steuereinheit (70) versehen, die, wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts vorliegt, die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet zu der Negativseite hin erhöht verglichen mit einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts vorliegt, wobei der Rückwärtsleitungsstrom während der Leistungsübertragung durch die Schalteinheit fließt.



Beschreibung

[Querverweis auf verwandte Anmeldung]

[0001] Die vorliegende Anmeldung basiert auf der japanischen Anmeldung Nr. 2019-197371, die am 30. Oktober 2019 eingereicht wurde und deren Inhalt hierin durch Bezugnahme aufgenommen wird, und beansprucht deren Priorität.

[Technisches Gebiet]

[0002] Die vorliegende Offenbarung bezieht sich auf eine Leistungsumwandlungsvorrichtung.

[Technischer Hintergrund]

[0003] Konventionell wird als eine Steuerung elektrische Energie einer Speicherbatterie in Wärmeenergie umgewandelt und erhöht eine Temperatur eines Temperaturerhöhungsobjektelements. PTL1 offenbart eine Leistungsumwandlungsvorrichtung, in der eine durch ein elektrisches Heizelement erwärmte Wärmeaustauschflüssigkeit verwendet wird, um die Temperatur der Speicherbatterie als ein Temperaturerhöhungsobjektelement zu erhöhen.

[Zitierliste]

[Patentliteratur]

[0004] [PTL 1] Japanisches Patent Nr. 3451141

[Zusammenfassung der Erfindung]

[0005] Wenn ein elektrisches Heizelement zusätzlich vorgesehen ist, um die Temperatur der Speicherbatterie zu erhöhen, bestehen Bedenken, dass die Größe der Leistungsumwandlungsvorrichtung zunehmen könnte.

[0006] Die vorliegende Offenbarung wurde in Anbetracht der vorstehend beschriebenen Probleme geleistet, und ein Hauptziel davon ist es, eine Leistungsumwandlungsvorrichtung bereitzustellen, die in ihrer Größe reduziert sein kann.

[0007] Um die vorstehend beschriebenen Probleme zu lösen, stellt die vorliegende Offenbarung eine Leistungsumwandlungsvorrichtung mit einem Eingangsseitenanschluss, einem Ausgangsseitenanschluss, und einer Schalteinheit, die die Schalteinheit während einer Leistungsübertragung, bei der eine Leistung von einer mit dem Eingangsseitenanschluss verbundenen Speichereinheit zu einem Leistungszufuhrobjekt übertragen wird, zwischen EIN und AUS schaltet, bereit, wobei die Schalteinheit Eigenschaften in dem Fall, in dem ein Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt, aufweist, dass je größer eine Gatespannung davon auf einer

Negativseite ist, desto größer ein Leitungsverlust ist, der auftritt, wenn der Rückwärtsleitungsstrom fließt.

[0008] Die Leistungsumwandlungsvorrichtung umfasst: eine Bestimmungseinheit, die bestimmt, ob eine Erhöhungsanforderung eines Heizwerts aufgrund der Leistungsübertragung vorliegt; und eine Steuereinheit, die, wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts vorliegt, die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet verglichen mit einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts vorliegt, zu der Negativseite erhöht, wobei der Rückwärtsleitungsstrom während der Leistungsübertragung durch die Schalteinheit fließt.

[0009] Gemäß der vorliegenden Offenbarung wird die Schalteinheit bei Durchführung der Leistungsübertragung von der mit dem Eingangsseitenanschluss verbundenen Speichereinheit zu dem mit dem Ausgangsanschluss verbundenen Leistungszufuhrobjekt ausgeschaltet. Zu diesem Zeitpunkt tritt ein Leitungsverlust auf, wenn der Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt, und der Leitungsverlust erzeugt Wärme. Die erzeugte Wärme wird genutzt, wodurch eine Heizvorrichtung für eine Erhöhung der Temperatur des Temperaturerhöhungsobjekts überflüssig gemacht werden kann, oder die Heizvorrichtung kann selbst dann kleiner gemacht werden, wenn die Heizvorrichtung notwendig ist. Folglich kann gemäß der vorliegenden Offenbarung die Größe der Leistungsumwandlungsvorrichtung reduziert werden.

[0010] Ferner weist die Schalteinheit gemäß der vorliegenden Offenbarung Eigenschaften auf, dass in dem Fall, in dem ein Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt, je größer eine Gatespannung davon auf einer Negativseite ist, desto größer ein Leitungsverlust ist, der auftritt, wenn der Rückwärtsleitungsstrom fließt. Mit Blick auf diese Eigenschaften wird gemäß der vorliegenden Offenbarung dann, wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts aufgrund der Leistungsübertragung vorliegt, die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet verglichen mit einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwerts vorliegt, zu der Negativseite erhöht, wobei der Rückwärtsleitungsstrom während der Leistungsübertragung durch die Schalteinheit fließt. Somit kann der Leitungsverlust, der in der Schalteinheit auftritt, wenn die vorstehend beschriebene Erhöhungsanforderung vorliegt, im Vergleich zu einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung vorliegt, größer sein. Infolgedessen kann der in der Leistungsumwandlungsvorrichtung erzeugte Heizwert größer sein.

Figurenliste

[0011] Die vorstehend beschriebenen Aufgaben und andere Aufgaben, Merkmale und Vorteile der vorliegenden Offenbarung werden durch die folgende detaillierte Beschreibung unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen weiter verdeutlicht. Die Zeichnungen sind:

Fig. 1 ist ein Diagramm, das eine Konfiguration einer Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform zeigt;

Fig. 2 ist ein Funktionsblockdiagramm, das eine Steuereinheit einer Normalbetriebsart und einer Heizbetriebsart zeigt;

Fig. 3 ist ein Graph, der Eigenschaften eines durch ein GaN-HEMT fließenden Rückwärtsleistungsstroms zeigt;

Fig. 4A und **Fig. 4B** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Änderung eines Betriebszustands jedes Schalters in einer Normalbetriebsart und einer Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 5 ist ein Flussdiagramm, das einen Prozess einer Steuereinheit zeigt;

Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6C, Fig. 6D und **Fig. 6E** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Stromwellenform und dergleichen in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 7A, Fig. 7B, Fig. 7C und **Fig. 7D** sind Diagramme, die jeweils Strompfade in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 8 ist ein Schaltkreisdiagramm, das eine Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß einer zweiten Modifikation der ersten Ausführungsform zeigt;

Fig. 9A, Fig. 9B und **Fig. 9C** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Änderung eines Betriebszustands in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 10A, Fig. 10B, Fig. 10C und **Fig. 10D** sind Diagramme, die jeweils einen Strompfad in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 11 ist ein Schaltkreisdiagramm, das eine Konfiguration einer Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform zeigt;

Fig. 12 ist ein Funktionsblockdiagramm, das eine Steuereinheit in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigt;

Fig. 13 ist ein Flussdiagramm, das einen Prozess der Steuereinheit zeigt;

Fig. 14A, Fig. 14B, Fig. 14C und **Fig. 14D** sind Zeitdiagramme, die jeweils Stromwellenformen

und dergleichen in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 15 ist ein Diagramm, das ein Spannungssteuerverfahren einer Gatespannungseinstelleinheit in der Heizbetriebsart zeigt;

Fig. 16 ist ein Funktionsblockdiagramm der Gatespannungseinstelleinheit in der Heizbetriebsart;

Fig. 17A, Fig. 17B, Fig. 17C und **Fig. 17D** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Stromwellenform und dergleichen in der Heizbetriebsart gemäß einer vierten Ausführungsform zeigen;

Fig. 18A, Fig. 18B und **Fig. 18C** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Änderung eines Betriebszustands jedes Schalters in einer Heizbetriebsart gemäß einer fünften Ausführungsform zeigen;

Fig. 19A und **Fig. 19B** sind Zeitdiagramme, die jeweils einen Strompfad in der Heizbetriebsart zeigen;

Fig. 20 ist ein Graph, der Eigenschaften einer Leitungsstrommenge und einer Spannungsabfallmenge in dem Fall zeigt, in dem die Gatespannung bei einem Einschalten gesenkt wird;

Fig. 21 ist ein Funktionsblockdiagramm einer Steuereinheit in einer Normalbetriebsart gemäß einer sechsten Ausführungsform;

Fig. 22A und **Fig. 22B** sind Zeitdiagramme, die jeweils eine Änderung eines Betriebszustands jedes Schalters in der Normalbetriebsart zeigen; und

Fig. 23 ist ein Schaltkreisdiagramm, das eine Konfiguration einer Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß einer siebten Ausführungsform zeigt.

[Beschreibung von Ausführungsformen]

(Erste Ausführungsform)

[0012] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eine erste Ausführungsform beschrieben, in der eine Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß einer vorliegenden Ausführungsform verkörpert ist. Die Leistungsumwandlungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist bei einem Elektrifizierungsfahrzeug, wie beispielsweise einem Plug-in-Hybridfahrzeug oder einem Elektrofahrzeug oder dergleichen, angebracht.

[0013] Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist das Leistungsumwandlungssystem mit einer Speicherbatterie 10 als Speichereinheit, einem Leistungszufuhrobjekt 11, einem ersten Kondensator 12, einem zweiten Kondensator 13 und einer Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 versehen.

[0014] Die Speicherbatterie 10 führt Leistung zu dem Leistungszufuhrobjekt über die Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 zu. Die Speicherbatterie 10 ist eine lad- und entladbare Sekundärbatterie, beispielsweise eine Lithium-Ionen-Batterie. Das Leistungszufuhrobjekt 11 umfasst zumindest eine Niederspannungsspeicherbatterie mit einer niedrigeren Ausgangsspannung als jene der Speicherbatterie 10 und eine elektrische Last. Die Niederspannungsspeicherbatterie ist beispielsweise eine Bleisäurebatterie. Die elektrische Last ist beispielsweise eine Frontlampe.

[0015] Die Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 ist mit einem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1, einem ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1, einer Vollbrückenschaltung 30, einem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2, einem Niederspannungsseitenanschluss CL2, einer zweiten Vollbrückenschaltung 40, und einem Transformator versehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform entsprechen der erste Hochspannungsseitenanschluss CH1 und der Niederspannungsseitenanschluss CL1 einem Paar von Eingangsseitenanschlüssen, und der zweite Hochspannungsseitenanschluss CH2 und der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 entsprechen einem Ausgangsseitenanschluss. Auch entspricht die erste Vollbrückenschaltung 30 einer Umwandlungsschaltung.

[0016] Die erste Vollbrückenschaltung 30 ist mit ersten bis vierten Schaltern Q1 bis Q4 versehen. In der vorliegenden Ausführungsform sind der erste bis vierte Schalter Q1 bis Q4 als n-Kanal-MOSFET konfiguriert. Ferner ist die zweite Vollbrückenschaltung 40 mit fünften bis achten Schaltern Q5 bis Q8 versehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der fünfte bis achte Schalter Q5 bis Q8 als GaN-HEMT konfiguriert. Es wird bemerkt, dass GaN für Galliumnitrid steht und HEMT für einen Transistor mit hoher Elektronenbeweglichkeit (High-Electron-Mobility-Transistor) steht. Der GaN-HEMT dient als ein Schaltgerät mit Eigenschaften, bei denen der Spannungsabfall in der Rückwärtsleitung bei Anlegen einer negativen Spannung an das Gate zunimmt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform entsprechen der fünfte bis achte Schalter Q5 bis Q8 einer Schalteinheit. Es wird bemerkt, dass der Drain einem Hochspannungsseitenanschluss und die Source einem Niederspannungsseitenanschluss entspricht.

[0017] Bei der ersten Vollbrückenschaltung 30 ist der erste Hochspannungsseitenanschluss CH1 mit den Drains des ersten Schalters Q1 und des dritten Schalters Q3 verbunden. Der Drain des zweiten Schalters Q2 ist mit dem ersten Schalter Q1 verbunden, und der Drain des vierten Schalters Q4 ist mit der Source des dritten Schalters Q3 verbunden. Der

erste Niederspannungsseitenanschluss CL1 ist mit der Source des zweiten Schalters Q2 und des vierten Schalters Q4 verbunden. Der erste Niederspannungsseitenanschluss CL1 ist über den ersten Kondensator 12 mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden. Ferner ist der Positivanschluss der Speicherbatterie 10 mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden, und der erste Niederspannungsseitenanschluss CL1 ist mit dem Negativanschluss der Speicherbatterie 10 verbunden.

[0018] Bei der zweiten Vollbrückenschaltung 40 ist der zweite Hochspannungsseitenanschluss CH2 mit den Drains des fünften Schalters Q5 und des siebten Schalters Q7 verbunden. Der Drain des sechsten Schalters Q6 ist mit der Source des fünften Schalters Q5 verbunden. Der Drain des achten Schalters Q8 ist mit der Source des siebten Schalters Q7 verbunden. Der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 ist mit der Source des sechsten Schalters Q6 und der Source des achten Schalters Q8 verbunden. Der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 ist über den zweiten Kondensator 13 mit dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 verbunden. Ferner ist der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 über das Leistungszufuhrobjekt 11 mit dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 verbunden.

[0019] Der Transformator 50 umfasst eine erste Spule 50a und eine zweite Spule 50b. Die Source des ersten Schalters Q1 und der Drain des zweiten Schalters Q2 sind mit einem ersten Ende der ersten Spule 50a verbunden, und die Source des dritten Schalters Q3 und der Drain des vierten Schalters Q4 sind mit einem zweiten Ende der ersten Spule 50a verbunden. Die Source des fünften Schalters Q5 und der Drain des sechsten Schalters Q6 sind mit einem ersten Ende der zweiten Spule 50b verbunden, und die Source des siebten Schalters Q7 und der Drain des achten Schalters Q8 sind mit einem zweiten Ende der zweiten Spule 50b verbunden.

[0020] Die erste Spule 50a und die zweite Spule 50b sind magnetisch miteinander gekoppelt. Wenn die Spannung an dem ersten Ende höher als jene des zweiten Endes der ersten Spule 50a ist, wird an der zweiten Spule 50b eine induzierte Spannung derart erzeugt, dass die Spannung am ersten Ende höher als jene des zweiten Endes ist. Andererseits wird, wenn die Spannung am zweiten Ende höher als jene des ersten Endes der ersten Spule 50a ist, eine induzierte Spannung an der zweiten Spule 50b derart erzeugt, dass die Spannung am zweiten Ende höher als jene des ersten Endes ist.

[0021] Das Leistungsumwandlungssystem ist mit einem ersten Stromsensor 60, einem ersten Span-

nungssensor 61, einem zweiten Stromsensor 62, einem zweiten Spannungssensor 63, und einem Temperatursensor 64 versehen. Der erste Stromsensor 60 erfasst einen ersten Strom I1, der durch den ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 fließt, und der erste Spannungssensor 61 erfasst eine erste Spannung V1 als eine Anschlussspannung zwischen dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 und dem ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1. Für den ersten Strom I1 ist eine Richtung, entlang der der Entladestrom von der Speicherbatterie 10 fließt, als positiv definiert, und eine Richtung, entlang der der Ladestrom in die Speicherbatterie 10 fließt, als negativ definiert.

[0022] Der zweite Stromsensor 62 erfasst einen zweiten Strom I2, der durch den zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 fließt, und der zweite Spannungssensor 63 erfasst eine zweite Spannung V2 als eine Anschlussspannung zwischen dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 und dem zweiten Niederspannungsseitenanschluss CL2. Für den zweiten Strom I2 ist eine Richtung, entlang der der Strom von dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 zu den Drains des fünften Schalters Q5 und des siebten Schalters Q7 fließt, als eine positive Richtung definiert, und eine Richtung, entlang der der Strom in der umgekehrten Richtung davon fließt, ist als eine negative Richtung definiert.

[0023] Der Temperatursensor 64 erfasst eine Umgebungstemperatur T. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform bezieht sich die Umgebungstemperatur T auf eine Temperatur eines Temperaturerhöhungsobjekts. Bei dem Temperaturerhöhungsobjekt handelt es sich gemäß der vorliegenden Ausführungsform beispielsweise um die Leistungsumwandlungsvorrichtung 20.

[0024] Jeweilige Erfassungswerte I1, V1, I2, V2, und T werden an die in der Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 enthaltene Steuereinheit 70 übertragen. Die Steuereinheit 70 gibt basierend auf den jeweiligen Erfassungswerten I1, V1, I2, V2, und T Ansteuersignale an Schalter Q1 bis Q8 aus, wodurch die jeweiligen Schalter Q1 bis Q8 ein- und ausgeschaltet werden.

[0025] Als nächstes wird eine bei der vorliegenden Ausführungsform durchgeführte Temperaturantriebssteuerung beschrieben. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird, wenn die Umgebungstemperatur T höher als die Einstellung einer Einstelltemperatur ist, bestimmt, dass keine Erhöhungsanforderung eines Heizwertes vorliegt, und in der Steuerung wird eine Normalbetriebsart eingestellt. Andererseits wird, wenn die Umgebungstemperatur T niedriger oder gleich der Einstelltemperatur ist, bestimmt, dass eine Erhöhungsanforderung

eines Heizwertes vorliegt, und in der Steuerung wird eine Heizbetriebsart eingestellt.

[0026] Fig. 2 ist ein Diagramm, das ein Steuerblockdiagramm zeigt, das von der Steuereinheit 70 in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart durchgeführt wird.

[0027] Die Steuereinheit 70 ist mit einer Befehlsstrommeinstelleinheit 71 versehen. Die Befehlsstrommeinstelleinheit 71 ist mit einer Stromberechnungseinheit 72 und einer Minimalwertauswahleinheit 73 versehen.

[0028] Die Stromberechnungseinheit 72 dividiert einen Leistungsbefehlswert $P2^*$ durch eine zweite Spannung V2, die eine Erfassungsspannung des zweiten Spannungssensors 63 ist, wodurch ein Befehlsstrom I2f berechnet wird. Es wird bemerkt, dass ein Vorzeichen einer Stromrichtung des Befehlsstroms I2f vergleichbar mit dem Vorzeichen des zweiten Stroms I2 definiert ist.

[0029] Die Minimalwertauswahleinheit 73 wählt aus dem von der Stromberechnungseinheit 72 berechneten Befehlsstrom I2f und einem Strombegrenzungswert I2L einen mit einem kleineren Wert aus und bestimmt den ausgewählten als den finalen Befehlsstrom Iref2. Der Strombegrenzungswert I2L wird eingestellt, um das Leistungsumwandlungssystem vor Überstrom zu schützen.

[0030] Ein erster Begrenzer 74 begrenzt den von der Minimalwertauswahleinheit 73 ausgegebenen Befehlsstrom Iref2 mit dem Obergrenzwert oder dem Untergrenzwert.

[0031] Die Steuereinheit 70 ist mit einer Stromsteuereinheit 75 versehen. Die Stromsteuereinheit 75 umfasst eine Stromabweichungsberechnungseinheit 76, eine Rückkopplungssteuerungseinheit 77, und einen zweiten Begrenzer 78. Die Stromabweichungsberechnungseinheit 76 subtrahiert den zweiten Strom I2, der der Erfassungsstrom des zweiten Stromsensors 62 ist, von dem durch den ersten Begrenzer 74 ausgegebenen Befehlsstrom Iref2, wodurch die Stromabweichung $\Delta I2$ berechnet wird.

[0032] Die Rückkopplungssteuerungseinheit 77 berechnet eine Zwischenzweigphase $\phi 1$ als eine Betriebsgröße für eine Rückkopplung der berechneten Stromabweichung $\Delta I2$ auf 0. Gemäß dem vorliegenden wird für diese Rückkopplungssteuerung eine Proportionalintegralsteuerung verwendet. Es wird bemerkt, dass die für die Rückkopplungssteuerungseinheit 77 verwendete Rückkopplungssteuerung nicht auf die Proportionalintegralsteuerung beschränkt ist, sondern dass auch eine Proportionalintegraldifferentialsteuerung verwendet werden kann.

[0033] Die von der Rückkopplungssteuerungseinheit 7 berechnete Zwischenzweigphase ϕ_1 wird durch den zweiten Begrenzer 78 mit dem Obergrenzwert oder dem Untergrenzwert begrenzt. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird die Zwischenzweigphase ϕ_1 auf einen Bereich von 0° bis zu einer vorbestimmten Phase begrenzt. Je größer der Phasenwert innerhalb dieses Bereichs ist, desto größer ist die Übertragungsleistung zwischen der Speicherbatterie 10 und dem Leistungszufuhrobjekt 11.

[0034] Die Steuereinheit 70 ist mit einer PWM-Erzeugungseinheit 79, einer Gatespannungskorrektureinheit 80, und einer Gatespannungseinstelleinheit 81 versehen.

[0035] Die PWM-Erzeugungseinheit 79 erzeugt Ansteuersignale für jeweilige Schalter Q1 bis Q8 basierend auf der vom zweiten Begrenzer empfangenen Zwischenzweigphase ϕ_1 und gibt die erzeugten Ansteuersignale an die Gatespannungskorrektureinheit 80 aus. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform schaltet die PWM-Erzeugungseinheit 79 die ersten bis vierten Schalter Q1 bis Q4 auf EIN und AUS und erzeugt Ansteuersignale, um die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 auf AUS zu schalten.

[0036] Die Gatespannungskorrektureinheit 80 korrigiert die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet basierend auf dem von der Gatespannungseinstelleinheit 81 übertragenen Befehl. Danach gibt die Gatespannungskorrektureinheit 80 die Ansteuersignale aus, in denen die vorstehende Korrektur auf die Gatespannung Voff der jeweiligen Schalter Q1 bis Q8 angewendet ist.

[0037] Die Gatespannungseinstelleinheit 81 stellt die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet auf eine erste Aus-Spannung V_α (beispielsweise 0 V) während der Normalbetriebsart ein und stellt diese auf eine zweite Aus-Spannung V_β während der Heizbetriebsart ein. Hierbei ist die zweite Aus-Spannung V_β kleiner als die erste Aus-Spannung V_α und ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform eine negative Spannung. Ein Einstellen der Gatespannung Voff während des AUS-Zustands auf die zweite Aus-Spannung V_β bedeutet, dass die Gatespannung Voff während des AUS-Zustands zu der Negativseite ansteigt.

[0038] Fig. 3 ist ein Graph, der Eigenschaften eines durch GaN-HEMT fließenden Rückwärtsleistungsstroms zeigt. Die vertikale Achse zeigt ein Tan-Ausmaß eines Rückwärtsleistungsstroms und die horizontale Achse zeigt ein Ausmaß eines Spannungsabfalls an. Ein Pfeil in Fig. 3 zeigt eine Richtung an, entlang der sich die Gatespannung Voff zu der Negativseite hin erhöht. Wenn also Voff

gleich V_β ist ($V_{off} = V_\beta$), wobei die Gatespannung Voff während des ausgeschalteten Zustands zu der Negativseite ansteigt, wird, da sich das Ausmaß eines Spannungsabfalls während einer Rückwärtsleitung verglichen mit dem Fall von $V_{off} = V_\alpha$ erhöht, der Leistungsverlust auch größer.

[0039] Fig. 4A und Fig. 4B sind Diagramme, die jeweils eine Änderung des Betriebszustands jeweiliger Schalter Q1 bis Q8 in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart zeigen. Fig. 4A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des ersten bis vierten Schalters Q1 bis Q4, und Fig. 4B zeigt eine Änderung des Betriebszustands der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8.

[0040] Die durchgezogene Linie in Fig. 4A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des ersten Schalters Q1. Ein invertierter Betriebszustand des ersten Schalters Q1 entspricht dem Betriebszustand des zweiten Schalters Q2. Die gestrichelte Linie in Fig. 4A zeigt einen Betriebszustand des dritten Schalters Q3. Ein invertierter Betriebszustand des dritten Schalters Q3 entspricht dem Betriebszustand des vierten Schalters Q4. In Fig. 4A gleicht beispielsweise die EIN-Periode des ersten Schalters Q1 der AUS-Periode des zweiten Schalters Q2.

[0041] Die durchgezogene Linie in Fig. 4B zeigt einen Betriebszustand der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 ausgeschaltet bzw. in einem AUS-Zustand.

[0042] Eine Schaltperiode Tsw zwischen den ersten bis vierten Schaltern Q1 bis Q4 ist gegenseitig bzw. untereinander gleich. Eine Phasendifferenz zwischen einem Schaltzeitpunkt, wenn der erste Schalter Q1 ausgeschaltet wird, und einem Schaltzeitpunkt, wenn der dritte Schalter Q3 ausgeschaltet wird, ist als eine Zwischenzweigphase ϕ_1 definiert. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Zwischenzweigphase ϕ_1 positiv, wenn der Schaltzeitpunkt eines Ausschaltens des dritten Schalters Q3 früher liegt als der Schaltzeitpunkt, wenn der erste Schalter Q1 ausgeschaltet wird. In Fig. 4A ist die Zwischenzweigphase ϕ_1 beispielsweise positiv.

[0043] Fig. 5 zeigt einen von der Steuereinheit 70 durchgeführten Prozess. Dieser Prozess wird beispielsweise mit einer vorbestimmten Steuerperiode wiederholt ausgeführt. Es wird bemerkt, dass gemäß der vorliegenden Ausführungsform das Produkt zwischen der ersten Spannung V und der Anzahl von Windungen der ersten Spule 50a größer eingestellt ist als das Produkt zwischen der zweiten Spannung V2 und der Anzahl von Windungen der zweiten Spule 50b. Das heißt, bei diesem Prozess wird die Leistung von der Speicherbatterie 10 an das Leistungszufuhrobjekt 11 übertragen.

[0044] In Schritt S10 bestimmt der Prozess, ob die Umgebungstemperatur T kleiner als oder gleich wie die Einstelltemperatur ist. In der vorliegenden Ausführungsform entspricht Schritt S10 der Bestimmungseinheit.

[0045] Wenn die Bestimmung in Schritt S10 negativ ist, bestimmt der Prozess, dass keine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung eines Heizwerts vorliegt, schreitet zu Schritt S11 fort, und setzt die Steuerbetriebsart auf die Normalbetriebsart. In der Normalbetriebsart stellt der Prozess in Schritt S12 die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 während des AUS-Zustands auf die erste Aus-Spannung V_a ein.

[0046] Wenn die Bestimmung in Schritt S10 positiv bzw. bestätigend ausfällt, bestimmt der Prozess, dass eine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung eines Heizwerts vorliegt, und setzt die Steuerbetriebsart auf die Heizbetriebsart. In der Heizbetriebsart stellt der Prozess im nächsten Schritt S14 die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter während des AUS-Zustands auf die zweite Aus-Spannung V_b ein.

[0047] In Schritt S15 stellt der Prozess einen Befehlsstrom Iref2 an der Befehlsstromeinstelleinheit 71 ein.

[0048] In Schritt S16 schaltet der Prozess die ersten bis vierten Schalter Q1 bis Q4 auf EIN und AUS und schaltet die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 auf AUS derart, dass der zweite Strom I2 gesteuert wird, um der Befehlsstrom Iref2 zu sein.

[0049] Fig. 6A, Fig. 6B, Fig. 6C, Fig. 6D und Fig. 6E zeigen eine Änderung der Betriebszustände oder dergleichen der Schalter Q1 bis Q8 in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart. Fig. 6A zeigt eine Änderung der Betriebszustände der ersten bis vierten Schalter Q1 bis Q4. Fig. 6B zeigt eine Änderung der Betriebszustände der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8.

[0050] Fig. 6C zeigt eine Änderung des ersten Stroms I1 und des zweiten Stroms I2. Fig. 6D zeigt eine erste Leistung P1, eine zweite Leistung P2, und eine Verlustleistung P1+P2. Die erste Leistung P1 bezieht sich auf einen Zeitmittelwert der Leistung, die der ersten Vollbrückenschaltung 30 von der Speicherbatterie 10 zugeführt wird, und die zweite Leistung P2 bezieht sich auf einen Zeitmittelwert der Leistung, die dem Leistungszufuhrobjekt 11 von der zweiten Vollbrückenschaltung 40 zugeführt wird. Wenn die erste Leistung P1 positiv ist, wird Leistung aus der Speicherbatterie 10 entladen. Wenn die zweite Leistung P2 negativ ist, wird die Leistung zu dem Leistungszufuhrobjekt 11 zugeführt. Daher wird die Summe aus der ersten Leistung P1 und der zwei-

ten Leistung P2, also P1+P2, als Verlustleistung bezeichnet. In dem Fall, in dem die Verlustleistung P1+P2 positiv bzw. auf der Positivseite ist, wird die elektrische Energie in eine Wärmeenergie umgewandelt, wodurch Wärme erzeugt wird. Fig. 6E ist ein Diagramm, in dem die vertikale Achse der in Fig. 6D gezeigten Verlustleistung P1+P2 vergrößert ist. In Fig. 6E ist der Maßstab der vertikalen Achse für die Normalbetriebsart und die Heizbetriebsart gleich. Fig. 6 wird für einen Vergleich einer Größe bzw. Magnitude der Verlustleistung P1+P2 zwischen der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart verwendet.

[0051] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf Fig. 6A bis Fig. 6E und Fig. 7A bis Fig. 7D eine Temperaturanstiegssteuerung in einer Normalbetriebsart und einer Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben. In der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform reicht der Wert der Zwischenzweigphase ϕ_1 von 0° bis zu einem vorbestimmten Phasenwert. Die Zwischenzweigphase ϕ_1 ist auf einen Bereich von 0° bis zu einem vorbestimmten Phasenwert beschränkt, wodurch verhindert werden kann, dass die Leistung, die von der Speicherbatterie 10 an das Leistungszufuhrobjekt 11 übertragen werden kann, verringert wird, weil die Zwischenzweigphase ϕ_1 viel höher eingestellt ist.

[0052] Wie in Fig. 6A gezeigt, sind in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform erste bis vierte Perioden T1 bis T4 während einer Schaltperiode Tsw vorhanden. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind Schaltbetriebsarten unter der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart gleich. In der ersten Periode T1 sind die zweiten und dritten Schalter Q2 und Q3 eingeschaltet, und die ersten, vierten, fünften, sechsten, siebten und achten Schalter Q1, Q4, Q5, Q6, Q7 und Q8 ausgeschaltet. In der zweiten Periode T2 sind die ersten und dritten Schalter Q1 und Q3 eingeschaltet, und die zweiten, vierten, fünften, sechsten und achten Schalter Q2, Q4, Q5, Q6, Q7 und Q8 ausgeschaltet.

[0053] In der dritten Periode T3 sind die ersten und vierten Schalter Q1 und Q4 eingeschaltet, und die zweiten, dritten, fünften, sechsten, siebten und achten Schalter Q2, Q3, Q5, Q6, Q7 und Q8 ausgeschaltet. In der vierten Periode T4 sind die zweiten und vierten Schalter Q2 und Q4 eingeschaltet und die ersten, dritten, fünften, sechsten, siebten und achten Schalter Q1, Q3, Q5, Q6, Q7 und Q8 ausgeschaltet.

[0054] Fig. 7A zeigt einen Strompfad in der ersten Periode T1. In der ersten Vollbrückenschaltung 30 wird ein Strompfad gebildet, der den dritten Schalter Q3, die erste Spule 50a, den zweiten Schalter Q2, und den ersten Niederspannungsseitenanschluss

CL1 umfasst. Andererseits wird in der zweiten Vollbrückenschaltung 40 ein Strompfad gebildet, der den zweiten Niederspannungsseitenanschluss CL2, den sechsten Schalter Q6, die zweite Spule 50b, den siebten Schalter Q7 und den zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 umfasst. In diesem Fall sind der sechste Schalter Q6 und der siebte Schalter Q7 ausgeschaltet, jedoch fließt aufgrund der Eigenschaften von GaN-HEMT ein Rückwärtsleitungsstrom durch den sechsten Schalter Q6 und den siebten Schalter Q7.

[0055] Wie in **Fig. 6C** gezeigt, steigt daher in der ersten Periode T1 der erste Strom I1 leicht in der positiven Richtung an und der zweite Strom I2 nimmt leicht in der negativen Richtung ab. In der ersten Periode T1 ist, da die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart im Vergleich zu jener in der Normalbetriebsart zu der Negativseite hin ansteigt, der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms des sechsten Schalters Q6 und des siebten Schalters Q7 aufgrund der GaN-HEMT-Eigenschaften größer als jener in der Normalbetriebsart.

[0056] **Fig. 7B** zeigt einen Strompfad in der zweiten Periode T2. In der ersten Vollbrückenschaltung 30 wird ein Strompfad gebildet, der den ersten Schalter Q1, den dritten Schalter Q3, und die erste Spule 50a umfasst. Andererseits wird in der zweiten Vollbrückenschaltung 40 der Strompfad gleich wie jener in der ersten Periode T1 gebildet.

[0057] In der zweiten Periode T2 ist, da die erste Spule 50a nicht mit dem ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1 verbunden ist, wie in **Fig. 6C** gezeigt, der erste Strom I1 gleich 0. Für die erste Vollbrückenschaltung 30 wird eine induzierte Spannung temporär an der ersten Spule 50a derart erzeugt, dass die Spannung an dem ersten Ende höher ist als die des zweiten Endes. Somit wird an der zweiten Spule 50b eine induzierte Spannung temporär derart erzeugt, dass die Spannung an dem zweiten Ende höher ist als die des ersten Endes. Daher nimmt der Absolutwert des zweiten Stroms I2 leicht ab, wenn das Vorzeichen des zweiten Stroms I2 negativ ist. Selbst in diesem Fall ist aufgrund der Eigenschaften von GaN-HEMT der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms in der Heizbetriebsart größer als jener in der Normalbetriebsart.

[0058] **Fig. 7C** zeigt einen Strompfad in der dritten Periode T3. In der ersten Vollbrückenschaltung 30 wird ein Strompfad gebildet, der den ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1, den ersten Schalter Q1, die erste Spule 50a, den vierten Schalter Q4, und den ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1 umfasst. Andererseits wird in der zweiten Vollbrückenschaltung 40 ein Strompfad gebildet,

der den zweiten Niederspannungsseitenanschluss CL2, den achten Schalter Q8, die zweite Spule 50b, den fünften Schalter Q5, und den zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 umfasst. In diesem Fall fließt, obwohl der fünfte Schalter Q5 und der achte Schalter Q8 ausgeschaltet sind, aufgrund der Eigenschaften von GaN-HEMT ein Rückwärtsleitungsstrom durch den fünften Schalter Q5 und den achten Schalter Q8.

[0059] Wie in **Fig. 6C** gezeigt, steigt daher in der dritten Periode T3 der erste Strom I1 leicht in die positive Richtung bzw. zu der Positivseite an, und der zweite Strom I2 steigt leicht in die negative Richtung an. In der dritten Periode T3 ist, da die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart im Vergleich zu jener in der Normalbetriebsart zur Negativseite hin ansteigt, der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms des fünften Schalters Q5 und des achten Schalters Q8 aufgrund der GaN-HEMT-Eigenschaften größer als jener in der Normalbetriebsart.

[0060] **Fig. 7D** zeigt einen Strompfad in der vierten Periode T4. In der ersten Vollbrückenschaltung 30 wird ein Strompfad gebildet, der den zweiten Schalter Q2, die erste Spule 50a, und den vierten Schalter Q4 umfasst. Andererseits wird in der zweiten Vollbrückenschaltung 40 der Strompfad gleich wie jener der dritten Periode T3 gebildet.

[0061] In der vierten Periode T4 ist, da die erste Spule 50a nicht mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden ist, wie in **Fig. 6C** gezeigt, der erste Strom I1 gleich 0. Für die erste Vollbrückenschaltung 30 wird eine induzierte Spannung temporär an der ersten Spule 50a derart erzeugt, dass die Spannung an dem zweiten Ende höher ist als die des ersten Endes. Somit wird an der zweiten Spule 50b eine induzierte Spannung temporär derart erzeugt, dass die Spannung an dem ersten Ende höher ist als die des zweiten Endes. Daher nimmt der Absolutwert des zweiten Stroms I2 leicht ab, wenn das Vorzeichen des zweiten Stroms I2 negativ ist. Selbst in diesem Fall ist aufgrund der Eigenschaften von GaN-HEMT der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms in der Heizbetriebsart größer als jener der Normalbetriebsart.

[0062] In **Fig. 6C** sind in der ersten bis vierten Periode T1 bis T4 ein Zeitmittelwert I1ave des ersten Stroms I1 und ein Zeitmittelwert I2ave des zweiten Stroms I2 durch gestrichelte Linien dargestellt. Der erste Strommittelwert I1ave zeigt einen positiven Wert und der zweite Strommittelwert I2ave zeigt einen negativen Wert an.

[0063] Wie in **Fig. 6D** dargestellt, zeigt die erste Leistung P1 einen positiven Wert, und die zweite

Leistung P2 zeigt einen negativen Wert an. Dies bedeutet, dass die Leistung in der ersten Periode T1 bis zur vierten Periode T4 von der Speicherbatterie 10 an das Leistungszufuhrobjekt 11 transferiert wird. Bei dieser Leistungsübertragung bzw. bei diesem Leistungstransfer zeigt, da in den jeweiligen Schaltern Q1 bis Q8 Leistungsverlust auftritt, die Verlustleistung P1+P2 einen positiven Wert.

[0064] Wie in **Fig. 6E** gezeigt, wurde erkannt, dass die Verlustleistung P1+P2 in der Heizbetriebsart größer als die Verlustleistung P1+P2 in der Normalbetriebsart ist. Dies liegt daran, dass, da die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart im Vergleich zu jener in der Normalbetriebsart zu der Negativseite hin ansteigt, der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms in den fünften bis achten Schaltern Q5 bis Q8 aufgrund der Eigenschaften von GaN-HEMT größer wird.

[0065] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform lassen sich die folgenden Effekte und Vorteile erzielen.

[0066] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden der fünfte Schalter bis zu dem achten Schalter Q5 bis Q8 ausgeschaltet, wenn Leistung von der Speicherbatterie 10 an das Leistungszufuhrobjekt 11 übertragen wird. In diesem Moment fließt der Rückwärtsleitungsstrom durch die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8, um Leitungsverlust zu erzeugen, wodurch aufgrund des Leitungsverlustes Wärme erzeugt wird. Die Wärme wird genutzt, wodurch eine Heizvorrichtung für eine Erhöhung der Temperatur des Temperaturerhöhungsobjekts überflüssig gemacht werden kann, oder die Heizvorrichtung dann kleiner gemacht werden kann, wenn die Heizvorrichtung notwendig ist. Infolgedessen kann die Größe der Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 reduziert werden.

[0067] Da ferner der fünfte bis achte Schalter Q5 bis Q8 gemäß der vorliegenden Ausführungsform als GaN-HEMT konfiguriert ist, haben in dem Fall, in dem der Rückwärtsleitungsstrom fließt, die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 solche Eigenschaften, dass je größer die Gatespannung Voff im Negativen ist, wenn ausgeschaltet, desto größer der aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms auftretende Leitungsverlust ist. Mit Blick auf diese Eigenschaften steigen gemäß der vorliegenden Ausführungsform, wenn die Heizbetriebsart eingestellt ist, die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet im Vergleich zu einem Fall, in dem die Normalbetriebsart eingestellt ist, zu der Negativseite hin. Daher kann der an den fünften bis achten Schaltern Q5 bis Q8 auftretende Leitungsverlust, wenn die Heizbetriebsart eingestellt ist, größer sein als jener, wenn der Normalbetriebsart eingestellt ist. Infolge-

dessen kann der in der Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 erzeugte Heizwert größer sein.

(Modifikationsbeispiel 1 der ersten Ausführungsform)

[0068] Nachfolgend werden für das Modifikationsbeispiel 1 der ersten Ausführungsform hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen in der ersten Ausführungsform beschrieben.

[0069] Die ersten bis vierten Schalter Q1 bis Q4 sind nicht auf n-Kanal-MOSFETs beschränkt, sondern können auch als IGBTs konfiguriert sein. In diesem Fall dient der Hochspannungsseitenanschluss als ein Kollektor und dient der Niederspannungsseitenanschluss als ein Emitter. Bei Verwendung eines IGBT umfasst ferner die erste Vollbrückenschaltung 30 Freilaufdioden, die in Bezug auf die jeweiligen ersten bis vierten Schalter Q1 bis Q4 umgekehrt verbunden sind. In diesem Fall entspricht ein Paar aus einem Schalter und einer Freilaufdiode einer Schalteinheit.

(Modifikationsbeispiel 2 der ersten Ausführungsform)

[0070] Nachfolgend werden für das Modifikationsbeispiel 2 der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jener in der ersten Ausführungsform beschrieben. In der ersten Ausführungsform wird die erste Vollbrückenschaltung 30 als eine Umwandlungsschaltung verwendet, aber diese Konfiguration wird in der vorliegenden Ausführungsform geändert. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird eine Halbbrückenschaltung als eine Umwandlungsschaltung verwendet.

[0071] **Fig. 8** ist eine Konfiguration gemäß der vorliegenden Ausführungsform. In **Fig. 8** werden der Einfachheit halber für die gleichen Konfigurationen wie in der vorangehenden **Fig. 1** die gleichen Bezugszeichen verwendet. Das Leistungsumwandlungssystem ist mit einer Leistungsumwandlungsvorrichtung 90 versehen.

[0072] Die Leistungsumwandlungsvorrichtung 90 ist mit einem dritten Kondensator 91 und einer Halbbrückenschaltung 92 versehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform entspricht die Halbbrückenschaltung 92 einer Umwandlungsschaltung.

[0073] Die Halbbrückenschaltung 92 ist mit einem neunten Schalter Q9 und einem zehnten Schalter Q10 versehen. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform sind der neunte Schalter Q9 und der zehnte Schalter Q10 jeweils als n-Kanal-MOSFET konfiguriert. Der erste Hochspannungsseitenanschluss CH1 ist mit dem Drain des neunten Schalters Q9 verbunden. Der Drain des zehnten Schalters Q10 ist mit der Source des neunten Schalters Q9 verbun-

den. Der erste Niederspannungsanschluss CL1 und das zweite Ende der ersten Spule 50a sind mit der Source des zehnten Schalters Q10 verbunden. Die Source des neunten Schalters Q9 und der Drain des zehnten Schalters Q10 sind über den dritten Kondensator 91 mit dem ersten Ende der ersten Spule 50a verbunden.

[0074] Gemäß der vorliegenden Ausführungsform schaltet die Steuereinheit 70 abwechselnd den neunten Schalter Q9 und den zehnten Schalter Q10, die die Halbbrückenschaltung 92 ausbilden. In diesem Fall beträgt das Tastverhältnis des neunten Schalters Q9 0,5. Dabei bezieht sich das Tastverhältnis auf ein Verhältnis zwischen der Ein-Periode Ton und der ersten Schaltperiode Tsw des neunten Schalters Q9 (Ton/Tsw).

[0075] Fig. 9A bis Fig. 9C zeigen eine Änderung der Betriebszustände oder dergleichen der fünften bis zehnten Schalter Q5 bis Q10 in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart. Die durchgezogene Linie in Fig. 9A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des neunten Schalters Q9 an, und die gestrichelte Linie zeigt eine Änderung des Betriebszustands des zehnten Schalters Q10 an. Fig. 9B zeigt den Betriebszustand des fünften Schalters bis zum achten Schalter Q8. Fig. 9C zeigt eine Änderung des ersten Stroms I1 und des zweiten Stroms I2.

[0076] Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 9 und Fig. 10 eine Temperaturanstiegssteuerung in einer Normalbetriebsart und einer Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform beschrieben.

[0077] Wie in Fig. 9A gezeigt, sind in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform die fünfte bis achte Periode T5 bis T8 während einer Schaltperiode Tsw vorhanden. In der fünften Periode T5 und der achten Periode T8 schaltet der neunte Schalter Q9 EIN und der fünfte, sechste, siebte, achte und zehnte Schalter Q5, Q6, Q7, Q8 und Q10 schalten AUS. In der sechsten Periode T6 und der siebten Periode T7 schaltet der zehnte Schalter Q10 EIN und der fünfte, sechste, siebte, achte und neunte Schalter Q5, Q6, Q7, Q8 und Q9 schalten AUS. Da der fünfte bis achte Schalter Q5 bis Q8, die die zweite Vollbrückenschaltung 40 ausbilden, auf den AUS-Zustand festgelegt sind, kommt es daher auch in der vorliegenden Ausführungsform zu einem Leitungsverlust aufgrund eines Rückwärtsleitungsstroms.

[0078] Fig. 10A zeigt einen Strompfad in der fünften Periode T5. In der Halbbrückenschaltung 92 ist ein Strompfad gebildet, der den Hochspannungsseitenanschluss CH1, den neunten Schalter Q9, den dritten Kondensator 91, die erste Spule 50a, und den ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1

umfasst. Andererseits wird in der zweiten Vollbrückenschaltung 40 ein Strompfad gebildet, der gleich mit jenem der dritten Periode T3 ist.

[0079] Daher steigt, w in Fig. 9C gezeigt, der erste Strom I1 in der fünften Periode T5 leicht in der positiven Richtung an. Andererseits steigt der zweite Strom I2 leicht zu der Negativseite hin an.

[0080] Fig. 10B zeigt einen Strompfad in der sechsten Periode T6. In der Halbbrückenschaltung 92 wird ein Strompfad gebildet, der den zehnten Schalter Q10, den dritten Kondensator 91, und die erste Spule 50a umfasst. In der zweiten Vollbrückenschaltung 40 wird ein Strompfad gebildet, der gleich mit jenem der fünften Periode T5 ist.

[0081] In der sechsten Periode T6 ist, da die erste Spule 50a nicht mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden ist, wie in Fig. 9C gezeigt, der erste Strom I1 gleich 0. Für die Halbbrückenschaltung 92 wird eine induzierte Spannung temporär an der ersten Spule 50a derart erzeugt, dass die Spannung am zweiten Ende höher ist als die des ersten Endes. Somit wird an der zweiten Spule 50b eine induzierte Spannung temporär derart erzeugt, dass die Spannung am ersten Ende höher ist als die des zweiten Endes. Daher nimmt der Absolutwert des zweiten Stroms I2 leicht ab, wenn das Vorzeichen des zweiten Stroms I2 negativ ist.

[0082] Fig. 10C zeigt einen Strompfad in der siebten Periode T7. In der Halbbrückenschaltung 92 fließt ein Strom in der Rückwärtsrichtung durch denselben Strompfad wie in der sechsten Periode T6. In der zweiten Vollbrückenschaltung 40 wird ein Strompfad gebildet, der den zweiten Niederspannungsseitenanschluss CL2, den sechsten Schalter Q6, die zweite Spule 50b, den siebten Schalter Q7, und den zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 umfasst.

[0083] In der siebten Periode T7 ist, da die erste Spule 50a nicht mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden ist, wie in Fig. 9C gezeigt, der erste Strom I1 gleich 0. Ein Strom fließt durch die Halbbrückenschaltung 92 in einer Richtung entgegengesetzt zu dem in der sechsten Periode T6 fließenden Strom, um in dem dritten Kondensator 91 gespeicherten Elektronen zu entladen. Daher wird eine induzierte Spannung an der zweiten Spule 50b derart erzeugt, dass die Spannung am zweiten Ende höher ist als jene des ersten Endes. Dementsprechend steigt der zweite Strom leicht in der negativen Richtung an.

[0084] Fig. 10D zeigt einen Strompfad in der achten Periode T8. In der Halbbrückenschaltung 92 ist ein Strompfad gebildet, der den ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1, die zweite Spule 50b, den dritten Kondensator 91, den neunten Schalter

Q9, und den ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 umfasst. In der zweiten Vollbrückenschaltung 40 ist ein Strompfad gebildet, der gleich mit jenem der siebten Periode T7 ist.

[0085] In der achten Periode T8 wird an der zweiten Spule 50a eine induzierte Spannung temporär derart erzeugt, dass die Spannung am ersten Ende höher ist als die des zweiten Endes. Daher wird, wie in **Fig. 9C** gezeigt, das Vorzeichen des ersten Stroms negativ, und der Absolutwert des zweiten Stroms I2 nimmt leicht ab. Andererseits wird an der zweiten Spule 50b eine induzierte Spannung temporär derart erzeugt, dass die Spannung am zweiten Ende höher ist als jene des ersten Endes. Daher nimmt der Absolutwert des zweiten Stroms I2 leicht ab, wenn das Vorzeichen des zweiten Stroms I2 negativ ist.

[0086] Daher kann auch in dem Fall, in dem die Halbbrückenschaltung 92 als die Umwandlungsschaltung verwendet wird, von der Speicherbatterie 10 zugeführte Gleichstromspannung in Wechselstromspannung umgewandelt werden. Daher wird mit dieser Wechselstromspannung ein Rückwärtsleitungsstrom durch die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 fließen gelassen, die die zweite Vollbrückenschaltung 40 bilden.

[0087] Daher können gemäß der im Detail beschriebenen vorliegenden Ausführungsform die gleichen Effekte und Vorteile wie bei der ersten Ausführungsform erzielt werden.

[0088] Es wird bemerkt, dass der zehnte Schalter Q10 nicht auf den n-Kanal-MOSFET beschränkt ist, sondern auch als IGBT konfiguriert werden kann.

(Zweite Ausführungsform)

[0089] Nachfolgend werden für die zweite Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. In der ersten Ausführungsform wird eine Vollbrückenschaltung für die Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 verwendet, aber diese Konfiguration ist in der vorliegenden Ausführungsform verändert. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist eine Konfiguration der Leistungsumwandlungsvorrichtung eine Aufwärtswandlerschaltung bzw. Boosting-Chopperschaltung.

[0090] **Fig. 11** zeigt eine Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform. In **Fig. 11** werden der Einfachheit halber für die gleichen Konfigurationen wie in der vorangehenden **Fig. 1** gezeigt die gleichen Bezugszeichen verwendet. Das Leistungsumwandlungssystem ist mit einer Speicherbatterie 10, einem Leistungszufuhrobjekt 11, einem Kondensator

12, und einer Leistungsumwandlungsvorrichtung 100 versehen.

[0091] Die Leistungsumwandlungsvorrichtung 100 ist mit einem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1, einem ersten Niederspannungsseitenanschluss CL1, einem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2, einem zweiten Niederspannungsseitenanschluss CL2, einer Halbbrückenschaltung 101 und einer Drossel 102 versehen.

[0092] Die Halbbrückenschaltung 101 umfasst einen elften Schalter Q11 und den zwölften Schalter Q12. In der vorliegenden Ausführungsform ist der elfte Schalter Q11 als GaN-HEMT konfiguriert, und der zwölfte Schalter Q12 ist als IGBT konfiguriert. Der Hochspannungsseitenanschluss CH2 ist mit dem Drain des elften Schalters Q11 verbunden. Der Kollektor des zwölften Schalters Q12 ist mit der Source des elften Schalters Q11 verbunden. Der erste Niederspannungsseitenanschluss CL1 und der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 sind mit dem Emitter des zwölften Schalters Q12 verbunden. Der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 ist über den Kondensator 12 mit dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 verbunden. Außerdem ist der zweite Niederspannungsseitenanschluss CL2 über das Leistungszufuhrobjekt 11 mit dem zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 verbunden.

[0093] Es wird bemerkt, dass eine Diode D als Freilaufdiode umgekehrt mit dem zwölften Schalter Q12 verbunden ist. Der zwölfte Schalter Q12 ist nicht auf IGBT beschränkt, sondern kann auch als n-Kanal-MOSFET konfiguriert sein. In diesem Fall ist die Diode D nicht notwendigerweise vorgesehen.

[0094] Das erste Ende der Drossel 102 ist mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden. Das zweite Ende der Drossel 102 ist mit der Source des elften Schalters Q11 und dem Kollektor des zwölften Schalters Q12 verbunden. Der Positivanschluss der Speicherbatterie 10 ist mit dem ersten Hochspannungsseitenanschluss CH1 verbunden, und der erste Niederspannungsseitenanschluss CL1 ist mit dem Negativanschluss der Speicherbatterie 10 verbunden.

[0095] Das Leistungsumwandlungssystem ist mit einem ersten Stromsensor 60, einem ersten Spannungssensor 61, einem zweiten Stromsensor 62, einem zweiten Spannungssensor 63, und einem Temperatursensor 64 versehen. Die von diesen Sensoren zu erfassenden Merkmale sind die gleichen wie jene in der ersten Ausführungsform.

[0096] Die Steuereinheit 70 gibt basierend auf den jeweiligen Erfassungswerten I1, V1, I2, V2, und T Ansteuersignale an die Gates des elften Schalters

Q11 und des zwölften Schalters Q12 aus, um den elften Schalter Q11 und den zwölften Schalter Q12 ein- und auszuschalten. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Definition des Vorzeichens des ersten Stroms I1 vergleichbar mit jener der ersten Ausführungsform, aber für den zweiten Strom I2 ist die Richtung des vom zweiten Hochspannungsseitenanschluss CH2 zum Leistungszufuhrobjekt fließenden Stroms als positiv definiert, und die entgegengesetzte Richtung, in der der Strom fließt, ist als negativ definiert.

[0097] Fig. 12 ist ein Diagramm, das ein Steuerblockdiagramm zeigt, das von der Steuereinheit 70 in der vorliegenden Ausführungsform durchgeführt wird. Die Steuereinheit 70 ist mit einem Spannungsteuerelement 82 versehen. Das Spannungssteuerelement 82 ist mit einer Spannungsabweichungsberechnungseinheit 83, einer Rückkopplungssteuerungseinheit 77, und einer Tastverhältnisberechnungseinheit 84 versehen.

[0098] Die Spannungsabweichungsberechnungseinheit 83 subtrahiert eine zweite Spannung V2 als eine Erfassungsspannung des zweiten Spannungssensors 63 von einer Befehlsspannung V2*, wodurch die Spannungsabweichung $\Delta V2$ berechnet wird.

[0099] Die Rückkopplungssteuereinheit 77 berechnet das Tastverhältnis des zwölften Schalters Q12 als eine Betriebsgröße für eine Rückführung bzw. Rückkoppelung der berechneten Spannungsabweichung $\Delta V2$ auf 0.

[0100] Die Tastverhältnisberechnungseinheit 84 addiert einen Vorwärtskopplungsterm $(V2^* - V1) / V2^*$ zu dem von der Rückkopplungssteuereinheit 77 berechneten Tastverhältnis, wodurch das finale Tastverhältnis des zwölften Schalters Q12 erlangt wird. Das Tastverhältnis des zwölften Schalters Q12 wird an die PWM-Erzeugungseinheit 79 ausgegeben.

[0101] Die PWM-Erzeugungseinheit 79 erzeugt ein Ansteuersignal des elften Schalters Q11 und des zwölften Schalters Q12 und gibt das erzeugte Ansteuersignal an eine Gatespannungskorrektureinheit 85 aus. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der elfte Schalter Q11 ausgeschaltet. Außerdem wird der zwölfte Schalter Q12 basierend auf dem Tastverhältnis des zwölften Schalters Q12 ein- und ausgeschaltet.

[0102] Die Gatespannungskorrektureinheit 85 korrigiert basierend auf einem von der Gatespannungseinstelleinheit 81 übertragenen Befehl die Gatespannung Voff des elften Schalters Q11 wenn ausgeschaltet. Danach gibt die Gatespannungskorrektureinheit 85 die Ansteuersignale an den elften Schalter Q11 und den zwölften Schalter Q12 aus.

[0103] Vergleichbar mit der ersten Ausführungsform stellt die Gatespannungseinstelleinheit 81 die Gatespannung Voff des elften Schalters Q11 wenn ausgeschaltet ein.

[0104] Fig. 13 zeigt einen Prozess, der von der Steuereinheit 70 ausgeführt wird. Dieser Prozess wird beispielsweise mit einer vorbestimmten Steuerperiode wiederholt ausgeführt. Es wird bemerkt, dass in Fig. 13 für die gleichen Konfigurationen, die in der vorangehenden Fig. 5 gezeigt sind, der Einfachheit halber die gleichen Bezugszeichen verwendet werden.

[0105] Wenn die Bestimmung in Schritt S10 negativ ist, bestimmt der Prozess, dass keine Erhöhungsanforderung eines Heizwerts vorliegt, schreitet zu Schritt S17 fort, und setzt die Steuerbetriebsart auf die Normalbetriebsart. In der Normalbetriebsart stellt der Prozess im nächsten Schritt S18 die Gatespannung Voff des elften Schalters Q11 wenn ausgeschaltet auf die erste Aus-Spannung Va ein.

[0106] Wenn die Bestimmung in Schritt S10 positiv bzw. zustimmend ist, bestimmt der Prozess, dass eine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung eines Heizwerts vorliegt, schreitet zu Schritt S19 fort, und setzt die Steuerbetriebsart auf die Heizbetriebsart. In der Heizbetriebsart stellt der Prozess im nächsten Schritt S20 die Gatespannung Voff des elften Schalters Q11 wenn ausgeschaltet auf die zweite Aus-Spannung V β ein. Die zweite Aus-Spannung V β bezieht sich auf einen im Vergleich zur ersten Aus-Spannung Va zu der Negativseite hin erhöhten Wert.

[0107] In Schritt S21 stellt der Prozess die Befehlsspannung V2* ein.

[0108] In Schritt S22 schaltet der Prozess den elften Schalter Q11 auf AUS und steuert das Tastverhältnis des zweiten Schalters Q12 derart, dass die zweite Spannung V2 derart gesteuert wird, um die Befehlsspannung V2* zu sein.

[0109] Fig. 14 zeigt eine Änderung der Betriebszustände oder dergleichen des elften Schalters Q11 und des zwölften Schalters Q12 in der Normalbetriebsart und der Heizbetriebsart. Die durchgezogene Linie in Fig. 14A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des elften Schalters Q11, und die gestrichelte Linie zeigt eine Änderung des Betriebszustands des zwölften Schalters Q12. Fig. 14B zeigt eine erste Spannung V1 und eine zweite Spannung V2. Fig. 14C zeigt eine Änderung des ersten Stroms I1 und des zweiten Stroms I2. Fig. 14D zeigt eine erste Leistung P1, eine zweite Leistung P2, und eine Verlustleistung P1-P2. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist in dem Fall, in dem die zweite Leistung P2 dem Leistungszufuhrobjekt 11 von der Leistungsumwandlungsvorrichtung 100 zugeführt

wird, diese als positiv definiert. Daher ist ein Wert, bei dem die zweite Leistung P2 von der ersten Leistung P1 subtrahiert ist, die Verlustleistung P1-P2.

[0110] Wie in **Fig. 14D** gezeigt, ist die Verlustleistung P1-P2 in der Heizbetriebsart größer als die Verlustleistung P1-P2 in der Normalbetriebsart. Dies liegt daran, dass, da auch in der vorliegenden Ausführungsform die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart im Vergleich zu jener der Normalbetriebsart zu der Negativseite hin ansteigt, der Leitungsverlust aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms an dem elften Schalter Q11 aufgrund der GaN-HEMT-Eigenschaften groß wird.

[0111] Gemäß der im Detail beschriebenen vorliegenden Ausführungsform können die gleichen Effekte und Vorteile wie bei der ersten Ausführungsform erzielt werden.

(Dritte Ausführungsform)

[0112] Nachfolgend werden für die zweite Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist ein Verfahren für eine Einstellung der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet durch die Gatespannungseinstelleinheit 81 verändert.

[0113] In der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform steuert die Gatespannungseinstelleinheit 81 basierend auf einer Umgebungstemperatur Voff die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8.

[0114] **Fig. 15** zeigt ein Spannungssteuerverfahren, das von der Gatespannungseinstelleinheit 81 durchgeführt wird. Die Obergrenztemperatur TL ist unter Berücksichtigung einer Wärmetoleranz oder dergleichen des Temperaturerhöhungsobjektelements eingestellt, um beispielsweise eine zulässige bzw. erlaubbare Obertemperaturgrenze des Temperaturerhöhungsobjektelements zu sein. In dem Fall, in dem die Umgebungstemperatur T größer oder gleich einer Grenzstarttemperatur TC ist, die auf niedriger als die Obergrenztemperatur TL eingestellt ist, stellt die Gatespannungseinstelleinheit 81 die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet auf Werte basierend auf der Umgebungstemperatur ein. Insbesondere stellt die Gatespannungseinstelleinheit 81, wenn die Umgebungstemperatur T die Grenzstarttemperatur TC überschreitet, die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet derart ein, um näher an der ersten Aus-Spannung V α zu sein, wie die Umgebungstemperatur T näher an die Obergrenztemperatur TL gelangt. Die Gatespannungseinstelleinheit 81 stellt, wenn die Umge-

bungstemperatur T die Grenzstarttemperatur TC ist, die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet auf die erste Aus-Spannung V α ein. Die so eingestellten Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet werden an die Gatespannungskorrekturereinheit 80 ausgegeben.

[0115] In dem Fall, in dem die Umgebungstemperatur T die Obergrenztemperatur TL oder höher ist, wird die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet auf die erste Aus-Spannung V α eingestellt. Ferner wird in dem Fall, in dem die Umgebungstemperatur T die Grenzstarttemperatur TC oder niedriger ist, die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet auf die zweite Aus-Spannung V β eingestellt.

[0116] Daher werden in dem Fall, in dem die Umgebungstemperatur T die Grenzstarttemperatur TC übersteigt, die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet derart gesteuert, um allmählich gesenkt zu werden, wodurch durch den Rückwärtsleitungsstrom erzeugte Wärme reduziert wird. Als ein Ergebnis kann verhindert werden, dass die Umgebungstemperatur T die Obergrenztemperatur TL überschreitet.

(Modifikationsbeispiel der dritten Ausführungsform)

[0117] Nachfolgend werden für ein Modifikationsbeispiel der dritten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird als ein Verfahren für ein Einstellen der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart durch die Gatespannungseinstelleinheit 81 eine Rückkopplungssteuerung verwendet.

[0118] **Fig. 16** ist ein Steuerblockdiagramm, das von der Gatespannungseinstelleinheit 81 in der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform ausgeführt wird. Die Gatespannungseinstelleinheit 81 ist mit einer Temperatursteuereinheit 86 versehen. Die Temperatursteuereinheit 86 umfasst eine Temperaturabweichungsberechnungseinheit 87, eine Rückkopplungssteuereinheit 88, und einen Begrenzer 89.

[0119] Die Temperaturabweichungsberechnungseinheit 87 subtrahiert die Umgebungstemperatur T von einer Solltemperatur T*, wodurch die Temperaturabweichung ΔT berechnet wird. Es wird bemerkt, dass die Solltemperatur T* bei der vorliegenden Ausführungsform einer Befehlstemperatur entspricht.

[0120] Die Rückkopplungssteuereinheit 88 berechnet die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet als eine Betriebsgröße für eine Rückkopplung bzw. Rückfüh-

zung der berechneten Temperaturabweichung ΔT auf 0. Wenn beispielsweise die Umgebungstemperatur T ansteigt, wird die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet zu der Negativseite hin erhöht. Andererseits wird bei einer Verringerung der Umgebungstemperatur T der Absolutwert der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet verringert. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird für diese Rückkopplungssteuerung eine Proportionalintegralsteuerung verwendet. Es wird bemerkt, dass die für die Rückkopplungssteuereinheit 88 verwendete Rückkopplungssteuerung nicht auf die Proportionalintegralsteuerung beschränkt ist, sondern dass auch eine Proportionalintegraldifferentialsteuerung verwendet werden kann.

[0121] Die von der Rückkopplungssteuereinheit 88 berechneten Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 wenn ausgeschaltet werden von dem Begrenzer 89 mit dem Obergrenzwert oder dem Untergrenzwert begrenzt und an die Gatespannungskorrektureinheit 80 ausgegeben. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist der Obergrenzwert die erste Aus-Spannung $V\alpha$, und der Untergrenzwert ist basierend auf den Eigenschaften der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 bestimmt.

[0122] Daher wird die Rückkopplungssteuerung für die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 basierend auf der Umgebungstemperatur T durchgeführt, wodurch die Umgebungstemperatur T derart gesteuert werden kann, um die Solltemperatur T^* zu sein.

(Vierte Ausführungsform)

[0123] Nachfolgend werden für ein Modifikationsbeispiel der dritten Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ändert die Steuereinheit 70 die Gatespannungen Voff des fünften Schalters Q5 und des sechsten Schalters Q6 temporär von der zweiten Aus-Spannung $V\beta$ auf die erste Aus-Spannung $V\alpha$.

[0124] Fig. 17A bis Fig. D zeigen eine Änderung der Betriebszustände oder dergleichen von Schaltern Q1 bis Q8 in dem Fall, in dem die Gatespannung wenn ausgeschaltet fest ist und die Gatespannung wenn ausgeschaltet temporär geändert ist. Fig. 17A zeigt eine Änderung der Betriebszustände des ersten Schalters Q1 und des vierten Schalters Q4. Invertierte Betriebszustände des ersten Schalters Q1 und des vierten Schalters Q4 sind die Betriebszustände des zweiten Schalters Q2 und des dritten Schalters Q3. Fig. 17B zeigt eine Änderung der Betriebszustände der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8. Auch in der vorliegenden Ausführungsform sind die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8

ausgeschaltet. Fig. 17C zeigt eine Änderung der Gatespannungen Voff des fünften Schalters Q5 und des sechsten Schalters Q6 wenn ausgeschaltet. Fig. 17D zeigt eine Änderung des ersten Stroms I1 und des zweiten Stroms I2.

[0125] Wie in Fig. 17C gezeigt, ändert, wenn die Voff fest ist, die Steuereinheit 70 die Gatespannungen Voff des fünften Schalters Q5 und des sechsten Schalters Q6 wenn ausgeschaltet derart, um die zweite Aus-Spannung $V\beta$ zu sein. Andererseits ändert, wenn Voff geändert wird, die Steuereinheit 70 temporär die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet derart, um die erste Aus-Spannung $V\alpha$ zu sein. Beispielsweise steuert die Steuereinheit 70 während der neunten Periode T9 und der zehnten Periode T10 wie in Fig. 17A gezeigt die Gatespannung des sechsten Schalters Q6 wenn ausgeschaltet auf die erste Aus-Spannung $V\alpha$.

[0126] Die Betriebszustände der Schalter Q1 bis Q8 in der neunten Periode T9 sind die gleichen wie jene in der ersten Periode T1.

[0127] Der Strompfad der neunten Periode T9 ist der gleiche wie jener der ersten Periode T1. In diesem Fall wird die Gatespannung Voff des sechsten Schalters Q6 wenn ausgeschaltet von der zweiten Aus-Spannung $V\beta$ auf die erste Aus-Spannung $V\alpha$ geändert, wodurch ein Ausmaß des Spannungsabfalls am sechsten Schalter Q6 kleiner wird. Daher wird, da der Leitungsverlust des sechsten Schalters Q6 wie in Fig. 17D gezeigt kleiner wird, wenn die Voff geändert wird, im Vergleich zu einem Fall, in dem die Voff fest ist, eine Erhöhungsrate des zweiten Stroms I2 zu der Negativseite hin höher.

[0128] Die Betriebszustände der Schalter Q1 bis Q8 in der zehnten Periode T10 sind die gleichen wie jene in der dritten Periode T3.

[0129] Der Strompfad der zehnten Periode T10 ist der gleiche wie jener der dritten Periode T3. In diesem Fall wird die Gatespannung Voff des fünften Schalters Q5 wenn ausgeschaltet von der zweiten Aus-Spannung $V\beta$ auf die erste Aus-Spannung $V\alpha$ geändert, wodurch ein Ausmaß des Spannungsabfalls am fünften Schalter Q5 kleiner wird. Daher wird auch in diesem Fall, da der Leitungsverlust des fünften Schalters Q5 wie in Fig. 17D gezeigt kleiner wird, wenn die Voff geändert wird, eine Erhöhungsrate des zweiten Stroms I2 verglichen mit einem Fall, in dem die Voff fest ist, zu der Negativseite hin höher.

[0130] Daher stellt gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Steuereinheit 70 eine Periode für ein temporäres Ändern der Gatespannung Voff eines Schalters, bei dem der Rückwärtsleitungsstrom wenn ausgeschaltet fließt, auf die erste Aus-Spannung $V\alpha$, ein. Daher kann selbst in dem Fall, in dem

eine ausreichende Spannungsdifferenz zwischen der ersten Spannung V1 und der zweiten Spannung V2 nicht sichergestellt werden kann, da sich die Rückwärtsleitung in dieser Periode erhöht, und danach, wenn die Gatespannung Voff zu der zweiten Aus-Spannung Vß zurückgekehrt ist, der in der Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 erzeugte Heizwert größer sein.

[0131] Es wird bemerkt, dass gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet temporär geändert auf die erste Aus-Spannung Vα eingestellt ist. Dieser Wert ist jedoch nicht auf die erste Aus-Spannung Vα beschränkt, sondern kann angepasst werden, um den Leistungsverlust zur Anpassung des Ausmaßes des Rückwärtsleitungsstroms zu verringern.

[0132] Ferner erhöht sich in dem Fall, in dem eine Zeitspanne für ein temporäres Ändern der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet vergrößert ist, der Rückwärtsleitungsstrom, aber der Wärmewert aufgrund des Rückwärtsleitungsstroms verringert sich. Daher stellt sich bei einer Erhöhung der Zeitspanne für ein temporäres Ändern der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet der Heizwert pro Schaltperiode nach Erreichen des Maximalwerts als sich verringern dar. Insofern werden solche Eigenschaften vorab ausgelegt, oder es wird bei Bedarf eine Rückkopplungssteuerung mit einer von dem Heizwert abhängigen Zeitspanne durchgeführt, wobei die Zeitspanne für ein temporäres Ändern der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet auf eine Zeitspanne eingestellt werden kann, in der der gewünschte Heizwert erzielt wird.

(Fünfte Ausführungsform)

[0133] Nachfolgend werden für eine fünfte Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der fünften Ausführungsform wird ein Schaltmuster in der Heizbetriebsart geändert. Gemäß der ersten Ausführungsform sind die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 ausgeschaltet, aber in der vorliegenden Ausführungsform werden die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 zwischen EIN und AUS geschaltet.

[0134] Fig. 18A bis Fig. 18C zeigen eine Änderung der Betriebszustände oder dergleichen der Schalter Q1 bis Q8 in der Heizbetriebsart gemäß der vorliegenden Ausführungsform. Die durchgezogene Linie in Fig. 18A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des ersten Schalters Q1. Der invertierte Betriebszustand des ersten Schalters Q1 entspricht dem Betriebszustand des zweiten Schalters Q2. Die gestrichelte Linie in Fig. 18A zeigt einen Betriebszustand des vierten Schalters Q4. Der invertierte

Betriebszustand des vierten Schalters Q4 entspricht dem Betriebszustand des dritten Schalters Q3. Die durchgezogene Linie in Fig. 18B zeigt eine Änderung des Betriebszustands des achten Schalters Q8. Der invertierte Betriebszustand des achten Schalters Q8 entspricht dem Betriebszustand des siebten Schalters Q7.

[0135] Die Übertragungsleistung zwischen der ersten Vollbrückenschaltung 30 und der zweiten Vollbrückenschaltung 40 wird durch Steuerung der Zwischenkreisphase ϕ_{21} eingestellt bzw. angepasst. Dabei ist die Zwischenkreisphase ϕ_{21} eine Phasendifferenz zwischen dem Schaltzeitpunkt, wenn der vierte Schalter Q4 eingeschaltet wird, und dem Schaltzeitpunkt, wenn der achte Schalter Q8 eingeschaltet wird.

[0136] Fig. 18C zeigt eine Änderung der Gatespannungen des fünften Schalters Q5 und des achten Schalters Q8. Die Spannung Von1 zeigt eine Gatespannung wenn eingeschaltet in der Normalbetriebsart, und die Spannung Von2 zeigt eine Gatespannung wenn eingeschaltet in der Heizbetriebsart. Die Gatespannung Von2 wenn eingeschaltet in der Heizbetriebsart ist verringert verglichen mit der Gatespannung Von1 wenn eingeschaltet in der Normalbetriebsart. Außerdem zeigt Voff1 eine Gatespannung wenn ausgeschaltet in der Normalbetriebsart, und die Voff2 zeigt eine Gatespannung wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart. Die Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet in der Heizbetriebsart ist zu der Negativseite hin erhöht verglichen mit der Gatespannung Voff1 wenn ausgeschaltet in der Normalbetriebsart. Beispielsweise sind in der in Fig. 18A gezeigten elften Periode T11 die Gatespannungen des fünften Schalters Q5 und des achten Schalters Q8 wenn eingeschaltet auf Von2 eingestellt. In der zwölften Periode T12 sind die Gatespannung des fünften Schalters Q5 wenn eingeschaltet auf Von2 eingestellt, und die Gatespannung des achten Schalters Q8 wenn ausgeschaltet auf Voff2 eingestellt.

[0137] Die elfte Periode T11 bezieht sich auf eine Periode, in der die ersten, vierten, fünften, und achten Schalter Q1, Q4, Q5 und Q8 eingeschaltet sind und die zweiten, dritten, sechsten, und siebten Schalter Q2, Q3, Q6 und Q7 ausgeschaltet sind.

[0138] Der Strompfad in der elften Periode T11 ist, wie in Fig. 19A gezeigt, derselbe wie in der dritten Periode T3. Anders als bei der dritten Periode T3 sind jedoch der fünfte Schalter Q5 und der achte Schalter Q8 eingeschaltet. Daher stellt die Steuereinheit 70 die Gatespannungen des fünften Schalters Q5 und des achten Schalters Q8 wenn eingeschaltet, wobei der Rückwärtsleitungsstrom fließt, auf eine Spannung Von2 ein, die kleiner als die Gatespannung Von1 wenn eingeschaltet in der Normal-

betriebsart ist, wodurch der Leitungsverlust während der Rückwärtsleitung größer sein kann.

[0139] Die zwölfte Periode T12 bezieht sich auf eine Periode, in der die zweiten, dritten, fünften, und siebten Schalter Q2, Q3, Q5 und Q7 eingeschaltet sind und die ersten, vierten, sechsten und achten Schalter Q1, Q4, Q6 und Q8 ausgeschaltet sind.

[0140] Fig. 19B zeigt einen Strompfad der zwölften Periode T12. In der Vollbrückenschaltung 40 ist eine Schaltung ausgebildet, die die zweite Spule 50b, den siebten Schalter Q7, und den fünften Schalter Q5 umfasst. Auch in diesem Fall stellt die Steuereinheit 70 die Gatespannung des fünften Schalters Q5 wenn eingeschaltet, wobei der Vorwärtsleitungsstrom fließt, auf eine Spannung Von2 ein, die kleiner als die Gatespannung Von1 wenn eingeschaltet in der Normalbetriebsart ist, wodurch der Leitungsverlust während der Vorwärtsleitung größer sein kann.

[0141] Die Gatespannung wenn eingeschaltet ist verringert, wodurch der Leitungsverlust während der Rückwärtsleitung größer sein kann. Dies ist auf die Eigenschaften des in Fig. 3 gezeigten durch den GaN-HEMT fließenden Rückwärtsleitungsstroms zurückzuführen. Fig. 20 zeigt Eigenschaften eines Ausmaßes eines Vorwärtsleitungsstrom und eines Ausmaßes eines Spannungsabfalls, wenn die Gatespannung der fünften bis achten Schalter Q5 und Q8 verringert wird. Ein in Fig. 20 gezeigter Pfeil zeigt eine Verringerung der Gatespannung wenn eingeschaltet an. Es ist erkannt, dass das Ausmaß eines Spannungsabfalls in Bezug auf das Ausmaß des Vorwärtsleitungsstroms zunimmt, wenn die Gatespannung wenn eingeschaltet verringert wird.

[0142] Daher ist gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Gatespannung wenn eingeschaltet in der Heizbetriebsart verringert verglichen mit jener in der Normalbetriebsart, wodurch das Ausmaß des Spannungsabfalls der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 erhöht wird und der Leitungsverlust größer gemacht wird.

[0143] Ferner ist die Gatespannung wenn eingeschaltet verringert, so dass die Differenz zwischen der Gatespannung wenn eingeschaltet und der Gatespannung, zu der Negativseite hin erhöht ist, verringert werden kann. Daher kann auch die hinsichtlich der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 ausgeübte Beanspruchung reduziert werden. Als ein Ergebnis kann verhindert werden, dass die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 verschlechtert wird.

(Sechste Ausführungsform)

[0144] Nachfolgend werden für die sechste Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen

hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der ersten Ausführungsform sind die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 in der Normalbetriebsart ausgeschaltet, was in der vorliegenden Ausführungsform verändert ist. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform werden die fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8 zwischen EIN und AUS umgeschaltet.

[0145] Fig. 21 ist ein Diagramm, das ein Steuerblockdiagramm zeigt, das von der Steuereinheit 70 in der Normalbetriebsart durchgeführt wird. In Fig. 21 werden für die gleichen Konfigurationen wie in der vorhergehenden Fig. 2 gezeigt der Einfachheit halber die gleichen Bezugszeichen verwendet. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform berechnet die Rückkopplungssteuereinheit 77 die Zwischenkreisphase ϕ_{21} als eine Betriebsgröße für eine Rückkopplung bzw. Rückführung der Stromabweichung ΔI_2 auf 0. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist die Zwischenkreisphase ϕ_{21} auf einen Bereich von 0° bis zu einer vorbestimmten Phase beschränkt, und innerhalb des Bereichs ist, je größer der Wert ist, desto größer die Übertragungsleistung von der Speicherbatterie 10 zu dem Leistungszufuhrobjekt 11.

[0146] Die PWM-Erzeugungseinheit 79 erzeugt Ansteuersignale von Schaltern Q1 bis Q8 basierend auf der Zwischenkreisphase ϕ_{21} .

[0147] Die Gatespannungskorrektureinheit 80 empfängt einen Befehl für eine Änderung der Gatespannung Voff wenn ausgeschaltet auf $V_{off} = V_a$ von der Gatespannungseinstelleinheit 81 und korrigiert die Gatespannungen Voff der fünften bis achten Schalter Q5 bis Q8. Danach gibt die Gatespannungskorrektureinheit 80 die Ansteuersignale an die Schalter Q1 bis Q8 aus.

[0148] Fig. 22A und Fig. 22B zeigen eine Änderung der Betriebszustände von Schaltern Q1 bis Q8 in der Normalbetriebsart. Die durchgezogene Linie in Fig. 22A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des ersten Schalters Q1. Der invertierte Betriebszustand des ersten Schalters Q1 entspricht dem Betriebszustand des zweiten Schalters Q2. Die gestrichelte Linie in Fig. 22A zeigt eine Änderung des Betriebszustands des dritten Schalters Q3. Der invertierte Betriebszustand des dritten Schalters Q3 entspricht dem Betriebszustand des vierten Schalters Q4. Die durchgezogene Linie in Fig. 22B zeigt eine Änderung des Betriebszustands des fünften Schalters Q5. Der invertierte Betriebszustand des fünften Schalters Q5 entspricht dem Betriebszustand des sechsten Schalters Q6. Die gestrichelte Linie in Fig. 22B zeigt eine Änderung des Betriebszustands des siebten Schalters Q7. Der invertierte Betriebszustand des siebten Schalters Q7 entspricht dem

Betriebszustand des achten Schalters Q8. Die Phasendifferenz zwischen dem Schaltzeitpunkt, wenn der erste Schalter Q1 eingeschaltet wird, und dem Schaltzeitpunkt, wenn der fünfte Schalter Q5 eingeschaltet wird, bezieht sich auf die Zwischenkreisphase cp21.

[0149] Auch bei der vorliegenden Ausführungsform können die gleichen Wirkungen und Vorteile wie bei der ersten Ausführungsform erzielt werden.

(Siebte Ausführungsform)

[0150] Nachfolgend werden für die siebte Ausführungsform unter Bezugnahme auf die Zeichnungen hauptsächlich Konfigurationen verschieden von jenen der ersten Ausführungsform beschrieben. Gemäß der siebten Ausführungsform ist der Konfiguration der ersten Ausführungsform eine Wärmeübertragungseinheit hinzugefügt.

[0151] Fig. 23 zeigt eine Konfiguration der vorliegenden Ausführungsform. In Fig. 23 sind der Einfachheit halber für die gleichen Konfigurationen wie in der vorangehenden Fig. 1 gezeigte die gleichen Bezugszeichen verwendet. Die Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 ist mit einer Wärmeübertragungseinheit 110 versehen. In der vorliegenden Ausführungsform ist die Wärmeübertragungseinheit 110 derart konfiguriert, um in der Lage zu sein, eine Wärme zu absorbieren, die von Wärmeaustauschobjektelementen einschließlich jeweiliger Schalter Q1 bis Q8, dem Transformator 50, und dem Leistungszufuhrobjekt 11 erzeugt ist. Die Wärmeübertragungseinheit 110 überträgt absorbierte Wärme an das Temperaturerhöhungsobjekt und erhöht das Temperaturerhöhungsobjekt. Das Temperaturerhöhungsobjekt ist beispielsweise das Leistungszufuhrobjekt 11.

[0152] Die Wärmeübertragungseinheit 110 kann beispielsweise mit einem Zirkulationskanal versehen sein, in dem Kühlwasser zwischen den Wärmeaustauschobjektelementen und dem Temperaturerhöhungsobjekt zirkuliert und das Temperaturerhöhungsobjektelement unter Verwendung des Kühlwassers erhöht. Als die Wärmeübertragungseinheit 110 kann beispielsweise auch eine eingesetzt werden, die ein Gas (Luft) als das Kühlfluid verwendet. Ferner kann als die Wärmeübertragungseinheit 110 ohne Verwendung des Kühlfluids eine Komponente wie ein Wärmesenke verwendet werden, die mit den Wärmeaustauschobjektelementen und dem Temperaturerhöhungsobjektelement in Kontakt kommt.

[0153] Daher kann, da bei der Leistungsumwandlung erzeugte Wärme zurückgewonnen und zu dem Temperaturerhöhungsobjektelement übertragen

werden kann, kann die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements effektiv erhöht werden.

(Andere Ausführungsformen)

[0154] Es wird bemerkt, dass die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen wie folgt modifiziert werden können.

[0155] Gemäß der dritten Ausführungsform, einem Modifikationsbeispiel der dritten Ausführungsform, der vierten Ausführungsform, und der fünften Ausführungsform, wird die Schaltungskonfiguration der Leistungsumwandlungsvorrichtung 20 der ersten Ausführungsform verwendet. Jedoch kann die Schaltungskonfiguration der Leistungsumwandlungsvorrichtung 90, die in dem Modifikationsbeispiel 2 der ersten Ausführungsform beschrieben ist, verwendet werden, und es können die gleichen Effekte und Vorteile daraus erzielt werden.

[0156] Die Steuereinheit und das Verfahren davon, die in der vorliegenden Offenbarung offenbart sind, können durch einen dedizierten Computer realisiert werden, der aus einem Prozessor und einem Speicher besteht, der so programmiert ist, dass er eine oder mehrere durch Computerprogramme verkörperte Funktionen ausführt. Alternativ können die Steuereinheit und das Verfahren davon, die in der vorliegenden Offenbarung offenbart sind, durch einen dedizierten Computer realisiert werden, der von einem Prozessor bereitgestellt wird, der aus einer oder mehreren dedizierten Hardware-Logikschaltungen besteht. Ferner können die in der vorliegenden Offenbarung offenbarte Steuereinheit und das Verfahren davon von einem oder mehreren dedizierten Computern realisiert werden, in denen ein Prozessor und ein Speicher, die für eine Ausführung einer oder mehrerer Funktionen programmiert sind, und ein aus einer oder mehreren Hardware-Logikschaltungen konfigurierter Prozessor kombiniert sind. Darüber hinaus können die Computerprogramme in Form von Anweisungscode, die von dem Computer ausgeführt werden, auf einem computerlesbaren, nichttransitorischen, materiellen Aufzeichnungsmedium gespeichert sein.

[0157] Die vorliegende Offenbarung wurde in Übereinstimmung mit den Ausführungsformen beschrieben. Die vorliegende Offenbarung ist jedoch nicht auf die Ausführungsformen und deren Struktur beschränkt. Die vorliegende Offenbarung umfasst verschiedene Modifikationsbeispiele und Modifikationen innerhalb der äquivalenten Konfigurationen. Darüber hinaus sind verschiedene Kombinationen und Modi und andere Kombinationen und Modi, die ein Element oder mehr oder weniger Elemente dieser verschiedenen Kombinationen enthalten, innerhalb des Bereichs und technischen Umfangs der vorliegenden Offenbarung.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 2019197371 [0001]
- JP 3451141 [0004]

Patentansprüche

1. Leistungsumwandlungsvorrichtung (20, 90, 100) mit einem Eingangsseitenanschluss (CH1, CL1), einem Ausgangsseitenanschluss (CH2, CL2), und einer Schalteinheit (Q5 bis Q8, Q11), die die Schalteinheit während einer Leistungsübertragung, bei der Leistung von einer mit dem Eingangsseitenanschluss verbundenen Speichereinheit (10) zu einem Leistungszufuhrobjekt (11) übertragen wird, zwischen EIN und AUS schaltet, wobei die Schalteinheit Eigenschaften aufweist, dass in dem Fall, in dem ein Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt, je größer eine Gatespannung davon auf einer Negativseite ist, desto größer ein Leistungsverlust ist, der auftritt, wenn der Rückwärtsleitungsstrom fließt, wobei die Leistungsumwandlungsvorrichtung umfasst:

eine Bestimmungseinheit, die bestimmt, ob eine Erhöhungsanforderung eines Heizwertes aufgrund der Leistungsübertragung vorliegt; und

eine Steuereinheit (70), die, wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwertes vorliegt, die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet zu der Negativseite hin erhöht verglichen mit einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung für eine Erhöhung des Heizwertes vorliegt, wobei der Rückwärtsleitungsstrom während der Leistungsübertragung durch die Schalteinheit fließt.

2. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 1, wobei wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung vorliegt, die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet basierend auf einer Temperatur (T) eines Temperaturerhöhungsobjektelements einstellt, dessen Temperatur unter Verwendung einer mittels der Leistungsübertragung erzeugten Wärme erhöht ist.

3. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei

wenn die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements höher als oder gleich wie eine Obergrenzttemperatur ist, die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet auf eine erste Aus-Spannung einstellt;

wenn die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements geringer als oder gleich wie eine Grenzstarttemperatur ist, die auf geringer als die Obergrenzttemperatur eingestellt ist, die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet auf eine zweite Aus-Spannung einstellt, die auf einer Negativseite höher als die erste Aus-Spannung ist; und

wenn die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements höher als die Grenzstarttemperatur und geringer als die Obergrenzttemperatur ist, die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit

wenn ausgeschaltet derart einstellt, um näher an der ersten Aus-Spannung zu liegen, wie die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements näher zu der Obergrenzttemperatur gelangt.

4. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet derart einstellt, dass die Temperatur des Temperaturerhöhungsobjektelements rückkopplungsgesteuert wird, um eine Solltemperatur davon zu sein.

5. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Leistungsumwandlungsvorrichtung umfasst:

einen Transformator (50) mit einer ersten Spule (50a) und einer zweiten Spule (50b), die magnetisch miteinander gekoppelt sind;

eine mit dem Eingangsseitenanschluss und der ersten Spule verbundene Umwandlungsschaltung (30), die eine von der Speichereinheit zugeführte Gleichstromspannung in eine Wechselstromspannung umwandelt und die umgewandelte Wechselstromspannung an die erste Spule anlegt; und

eine mit dem Ausgangsanschluss und der zweiten Spule verbundene Vollbrückenschaltung (40), die die Schalteinheit aufweist, wobei

wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung vorliegt, die Steuereinheit eine Periode, in der die Gatespannung der Schalteinheit wenn ausgeschaltet temporär zu einer Positivseite hin erhöht ist, einstellt, wobei der Rückwärtsleitungsstrom durch die Schalteinheit fließt.

6. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Leistungsumwandlungsvorrichtung umfasst:

einen Transformator mit einer ersten Spule und einer zweiten Spule, die magnetisch miteinander gekoppelt sind;

eine mit dem Eingangsseitenanschluss und der ersten Spule verbundene Umwandlungsschaltung, die eine von der Speichereinheit zugeführte Gleichstromspannung in eine Wechselstromspannung umwandelt und die umgewandelte Wechselstromspannung an die erste Spule anlegt; und

eine mit dem Ausgangsanschluss und der zweiten Spule verbundene Vollbrückenschaltung, die die Schalteinheit aufweist, wobei

wenn bestimmt ist, dass die Erhöhungsanforderung vorliegt, die Steuereinheit die Gatespannung der Schalteinheit wenn eingeschaltet derart einstellt, um verglichen mit einem Fall, in dem keine Erhöhungsanforderung vorliegt, verringert zu sein.

7. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Steuereinheit die Schalteinheit, durch die der Rückwärtsleitungsstrom während der Leistungsübertragung

fließt, auf EIN stellt, wenn bestimmt ist, dass keine Erhöhungsanforderung vorliegt.

8. Leistungsumwandlungsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die Leistungsumwandlungsvorrichtung eine Wärmeübertragungseinheit (110) umfasst, die mittels der Leistungsübertragung erzeugte Wärme absorbiert und die erzeugte Wärme zu dem Temperaturerhöhungsobjektelement überträgt.

Es folgen 19 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

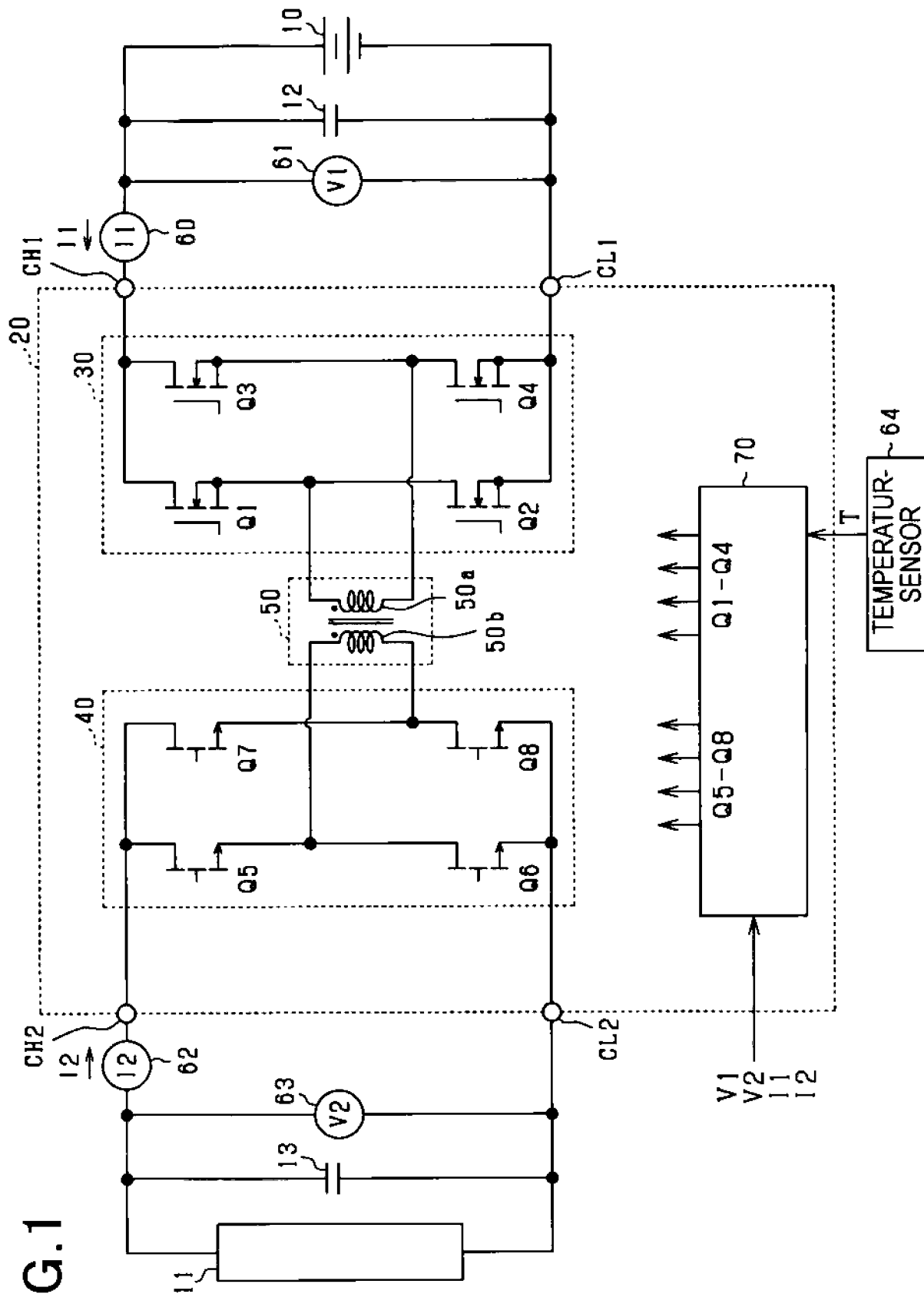


FIG.2

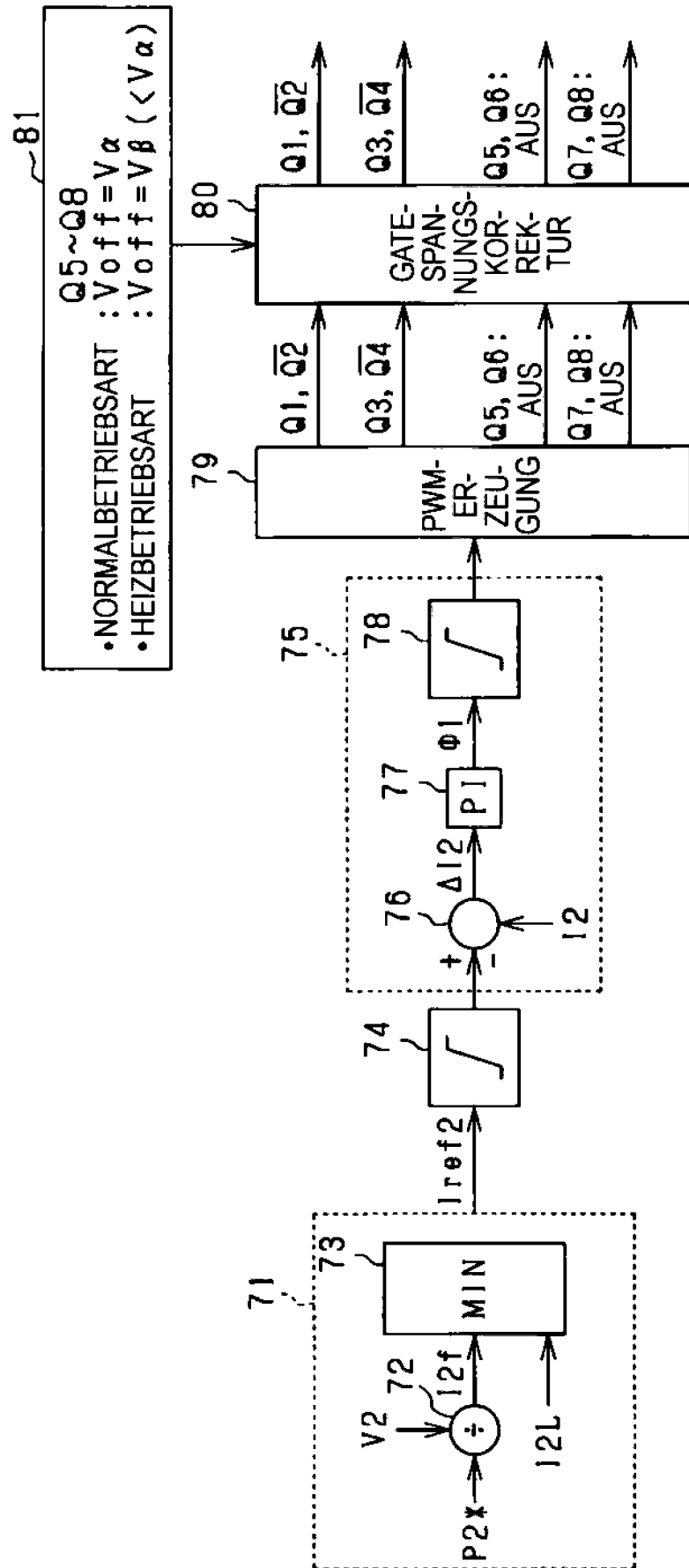


FIG.3

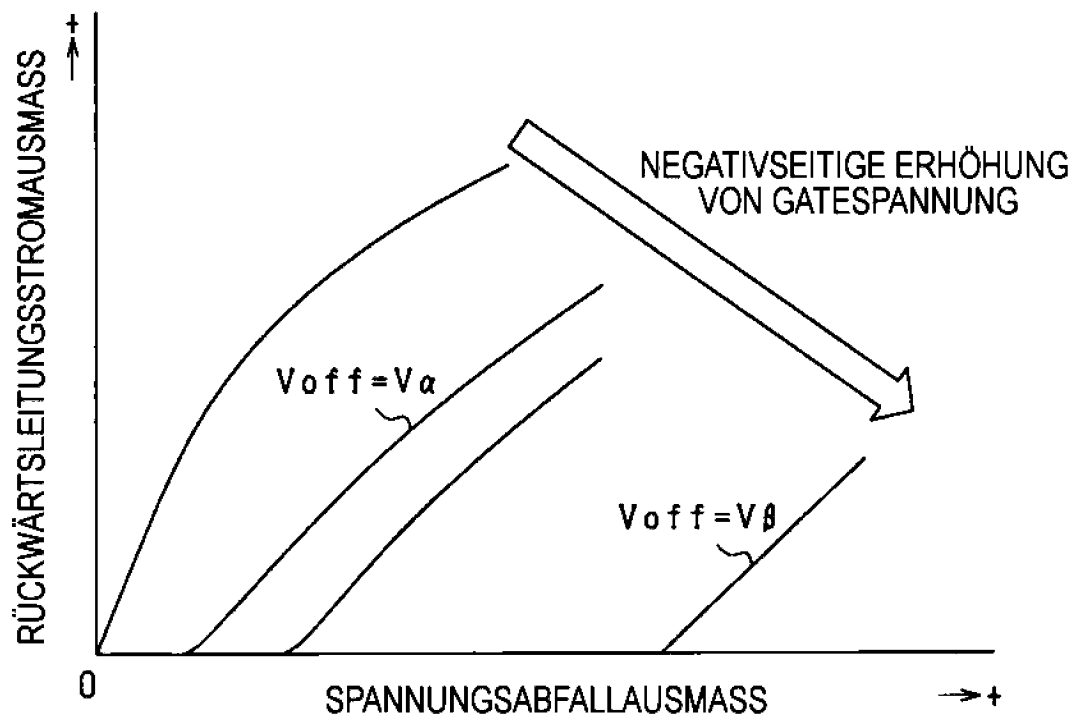


FIG.4A

Q1, Q2 EIN
Q3, Q4 AUS

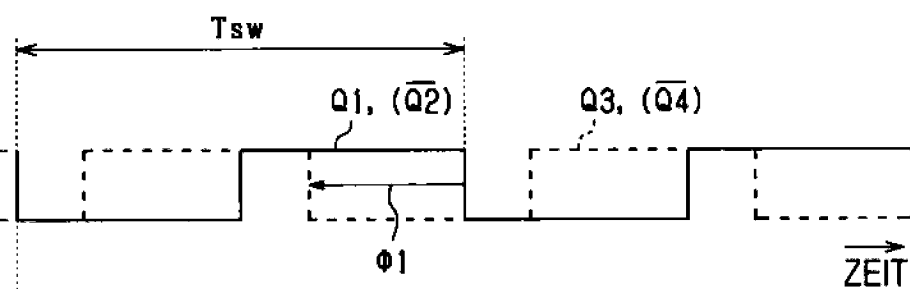


FIG.4B

Q5, Q6 EIN
Q7, Q8 AUS

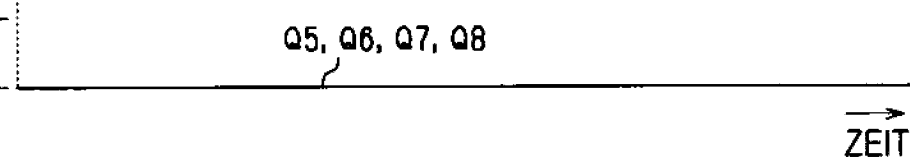
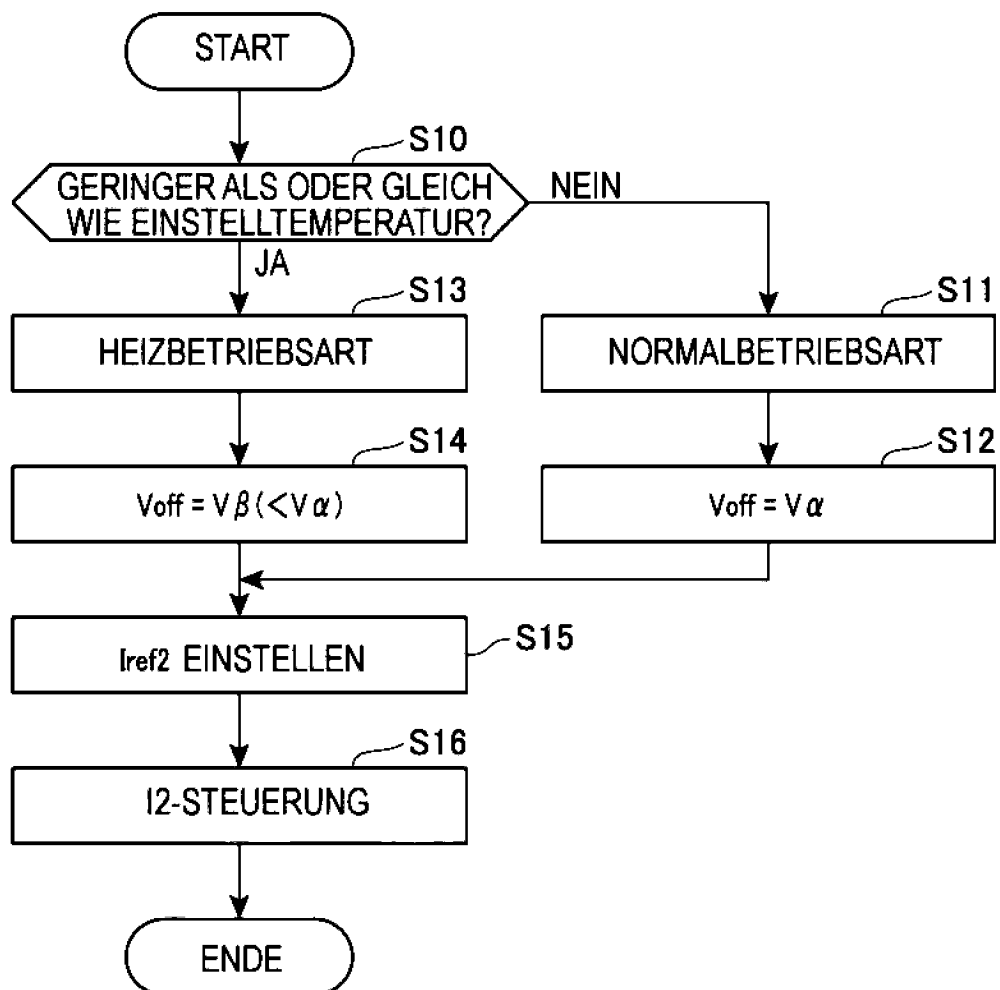


FIG.5



<NORMALBETRIEBSART ($V_{off}=V_{\alpha}$)>

<HEIZBETRIEBSART ($V_{off}=V_{\beta} < V_{\alpha}$)>

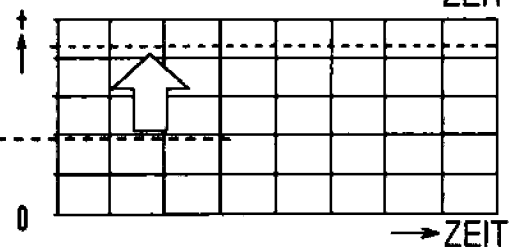
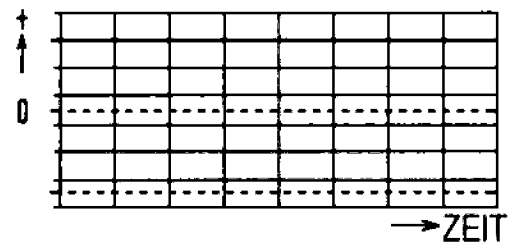
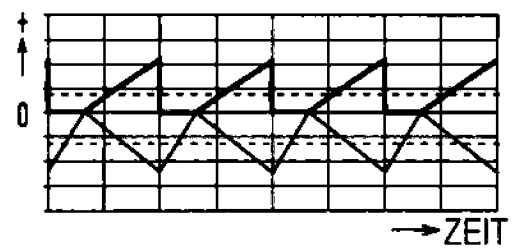
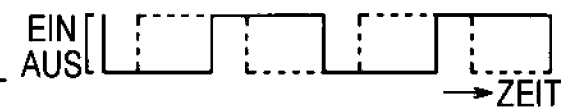
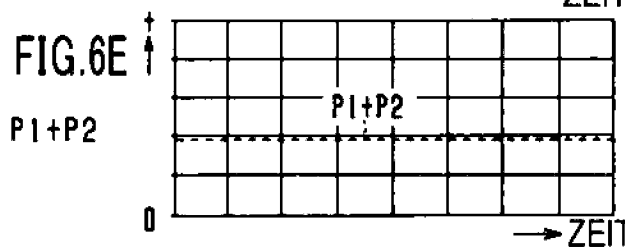
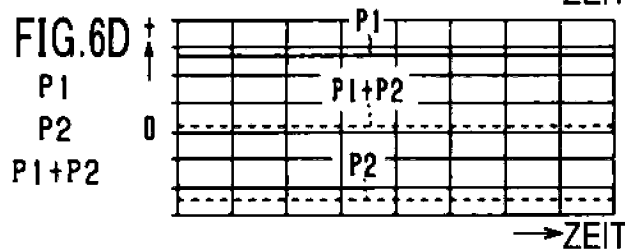
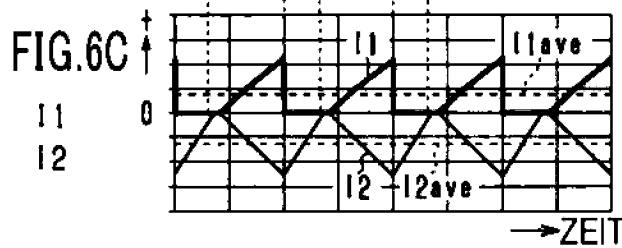
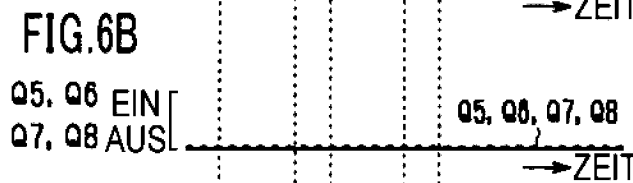
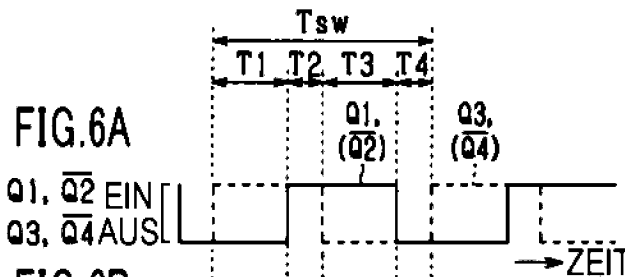


FIG.7B

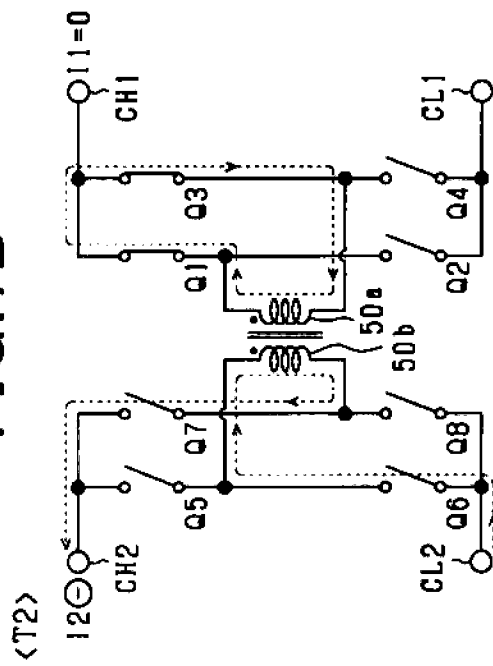


FIG.7D

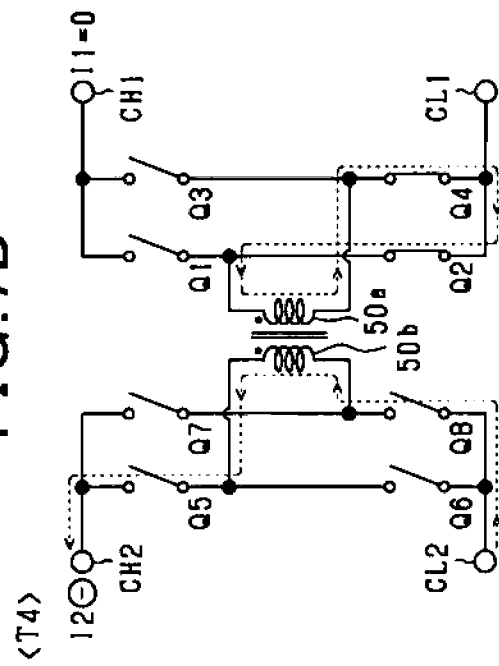


FIG.7A

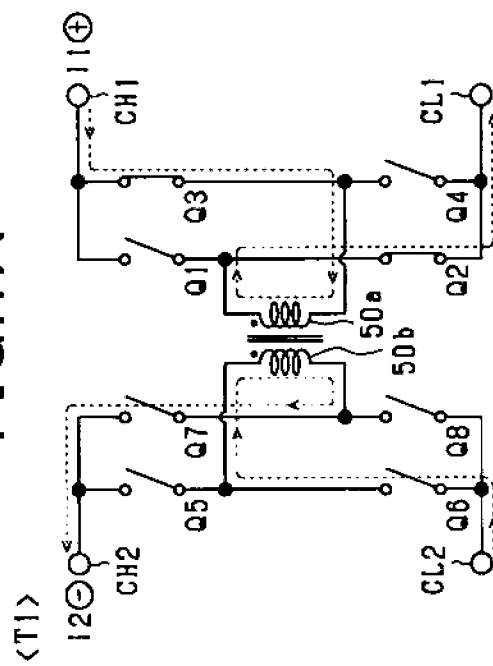


FIG.7C

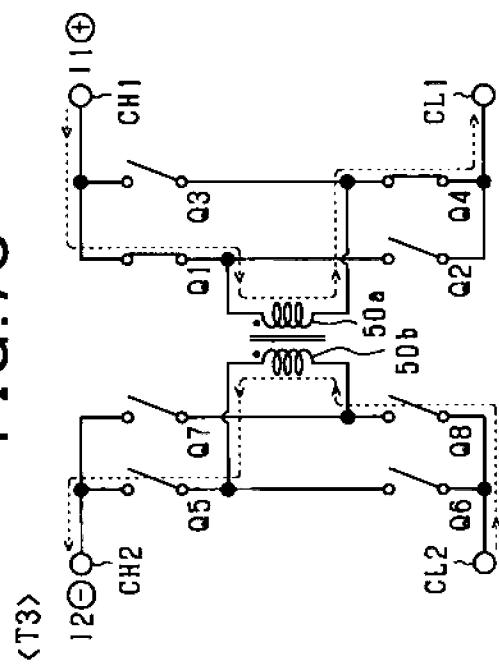
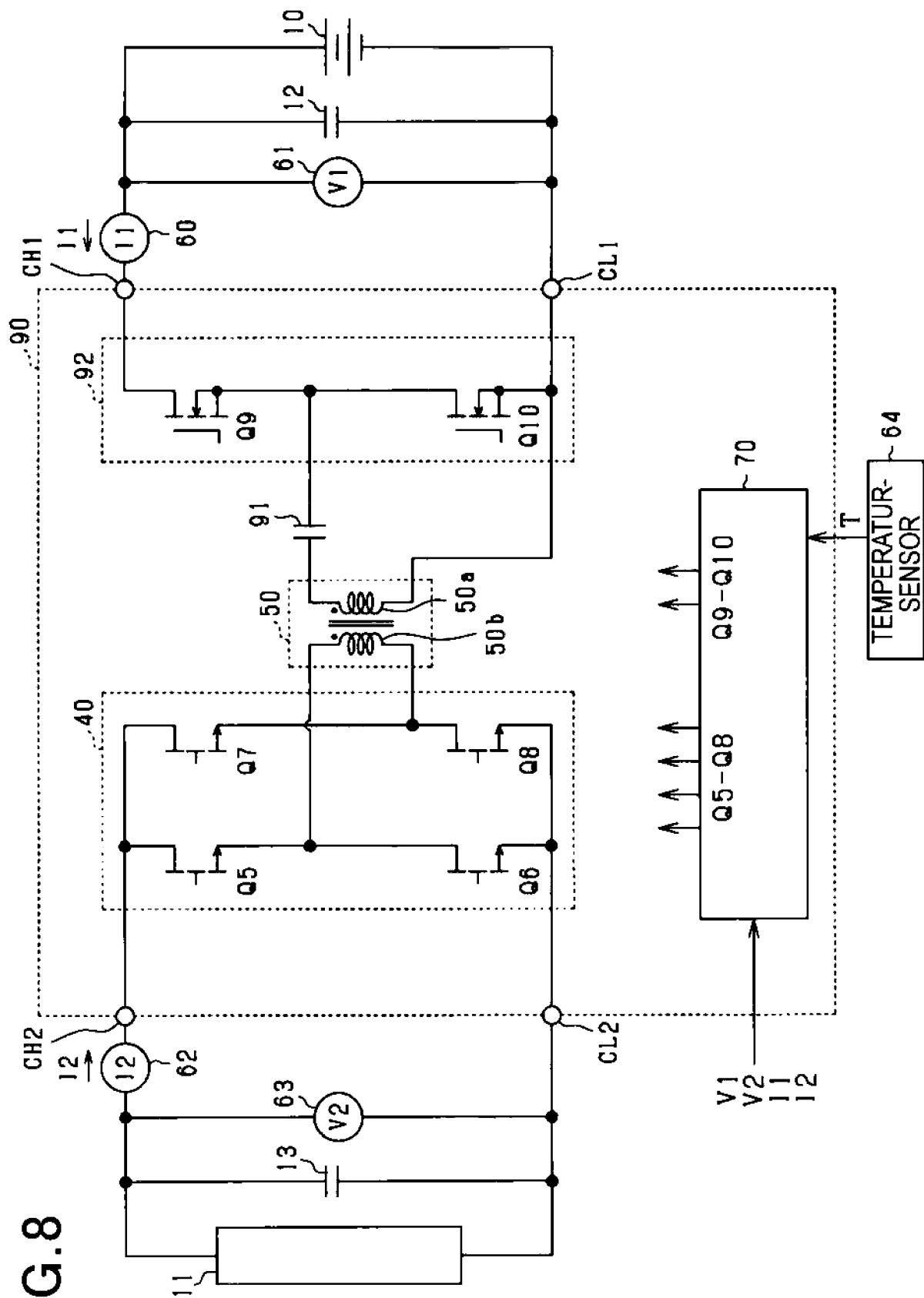


FIG. 8



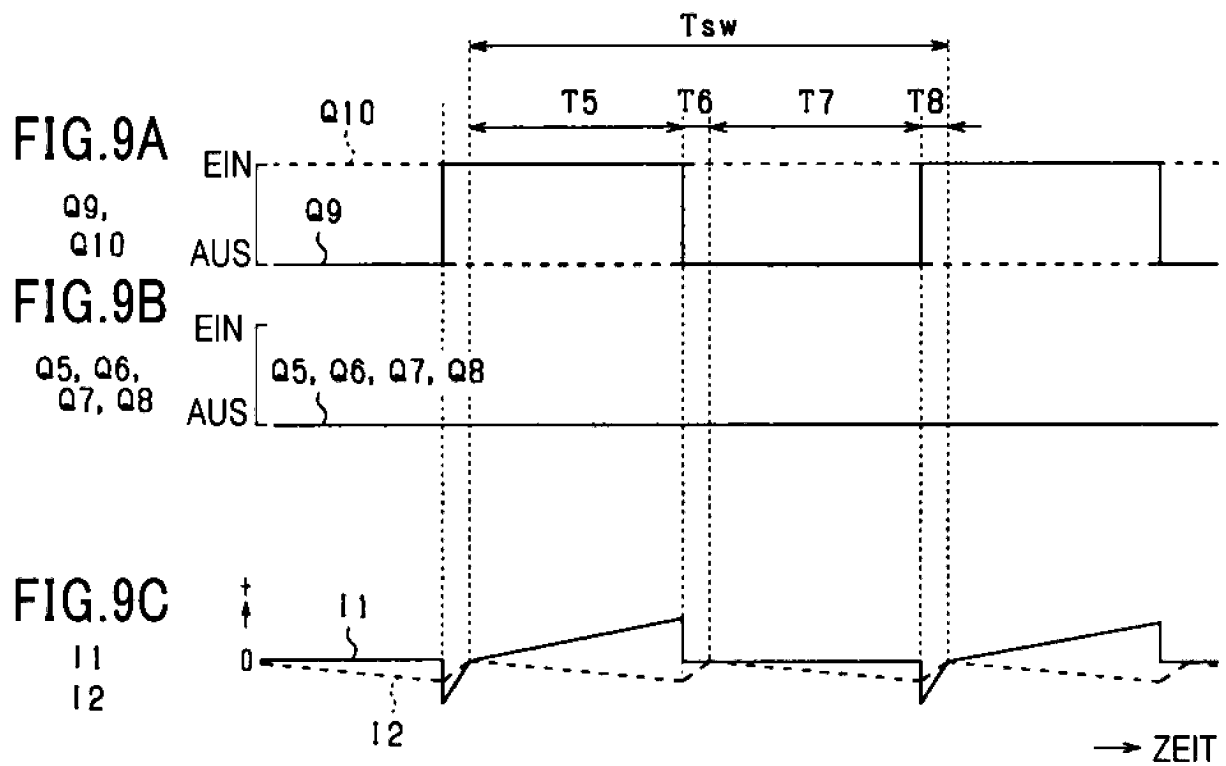


FIG.10A

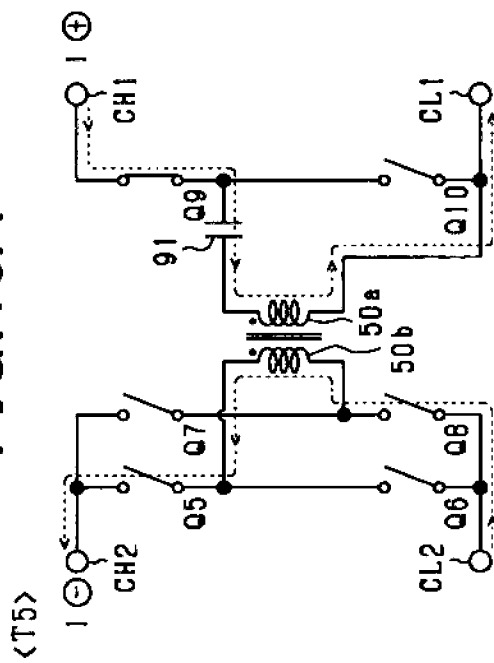


FIG.10B

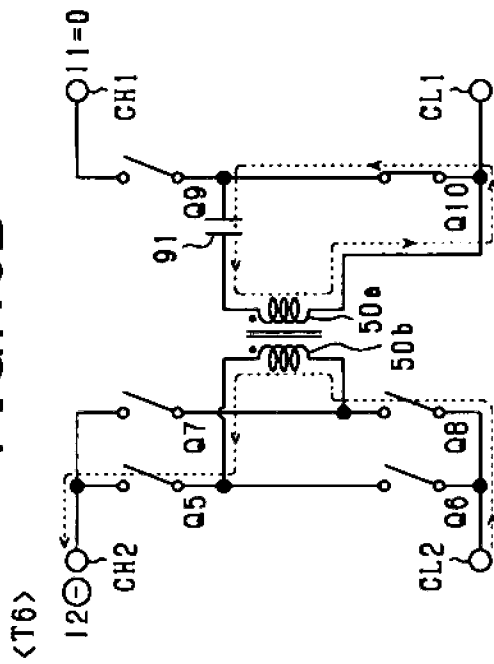


FIG.10C

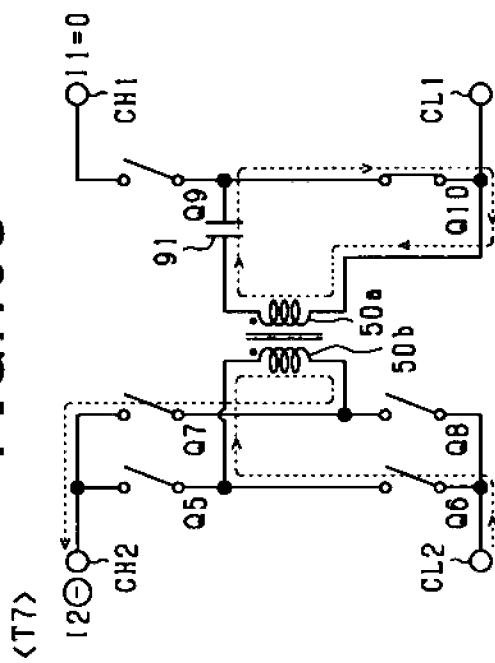


FIG.10D

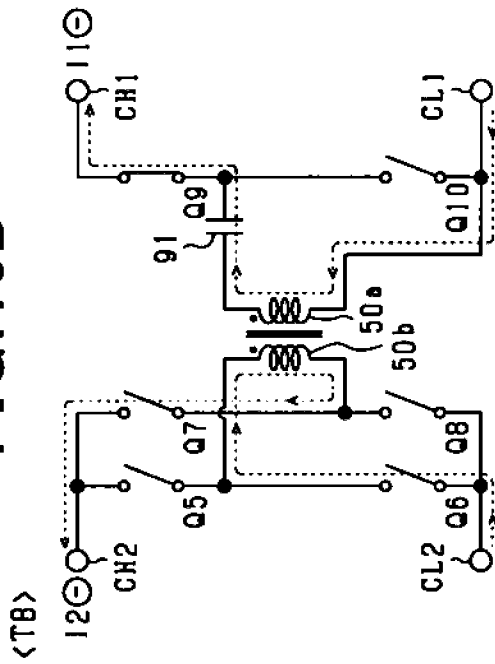


FIG.11

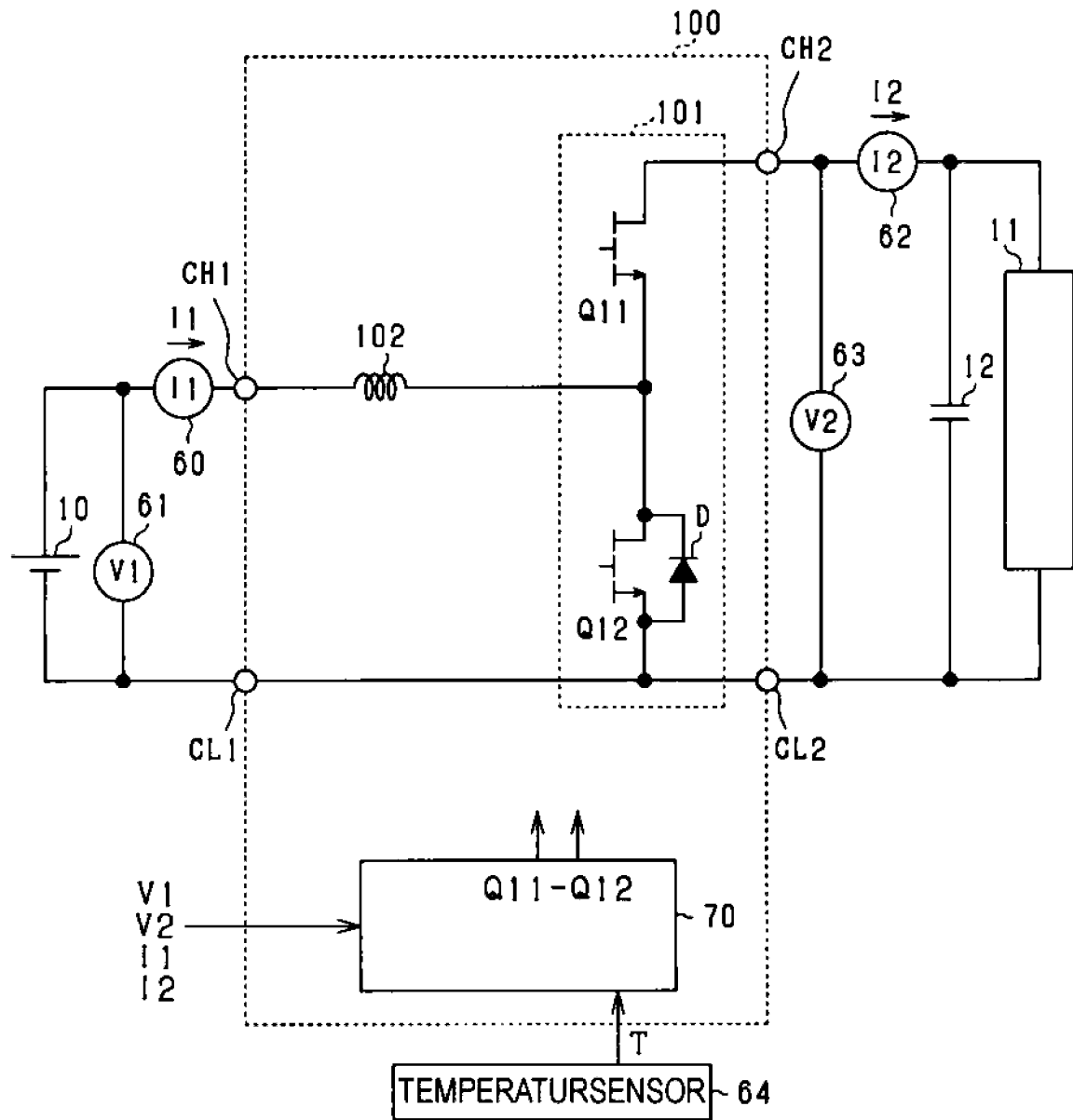


FIG.12

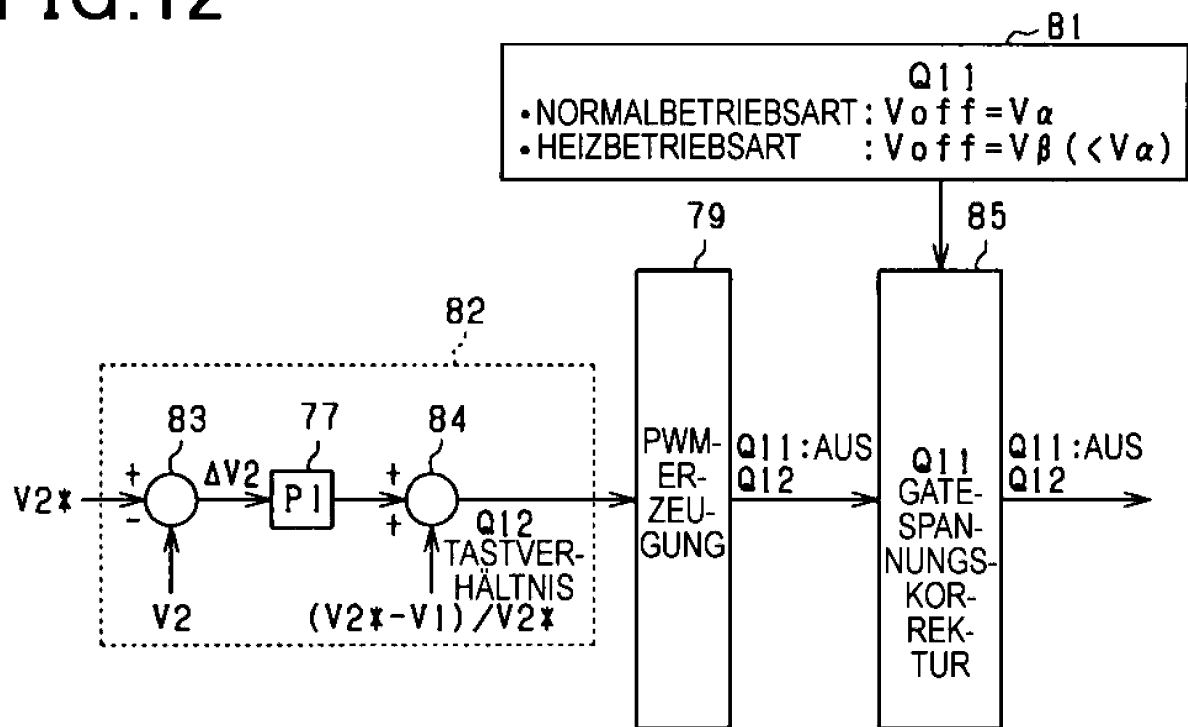
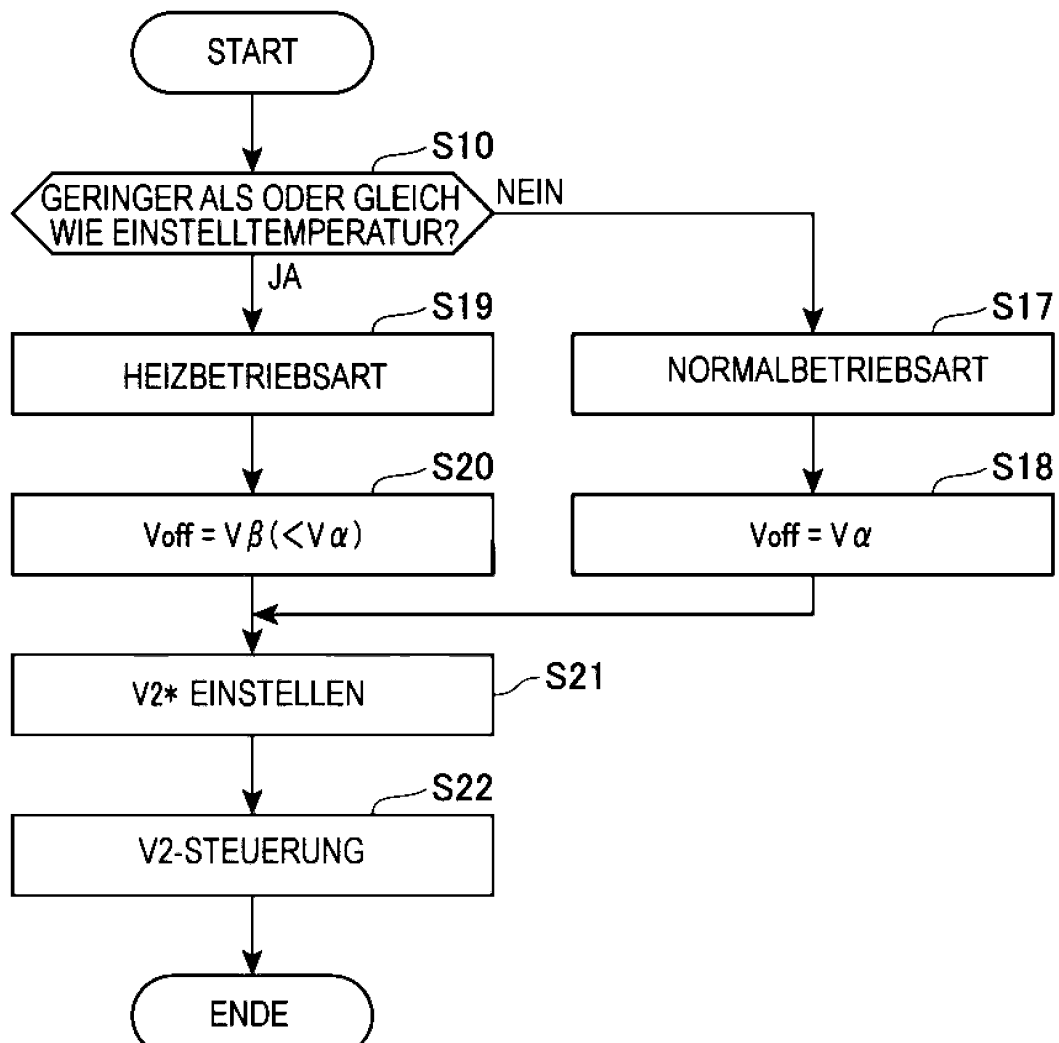


FIG.13



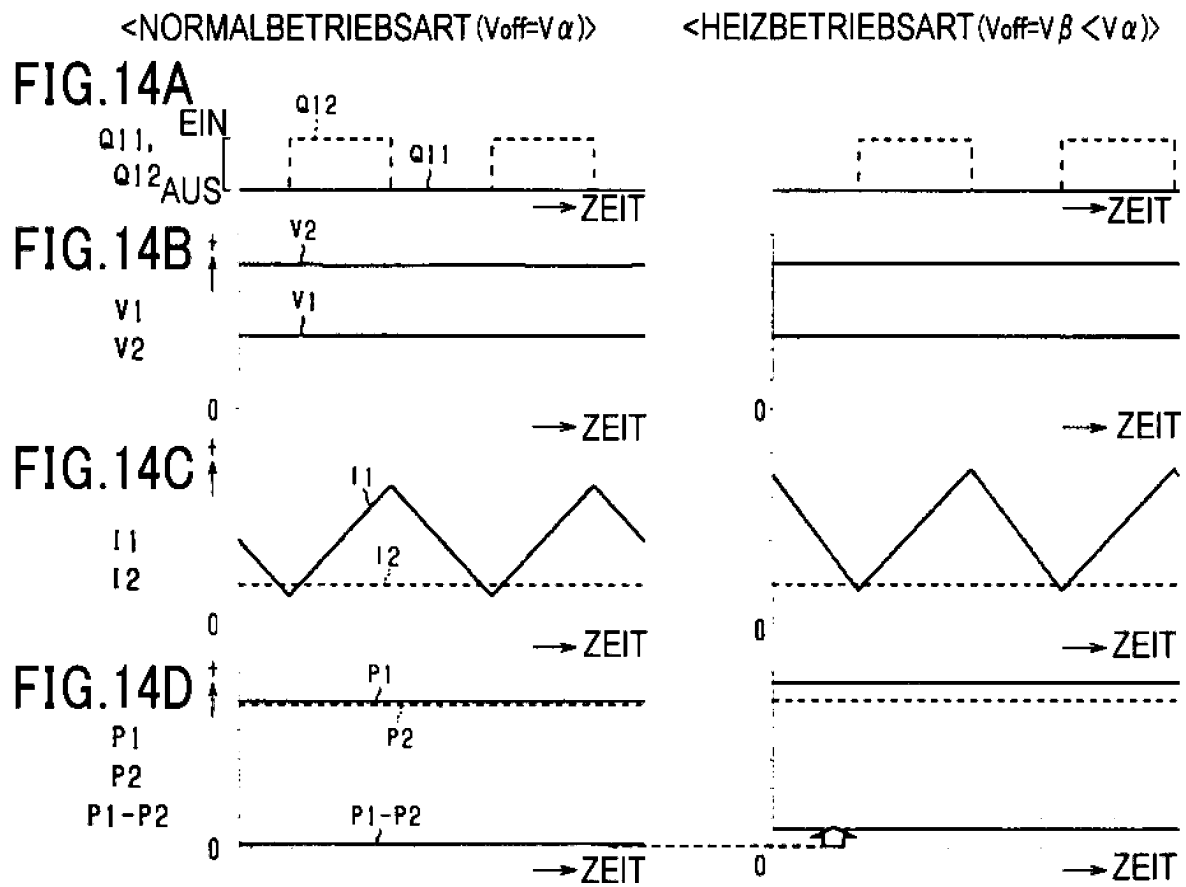


FIG.15

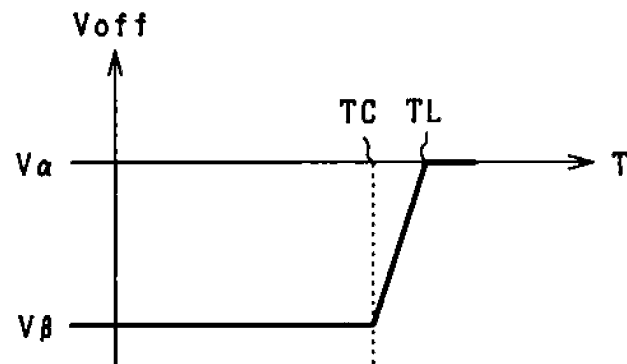
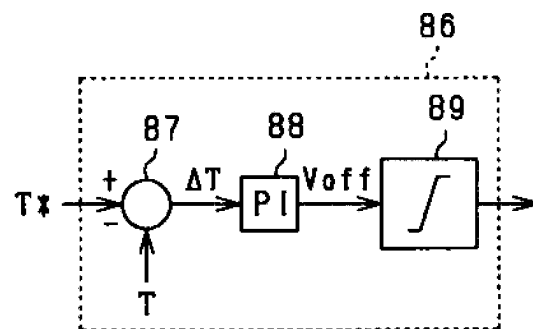
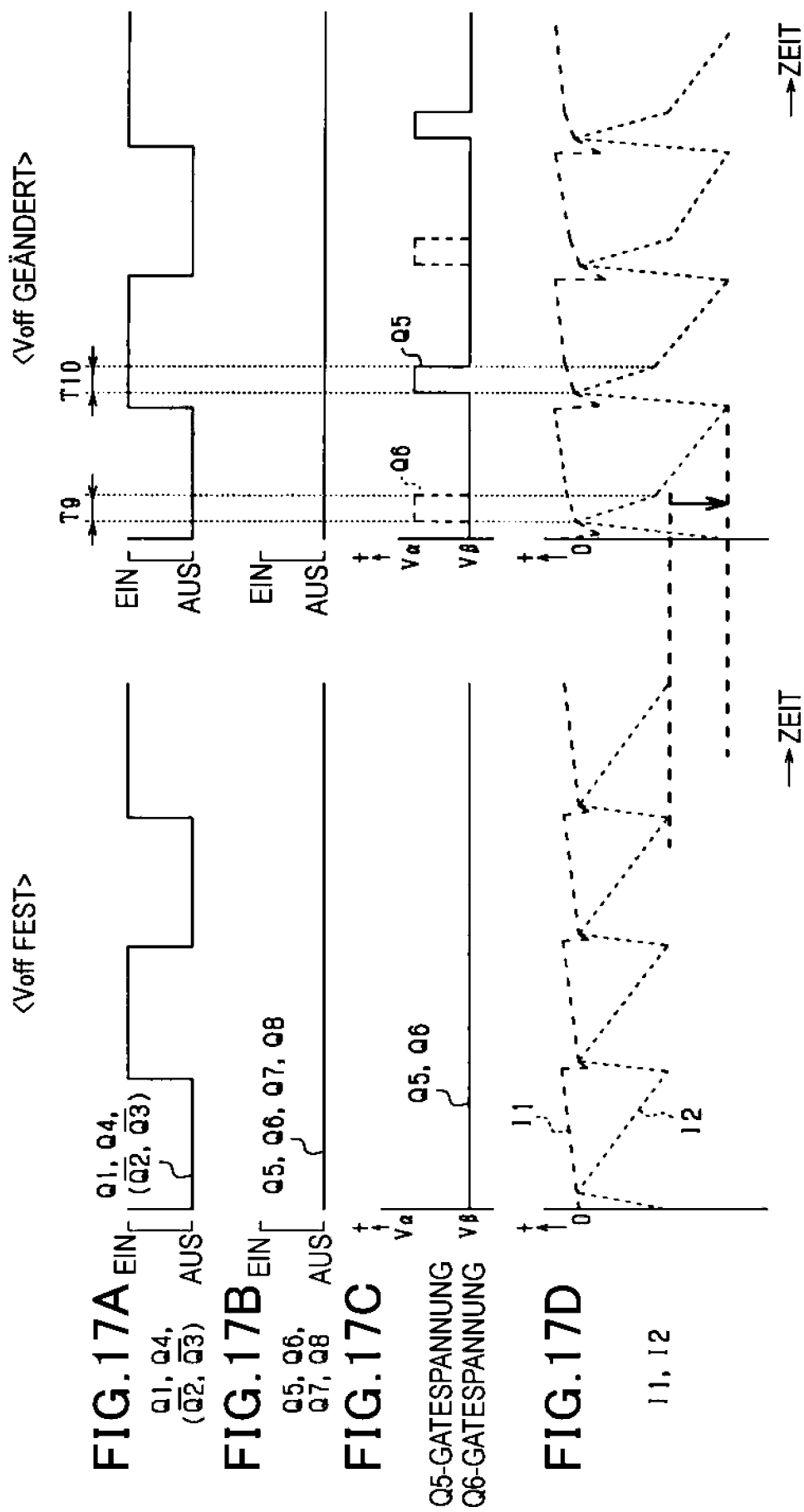


FIG.16





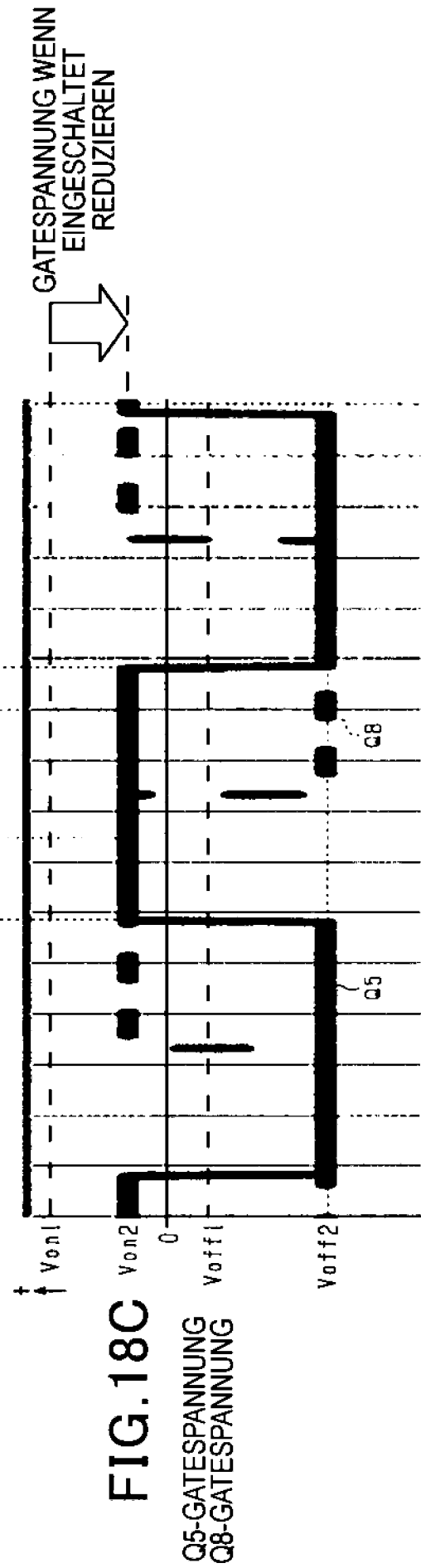
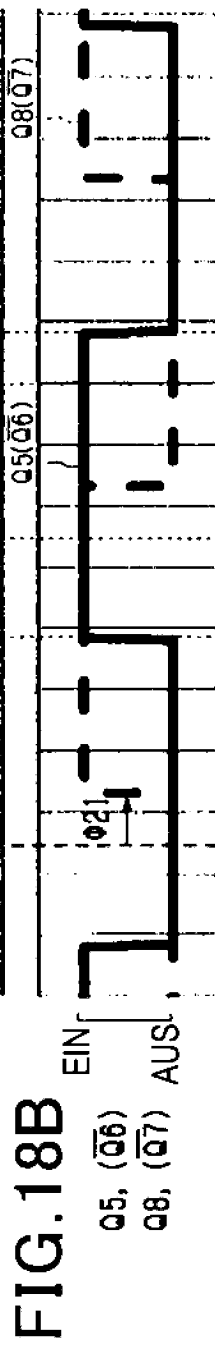
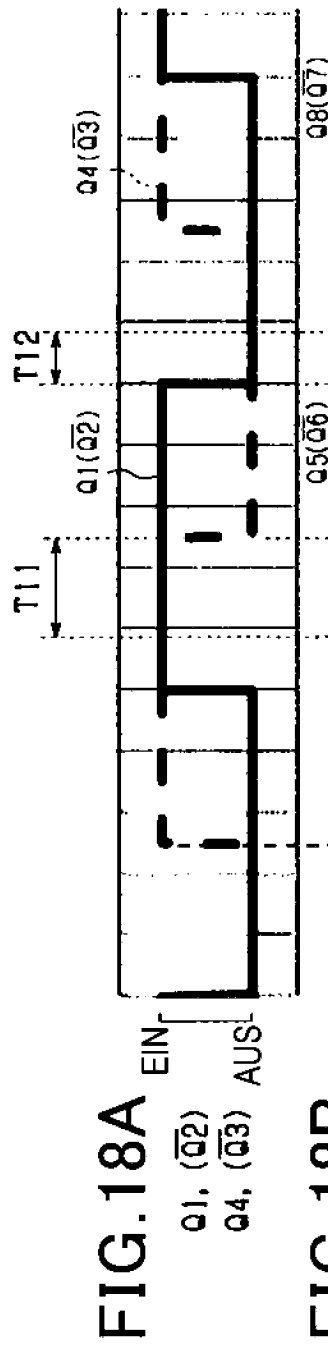


FIG.19A

<T11>

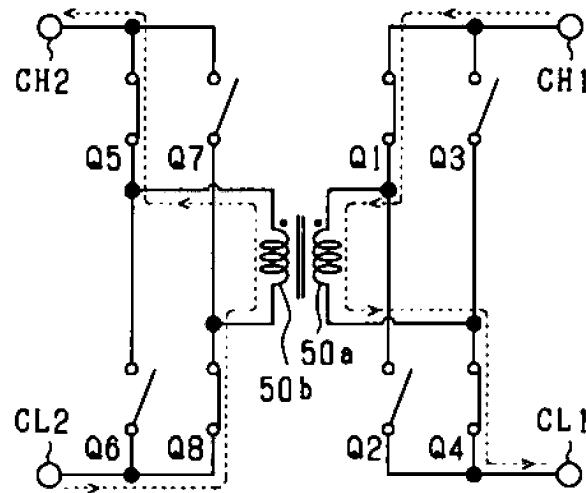


FIG.19B

<T12>

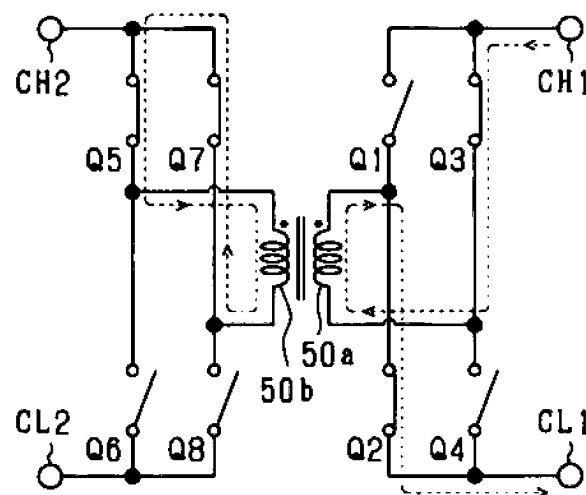


FIG.20

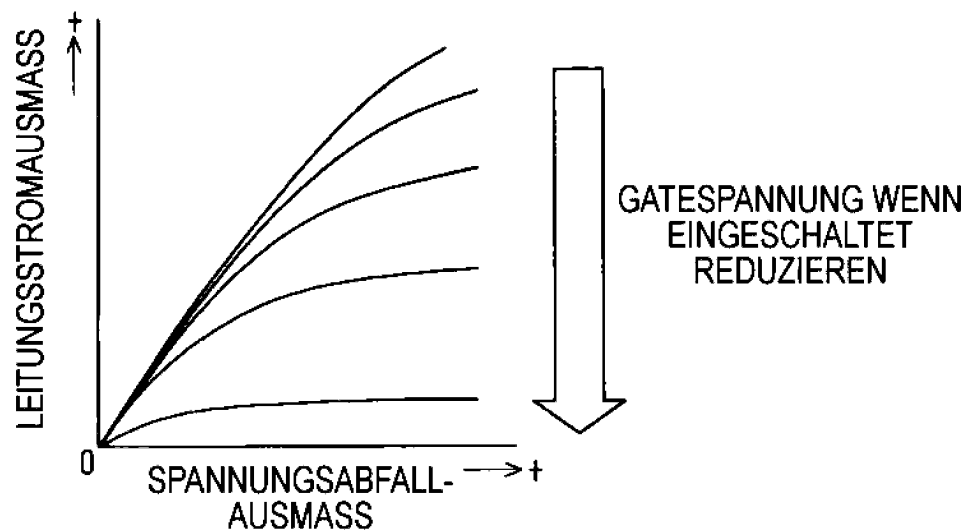
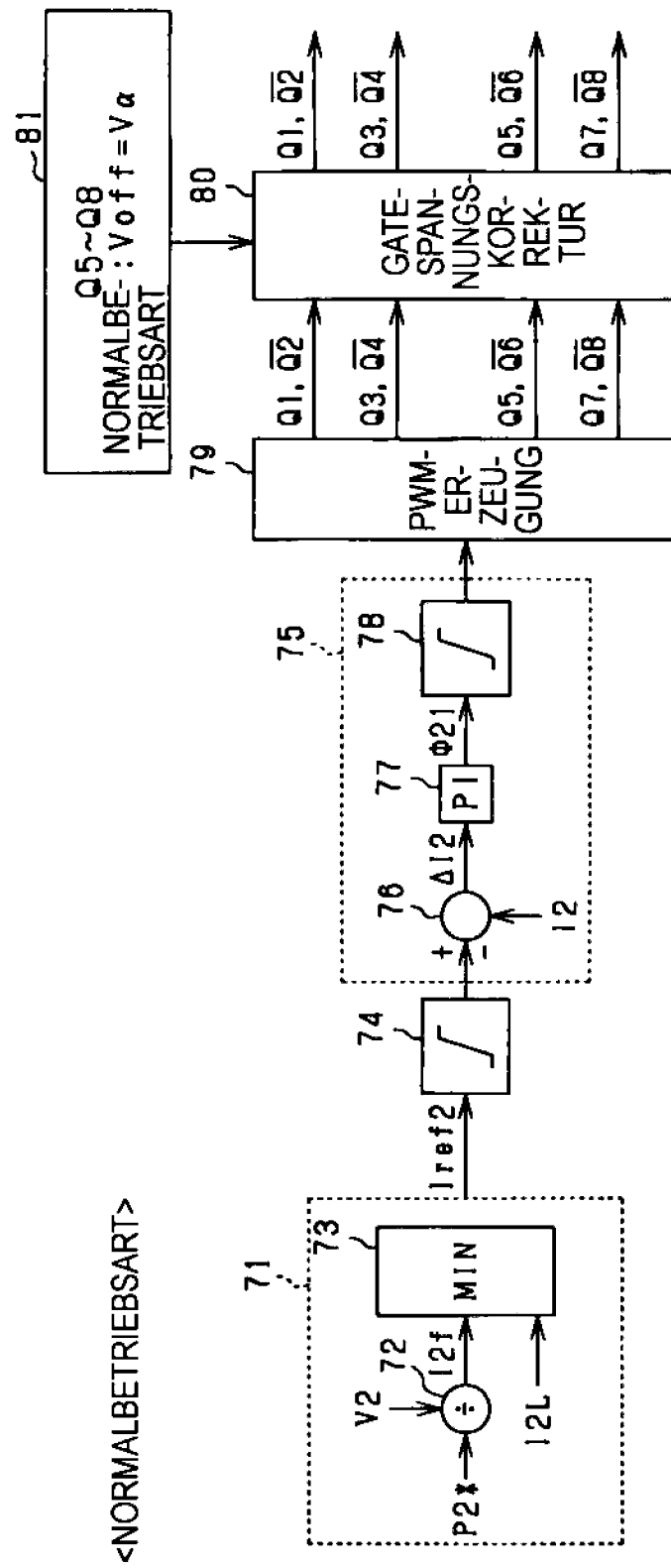


FIG. 21



<NORMALBETRIEBSART>

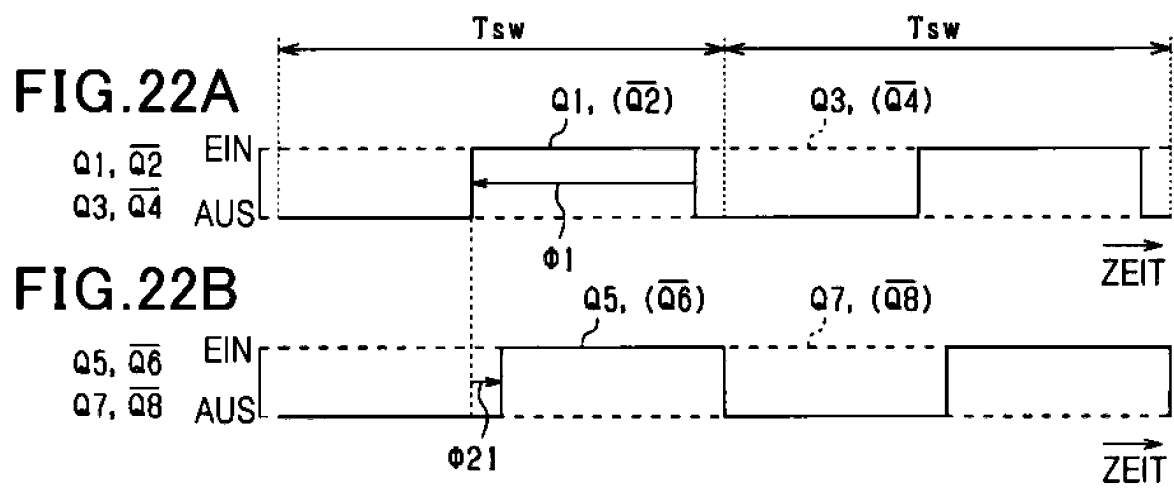


FIG. 23

