



(10) **DE 10 2014 116 371 B4** 2020.02.20

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 116 371.0**
(22) Anmeldetag: **10.11.2014**
(43) Offenlegungstag: **21.05.2015**
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **20.02.2020**

(51) Int Cl.: **H02M 3/335 (2006.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
2013-238913 19.11.2013 JP

(72) Erfinder:
**Muto, Jun, c/o TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI
KAISHA, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(73) Patentinhaber:
**TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA, Toyota-
shi, Aichi-ken, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

(74) Vertreter:
**KUHNEN & WACKER Patent- und
Rechtsanwaltsbüro PartG mbB, 85354 Freising,
DE**

US	6 952 093	B1
US	2009 / 0 284 235	A1
US	2011 / 0 198 933	A1
US	2012 / 0 020 120	A1
US	2012 / 0 299 503	A1
JP	2011- 193 713	A
JP	2009- 278 766	A

(54) Bezeichnung: **Leistungswandlungsvorrichtung und Leistungskorrekturverfahren**

(57) Hauptanspruch: Leistungskorrekturverfahren zur Korrektur übertragener Leistung, die zwischen einer primärseitigen Schaltung (20) und einer sekundärseitigen Schaltung (30) übertragen wird, die mit der primärseitigen Schaltung (20) über eine Drossel verbunden ist und magnetisch mit der primärseitigen Schaltung (20) über einen Transformator gekoppelt ist, und in Übereinstimmung mit einer Phasendifferenz der Schaltaktion der primärseitigen Schaltung (20) und der Schaltaktion der sekundärseitigen Schaltung (30) eingestellt wird, dadurch gekennzeichnet, dass es umfasst:

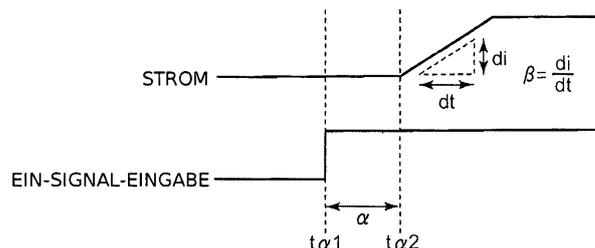
Messen der Steilheit des im ersten Transistor und im zweiten Transistor ...

Schalten durch Einschalten eines ersten Transistors und eines zweiten Transistors, die mit einer negativen Elektrodenbusleitung der primärseitigen Schaltung (20) verbunden sind;

Anlegen einer vorgegebenen Spannung zwischen einer positiven Elektrodenbusleitung und einer negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30);

Schalten durch Einschalten eines dritten Transistors, der mit der positiven Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30) verbunden ist; und eines vierten Transistors, der mit dem dritten Transistor über eine Drossel verbunden ist und mit der negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30);

Messen der Verzögerungszeit seit dem Einschalten des dritten Transistors und des vierten Transistors, bis der Strom beginnt, im ersten Transistor und im zweiten Transistor zu fließen;



Beschreibung

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Leistungswandlungsvorrichtung und ein Leistungskorrekturverfahren.

Beschreibung des Standes der Technik

[0002] Eine Leistungswandlungsvorrichtung, die die zwischen einer primärseitigen Umwandlungsschaltung und einer magnetisch mit dieser gekoppelten sekundärseitigen Umwandlungsschaltung über einen Transformator durch Änderung eines Phasenunterschieds zwischen der Schaltung der primärseitigen Umwandlungsschaltung und der Schaltung der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung übertragene Leistung einstellt, ist bekannt (siehe beispielsweise die Veröffentlichung der japanischen Patentanmeldung Nr. 2011-193713 (JP 2011-193713 A) oder die US 2011/0198933 A1). Weiterer technologischer Hintergrund ist aus der US 2012/0020120 A1, der JP 2009278766 A, der US 2012/0299503 A1, der US 2009/0284235 A1 und der US 6952093 B1 bekannt.

[0003] Weil oft eine Abweichung bei der Schaltungskonstante eines magnetischen Elements, wie einem Transformator, und dem Schaltzeitpunkt der Umwandlungsschaltung, wie der primärseitigen Umwandlungsschaltung, auftritt, ist es jedoch schwierig, nahe bei einem gewünschten Wert der übertragenen Leistung zu sein.

KURZFASSUNG DER ERFINDUNG

[0004] Deshalb ist es eine Aufgabe der Erfindung, eine Leistungsübertragung mit hoher Genauigkeit auszuführen.

[0005] Um die oben genannte Aufgabe zu lösen, besteht ein Aspekt der Erfindung in einem Leistungskorrekturverfahren zur Korrektur übertragener Leistung, die zwischen einer primärseitigen Schaltung und einer sekundärseitigen Schaltung übertragen wird, die mit der primärseitigen Schaltung über eine Drossel verbunden ist und magnetisch mit der primärseitigen Schaltung über einen Transformator gekoppelt ist, und in Übereinstimmung mit einer Phasendifferenz zwischen der Schaltaktion der primärseitigen Schaltung und der Schaltaktion der sekundärseitigen Schaltung eingestellt wird, und einschließt: Schalten durch Einschalten eines ersten Transistors und eines zweiten Transistors, die mit einer negativen Elektrodenbusleitung der primärseitigen Schaltung verbunden sind; Anlegen einer vorgegebenen Spannung zwischen einer positiven Elektrodenbusleitung und

einer negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung; Schalten durch Einschalten eines dritten Transistors, der mit der positiven Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung verbunden ist und eines vierten Transistors, der mit dem dritten Transistor über eine Drossel verbunden ist und mit der negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung; Messen der Verzögerungszeit seit dem Einschalten des dritten Transistors und des vierten Transistors, bis der Strom beginnt, im ersten Transistor und im zweiten Transistor zu fließen; Messen der Steilheit des im ersten Transistor und im zweiten Transistor fließenden Stroms; und Korrigieren der übertragenen Leistung gemäß eines gemessenen Wertes der Steilheit und eines gemessenen Wertes der Verzögerungszeit.

[0006] Gemäß einer Ausführungsform ist es möglich, die Leistungsübertragung mit großer Genauigkeit auszuführen.

Figurenliste

[0007] Merkmale, Vorteile und technische und gewerbliche Besonderheiten beispielhafter Ausführungsformen der Erfindung werden unten unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beschrieben, wobei gleiche Bezugszahlen gleiche Elemente kennzeichnen, und wobei:

Fig. 1 ein Schaltbild ist, das ein Beispiel einer Anordnung einer Leistungswandlungsvorrichtung zeigt;

Fig. 2 eine Darstellung ist, die ein Beispiel der Gestaltung einer Steuereinheit zeigt;

Fig. 3 eine Zeittafel ist, die ein Beispiel der Schaltaktionen einer primärseitigen Schaltung und einer sekundärseitigen Schaltung zeigt;

Fig. 4 ein Schaltbild ist, das ein Beispiel eines Leistungskorrekturverfahrens zeigt; und

Fig. 5 ein Diagramm ist, das ein Beispiel eines Leistungskorrekturverfahrens zeigt.

DETAILLIERTE BESCHREIBUNG
VON AUSFÜHRUNGSFORMEN<Gestaltung einer
Leistungsversorgungsvorrichtung 101>

[0008] Die **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild, das ein Beispiel einer Anordnung einer Leistungsversorgungsvorrichtung **101** zeigt, die als eine Ausführungsform einer Leistungswandlungsvorrichtung dient. Beispielsweise ist die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** ein Leistungsversorgungssystem, das eine Leistungsversorgungsschaltung **10**, eine Steuereinheit **50** und eine Sensoreinheit **70** einschließt. Beispielsweise ist die Leistungsversorgungsvorrichtung **100** ein System, das auf einem Fahrzeug, wie einem Au-

tomobil, angebracht ist und Leistung an verschiedene Lasten des Fahrzeugs abgibt. Ein Hybridfahrzeug, ein Hybridfahrzeug mit Steckverbindung, ein Elektrofahrzeug, und so weiter, können als spezielle Beispiele dieses Fahrzeugs genannt werden.

[0009] Beispielsweise schließt die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** als primärseitige Anschlüsse einen ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ein, mit dem eine einem primärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Last **61a** verbunden ist, und einen zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c**, mit dem eine einem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Last **61c** verbunden ist und eine dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62c**. Die dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62c** versorgt die dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Last **61c** mit Leistung, was durch ein Spannungssystem (beispielsweise ein 12V-System) geschieht, das mit der dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordneten Leistungsversorgung **62c** identisch ist. Außerdem versorgt die dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62c** durch eine in der Leistungsversorgungsschaltung **10** vorgesehene primärseitige Umwandlungsschaltung **20** die dem primärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Last **61a** mit erhöhter Leistung, was durch ein zu dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordneten Leistungsversorgung **62c** unterschiedliches Spannungssystem (beispielsweise ein höheres 48V-Spannungssystem als das 12V-Spannungssystem) geschieht. Eine Sekundärbatterie, wie eine Bleibatterie, kann als spezielles Beispiel für eine dem primärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62c** benannt werden.

[0010] Beispielsweise schließt die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** als sekundärseitige Anschlüsse einen dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ein, mit dem eine dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Last **61b** und eine dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62b** verbunden sind, und einen vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d**, mit dem eine dem sekundärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Last **61d** verbunden ist. Die dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62b** versorgt die dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Last **61b** mit Leistung, was durch ein Spannungssystem (beispielsweise ein 288V-System höher als das 12V-System und das 48V-System) geschieht, das mit der dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordneten Leistungsversorgung **62b** identisch ist. Außerdem versorgt die dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62b** durch eine in der Leistungs-

versorgungsschaltung **10** vorgesehene sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** die dem sekundärseitigen Niederspannungssystem zugeordnete Last **61d** mit abgesenkter Leistung, was durch ein zu dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordneten Leistungsversorgung **62b** unterschiedliches Spannungssystem (beispielsweise ein niedrigeres 72V-Spannungssystem als das 288V-Spannungssystem) geschieht. Eine Sekundärbatterie, wie eine Lithiumionenbatterie, kann als ein spezielles Beispiel für eine dem sekundärseitigen Hochspannungssystem zugeordnete Leistungsversorgung **62b** genannt werden.

[0011] Die Leistungsversorgungsschaltung **10** ist eine Leistungswandlungsschaltung, die die vier oben beschriebenen Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse einschließt und Funktionen zur Auswahl von zwei gewünschten Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen aus den vier Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen und zur Durchführung einer Leistungswandlung zwischen den zwei gewählten Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen aufweist. Außerdem kann die die Leistungsversorgungsschaltung **10** einschließende Leistungsversorgungsvorrichtung **101** eine Vorrichtung sein, die eine Mehrzahl, wenigstens drei, Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse einschließt und geeignet ist, die Leistung zwischen beliebigen zwei Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen aus der Mehrzahl von wenigstens drei Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen umzuwandeln, und die Leistungswandlung zwischen den zwei gewählten Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen durchzuführen. Beispielsweise kann die Leistungsversorgungsschaltung **10** eine Schaltung sein, die drei Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse ohne den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** aufweist.

[0012] Die Anschlussleistungen **Pa**, **Pc**, **Pb**, **Pd** sind Eingabe/Ausgabe-Leistungen (Eingabeleistungen oder Ausgabeleistungen) des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** bzw. des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c**, des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d**. Anschlussspannungen **Va**, **Vc**, **Vb**, **Vd** sind Eingabe/Ausgabe-Spannungen (Eingabespannungen oder Ausgabespannungen) des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** bzw. des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c**, des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d**. Anschlussströme **Ia**, **Ic**, **Ib**, **Id** sind Eingabe/Ausgabe-Ströme (Eingabeströme oder Ausgabeströme) des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** bzw. des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c**, des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d**.

[0013] Die Leistungsversorgungsschaltung **10** schließt einen im ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** vorgesehenen Kondensator **C1** einen

im zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** vorgesehenen Kondensator **C3**, einen im dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** vorgesehenen Kondensator **C2** und einen im vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** vorgesehenen Kondensator **C4** ein. Schichtkondensatoren, Aluminiumelektrolytkondensatoren, Keramikkondensatoren, Polymerelektrolytkondensatoren und so weiter können als spezielle Beispiele für die Kondensatoren **C1**, **C2**, **C3** und **C4** genannt werden.

[0014] Der Kondensator **C1** ist zwischen einer der Seite des Hochpotentials zugeordneten Klemme **613** des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** und des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** eingefügt. Der Kondensator **C3** ist zwischen einer der Seite des Hochpotentials zugeordneten Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** und der der Seite des niedrigen Potentials zugeordneten Klemme **614** des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** und dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** eingefügt. Der Kondensator **C2** ist zwischen einer der Seite des Hochpotentials zugeordneten Klemme **618** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** eingefügt. Der Kondensator **C4** ist zwischen einer der Seite des Hochpotentials zugeordneten Klemme **622** des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d** und der Seite des niedrigen Potentials zugeordneten Klemme **620** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** eingefügt.

[0015] Die Kondensatoren **C1**, **C2**, **C3** und **C4** können entweder innerhalb oder außerhalb der Leistungsversorgungsschaltung **10** vorgesehen sein.

[0016] Die Leistungsversorgungsschaltung **10** ist eine Leistungswandlungsschaltung, die so gestaltet ist, dass sie die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** und eine sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** einschließt. Es ist zu beachten, dass die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** und die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** über eine primärseitige magnetische Koppeldrossel **204** und eine sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304** verbunden sind, und magnetisch durch einen Transformator **400** (einen Transformator mit Mittelanschluss) gekoppelt sind. Ein vom ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** und dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** gebildeter primärseitiger Anschluss ist mit einem vom dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** und dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** gebildeten primärseitiger Anschluss über den Transformator **400** verbunden.

[0017] Die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** ist eine primärseitige Schaltung, die so gestaltet ist, dass sie eine primärseitige Vollbrückenschaltung **200**, den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a**

und den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** einschließt. Die primärseitige Vollbrückenschaltung **200** ist eine primärseitige Leistungswandlungseinheit, die so gestaltet ist, dass sie eine primärseitige Spule **202** des Transformators **400**, die primärseitige magnetische Koppeldrossel **204**, einen primärseitigen ersten oberen Zweig **U1**, einen primärseitigen ersten unteren Zweig **IU1**, einen primärseitigen zweiten oberen Zweig **V1** und einen primärseitigen zweiten unteren Zweig **IV1** einschließt. Dabei werden der primärseitige erste obere Zweig **U1**, der primärseitige erste untere Zweig **IU1**, der primärseitige zweite obere Zweig **V1** und der primärseitige zweite untere Zweig **IV1** durch Schaltelemente gebildet, die jeweils so gestaltet sind, dass sie beispielsweise einen Metalloxidhalbleiterfeldeffekttransistor (MOSFET) der N-Kanal-Bauart und eine Bodydiode einschließen, die als ein parasitäres Element des MOSFET dient. Weitere Dioden können parallel mit dem MOSFET verbunden sein.

[0018] Die primärseitige Vollbrückenschaltung **200** schließt eine mit der hochpotentialseitigen Klemme **613** des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** verbundene, primärseitige positive Elektrodenbusleitung **298** und eine mit der dem niedrigen Potential zugeordneten Klemme **614** des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** und dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** verbundene, primärseitige negative Elektrodenbusleitung **299** ein.

[0019] Eine den primärseitigen ersten oberen Zweig **U1** und den primärseitigen ersten unteren Zweig **IU1** in Reihe verbindende primärseitige erste Zweigschaltung **207** ist zwischen der primärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **298** und der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** angebracht. Die primärseitige erste Zweigschaltung **207** ist eine primärseitige erste Schaltungseinheit zur Leistungswandlung (eine primärseitige Schaltungseinheit zur Leistungswandlung der U-Phase), die geeignet ist, eine Leistungswandlungsaktion durch EIN- und AUS-Schaltung des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1** und des primärseitigen ersten unteren Zweigs **IU1** durchzuführen. Außerdem ist eine den primärseitigen zweiten oberen Zweig **V1** und den primärseitigen zweiten unteren Zweig **IV1** in Reihe verbindende primärseitige zweite Zweigschaltung **211** zwischen der primärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **298** und der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** parallel zur primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** angebracht. Die primärseitige zweite Zweigschaltung **211** ist eine primärseitige zweite Schaltungseinheit zur Leistungswandlung (eine primärseitige Schaltungseinheit zur Leistungswandlung der V-Phase), die geeignet ist, eine Leistungswandlungsaktion durch EIN- und AUS-Schaltung des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1** und des primärseitigen zweiten unteren Zweigs **IV1** durchzuführen.

[0020] Die primärseitige Spule **202** und die primärseitige magnetische Koppeldrossel **204** sind in einem Brückenteil vorgesehen, der einen Mittelpunkt **207m** der primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** mit einem Mittelpunkt **211m** der primärseitigen zweiten Zweigschaltung **211** verbindet. Um die Verbindungsbeziehungen zum Brückenteil mehr im Detail zu beschreiben, ist ein Ende der primärseitigen ersten Drossel **204a** der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204** mit dem Mittelpunkt **207m** der primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** verbunden, und ein Ende der primärseitigen Spule **202** mit dem anderen Ende der primärseitigen ersten Drossel **204a**. Außerdem ist ein Ende einer primärseitigen zweiten Drossel **204b** der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204** mit dem anderen Ende der primärseitigen Spule **202** verbunden, und das andere Ende der primärseitigen zweiten Drossel **204b** mit dem Mittelpunkt **211m** der primärseitigen zweiten Zweigschaltung **211**. Es ist zu beachten, dass die primärseitige magnetische Koppeldrossel **204** so gestaltet ist, dass sie die primärseitige erste Drossel **204a** und die primärseitige zweite Drossel **204b** einschließt, die mit der primärseitigen ersten Drossel **204a** mit einem Koppelkoeffizienten k_1 magnetisch gekoppelt ist.

[0021] Der Mittelpunkt **207m** ist ein primärseitiger erster Zwischenknoten zwischen dem primärseitigen ersten oberen Zweig **U1** und dem primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1**, und der Mittelpunkt **211m** ist ein primärseitiger zweiter Zwischenknoten zwischen dem primärseitigen zweiten oberen Zweig **V1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1**.

[0022] Der erste Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ist ein zwischen der primärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **298** und der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** vorgesehener Anschluss. Der erste Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ist so gestaltet, dass er die Klemme **613** und die Klemme **614** einschließt. Der zweite Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** ist ein zwischen der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** und einem Mittelanschluss **202m** der primärseitigen Spule **202** vorgesehener Anschluss. Der zweite Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** ist so gestaltet, dass er die Klemme **614** und die Klemme **616** einschließt.

[0023] Der Mittelanschluss **202m** ist mit der der zweiten Seite des Hochpotentials zugeordneten Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** verbunden. Der Mittelanschluss **202m** ist ein Zwischenverbindungspunkt zwischen einer primärseitigen ersten Wicklung **202a** und einer primärseitigen zweiten Wicklung **202b**, die die primärseitige Spule **202** bilden.

[0024] Die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** ist eine sekundärseitige Schaltung, die so ge-

staltet ist, dass sie eine sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300**, den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** und den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** einschließt. Die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** ist eine sekundärseitige Leistungswandlungseinheit, die so gestaltet ist, dass sie eine sekundärseitige Spule **302** des Transformators **400**, die sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304**, einen sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2**, einen sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2**, einen sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und einen sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **/V2** einschließt. Dabei werden der sekundärseitige erste obere Zweig **U2**, der sekundärseitige erste untere Zweig **/U2**, der sekundärseitige zweite obere Zweig **V2** und der sekundärseitige zweite untere Zweig **/V2** durch Schaltelemente gebildet, die jeweils so gestaltet sind, dass sie beispielsweise einen MOSFET der N-Kanal-Bauart und eine Bodydiode einschließen, die als ein parasitäres Element des MOSFET dient. Weitere Dioden können parallel mit dem MOSFET verbunden sein.

[0025] Die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** schließt eine mit der hochpotentialseitigen Klemme **618** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** verbundene, sekundärseitige positive Elektrodenbusleitung **298** und eine mit der dem niedrigen Potential zugeordneten Klemme **620** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** verbundene, sekundärseitige negative Elektrodenbusleitung **399** ein.

[0026] Eine den sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2** und den primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** in Reihe verbindende erste Zweigschaltung **307** ist zwischen der sekundärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** angebracht. Die sekundärseitige erste Zweigschaltung **307** ist eine sekundärseitige erste Schaltungseinheit zur Leistungswandlung (eine sekundärseitige Schaltungseinheit zur Leistungswandlung der U-Phase), die geeignet ist, eine Leistungswandlungsaktion durch EIN- und AUS-Schaltung des sekundärseitigen ersten oberen Zweigs **U2** und des sekundärseitigen ersten unteren Zweigs **/U2** durchzuführen. Außerdem ist eine den sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und den sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **/V2** in Reihe verbindende sekundärseitige zweite Zweigschaltung **311** zwischen der sekundärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** parallel zur sekundärseitigen ersten Zweigschaltung **307** angebracht. Die sekundärseitige zweite Zweigschaltung **311** ist eine sekundärseitige zweite Schaltungseinheit zur Leistungswandlung (eine primärseitige Schaltungseinheit zur Leistungswandlung der V-Phase), die geeignet ist, eine Leistungswandlungsaktion durch EIN- und AUS-Schal-

tung des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** und des sekundärseitigen zweiten unteren Zweigs **IV2** durchzuführen.

[0027] Die sekundärseitige Spule **302** und die sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304** sind in einem den Mittelpunkt **307m** der sekundärseitigen ersten Zweigschaltung **307** mit dem Mittelpunkt **311m** der sekundärseitigen zweiten Zweigschaltung **311** verbindenden Brückenteil vorgesehen. Um die Verbindungsbeziehungen zum Brückenteil mehr im Detail zu beschreiben, ist ein Ende der sekundärseitigen ersten Drossel **304a** der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel **304** mit dem Mittelpunkt **307m** der sekundärseitigen ersten Zweigschaltung **307** verbunden, und ein Ende der sekundärseitigen Spule **302** mit dem anderen Ende der sekundärseitigen ersten Drossel **304a**. Außerdem ist ein Ende einer sekundärseitigen zweiten Drossel **304b** der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel **304** mit dem anderen Ende der sekundärseitigen Spule **302** verbunden, und das andere Ende der sekundärseitigen zweiten Drossel **304b** mit dem Mittelpunkt **311m** der sekundärseitigen zweiten Zweigschaltung **311**. Es ist zu beachten, dass die sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304** so gestaltet ist, dass sie die sekundärseitige erste Drossel **304a** und die sekundärseitige zweite Drossel **304b** einschließt, die mit der ersten sekundärseitigen ersten Drossel **304a** mit einem Koppelkoeffizienten k_2 magnetisch gekoppelt ist.

[0028] Der Mittelpunkt **307m** ist ein sekundärseitiger erster Zwischenknoten zwischen dem sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2** und dem sekundärseitigen ersten unteren Zweig **IV2**, und der Mittelpunkt **311m** ist ein sekundärseitiger zweiter Zwischenknoten zwischen dem sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und dem sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **IV2**.

[0029] Der dritte Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ist ein zwischen der sekundärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** vorgesehener Anschluss. Der dritte Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ist so gestaltet, dass er die Klemme **618** und die Klemme **620** einschließt. Der vierte Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ist ein zwischen der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** und einem Mittelanschluss **302m** der sekundärseitigen Spule **302** vorgesehener Anschluss. Der vierte Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ist so gestaltet, dass er die Klemme **620** und die Klemme **622** einschließt.

[0030] Der Mittelanschluss **302m** ist mit der hochpotentialseitigen Klemme **622** des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d** verbunden. Der Mittelanschluss **302m** ist ein Zwischenbindungspunkt zwischen einer sekundärseitigen ersten Wicklung **302a**

und einer sekundärseitigen zweiten Wicklung **302b**, die die sekundärseitige Spule **302** bilden.

[0031] In Fig. 1 schließt die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** die Sensoreinheit **70** ein. Die Sensoreinheit **70** dient als Ermittlungselement, das einen Eingabe/Ausgabe-Wert **Y** wenigstens eines der ersten bis vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **60a**, **60c**, **60b** und **60d** mit vorgegebenen Intervallen der Ermittlungsperioden feststellt und einen Ermittlungswert **Yd** entsprechend dem ermittelten Eingabe/Ausgabe-Wert **Y** an die Steuereinheit **50** ausgibt. Der Ermittlungswert **Yd** kann eine festgestellte Spannung sein, die durch Ermittlung der Eingabe/Ausgabe-Spannung erhalten wird, ein festgestellter Strom, der durch Ermittlung des Eingabe/Ausgabe-Stroms erhalten wird, oder eine festgestellte Leistung, die durch Ermittlung der Eingabe/Ausgabe-Leistung erhalten wird. Die Sensoreinheit **70** kann entweder innerhalb oder außerhalb der Leistungsversorgungsschaltung **10** vorgesehen sein.

[0032] Die Sensoreinheit **70** schließt beispielsweise eine Spannungsermittlungseinheit ein, die die in wenigstens einem der ersten bis vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **60a**, **60c**, **60b** und **60d** erzeugte Eingabe/Ausgabe-Spannung feststellt. Beispielsweise schließt die Sensoreinheit **70** eine primärseitige Spannungsermittlungseinheit ein, die wenigstens eine festgestellte Spannung der Eingabe/Ausgabe-Spannung **Va** und der Eingabe/Ausgabe-Spannung **Vc** als einen primärseitigen Spannungsermittlungswert ausgibt, und eine sekundärseitige Spannungsermittlungseinheit, die wenigstens eine festgestellte Spannung der Eingabe/Ausgabe-Spannung **Vb** und der Eingabe/Ausgabe-Spannung **Vd** als einen sekundärseitigen Spannungsermittlungswert ausgibt.

[0033] Die Spannungsermittlungseinheit der Sensoreinheit **70** schließt beispielsweise einen Spannungssensor ein, der einen Eingabe/Ausgabe-Spannungswert wenigstens eines Anschlusses überwacht, und eine Spannungsermittlungsschaltung, die eine festgestellte Spannung, die der vom Spannungssensor ermittelten Eingabe/Ausgabe-Spannung entspricht, an die Steuereinheit **50** ausgibt.

[0034] Die Sensoreinheit **70** schließt beispielsweise eine Stromermittlungseinheit ein, die den Eingabe/Ausgabe-Strom feststellt, der durch wenigstens einen der ersten bis vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **60a**, **60c**, **60b** und **60d** fließt. Beispielsweise schließt die Sensoreinheit **70** eine primärseitige Stromermittlungseinheit ein, die wenigstens einen ermittelten Strom von einem Eingabe/Ausgabe-Strom **Ia** und einem Eingabe/Ausgabe-Strom **Ic** als einen primärseitigen Stromermittlungswert ausgibt, und eine sekundärseitige Stromermittlungseinheit, die wenigstens einen ermittelten Strom von einem Eingabe/Ausgabe-Strom **Ib** und einem Eingabe/Ausgabe-

Strom **I_d** als einen sekundärseitigen Stromermittlungswert ausgibt.

[0035] Die Stromermittlungseinheit des Sensors **70** schließt beispielsweise einen Stromsensor ein, der einen Eingabe/Ausgabe-Stromwert wenigstens eines Anschlusses überwacht, und eine Stromermittlungsschaltung, die an die Steuereinheit **50** einen festgestellten Strom ausgibt, der dem durch den Stromsensor ermittelten Eingabe/Ausgabe-Stromwert entspricht.

[0036] Die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** schließt die Steuereinheit **50** ein. Beispielsweise ist die Steuereinheit **50** eine elektronische Schaltung, die einen Mikrocomputer einschließt, der eine eingebaute Zentraleinheit (CPU) besitzt. Die Steuereinheit **50** kann entweder innerhalb oder außerhalb der Leistungsversorgungsschaltung **10** vorgesehen sein.

[0037] Die Steuereinheit **50** steuert durch Feedback eine von der Leistungsversorgungsschaltung **10** durchgeführte Leistungswandlungsaktion derart, dass der festgestellte Wert **Y_d** des Eingabe/Ausgabe-Werts **Y** wenigstens eines der ersten bis vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **60a**, **60c**, **60b** und **60d** sich einem für den Anschluss festgesetzten Zielwert **Y_o** annähert. Beispielsweise ist der Zielwert **Y_o** ein Befehlswert, der von der Steuereinheit **50** oder einer vorbestimmten anderen Vorrichtung als der Steuereinheit **50** auf der Basis von Betriebsbedingungen eingestellt wird, die in Bezug auf die entsprechenden, mit den Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen verbundenen Lasten (beispielsweise die primärseitige Last **61c** des Niederspannungssystems und so weiter) definiert sind. Der Zielwert **Y_o** fungiert als ein Ausgangszielwert, wenn Leistung aus dem Anschluss abgegeben wird, und als ein Eingangszielwert, wenn Leistung über den Anschluss eingegeben wird, und kann ein Zielspannungswert, ein Zielstromwert, oder ein Zielleistungswert sein.

[0038] Außerdem steuert die Steuereinheit **50** durch Feedback die durch die Leistungswandlungsschaltung **10** ausgeführte Leistungswandlungsaktion, wie eine zwischen der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** über den Transformator **400** übertragene Leistung **P** sich einer festgesetzten Zielübertragungsleistung **P_o** annähert. Die übertragene Leistung kann auch als Leistungsübertragungsmenge bezeichnet werden. Beispielsweise ist die Zielübertragungsleistung **P_o** ein Befehlswert, der von der Steuereinheit **50** oder einer vorbestimmten anderen Vorrichtung als der Steuereinheit **50** auf der Basis einer Abweichung zwischen dem festgestellten Wert **Y_d** und dem Zielwert **Y_o** an einem der Anschlüsse eingestellt wird.

[0039] Die Steuereinheit **50** steuert die von der Leistungsversorgungsschaltung **10** durchgeführte Leistungswandlungsaktion durch Feedback durch Veränderung eines vorgegebenen Steuerungsparameters **X** und ist dadurch geeignet, die entsprechenden Eingabe/Ausgabe-Werte **Y** der ersten bis vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse **60a**, **60c**, **60b** und **60d** der Leistungsversorgungsschaltung **10** einzustellen. Steuerungsvariable, wie ein Phasenunterschied ϕ , eine relative Einschaltdauer **D** (eine EIN-Zeit δ) und eine äquivalente Induktivität **L** werden als hauptsächliche Steuerungsparameter **X** benutzt.

[0040] Die Phasendifferenz ϕ ist einer Abweichung (eine Zeitverschiebung) zwischen Schaltzeitpunkten phasenidentischer Leistungswandlungs-Schaltungseinheiten der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** und der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300**. Die Einschaltdauer **D** (die EIN-Zeit δ) ist eine Einschaltdauer **D** (die EIN-Zeit δ) zwischen Schaltungswellenformen der entsprechenden Leistungswandlungs-Schaltungseinheiten, die die primärseitige Vollbrückenschaltung **200** und die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** bilden.

[0041] Die äquivalente Induktivität **L** ist bestimmt durch die Streuinduktivität des magnetischen Elements und ist eine kombinierte Induktivität, die durch Kombination der Streuinduktivität der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204**, der Streuinduktivität der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel **304** und der Streuinduktivität des Transformators **400** erhalten wird.

[0042] Die obigen Steuerungsparameter **X** können unabhängig voneinander gesteuert werden. Die Steuereinheit **50** verändert die Eingabe/Ausgabe-Werte **Y** der entsprechenden Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse der Leistungsversorgungsschaltung **10** durch Ausführung der Einschaltdauersteuerung und/oder äquivalenter Induktivitätssteuerung und/oder Phasensteuerung bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** und der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** unter Verwendung der Phasendifferenz ϕ , der äquivalenten Induktivität **L** und der Einschaltdauer **D** (die EIN-Zeit δ).

[0043] Die Fig. 2 ist ein Blockdiagramm der Steuereinheit **50**. Die Steuereinheit **50** ist eine Steuereinheit, die eine Funktion zur Ausführung einer Schaltungssteuerung bei den entsprechenden Schaltelementen der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20**, wie dem primärseitigen ersten oberen Zweig **U1**, und den entsprechenden Schaltelementen der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**, wie dem sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2**, aufweist. Die Steuereinheit **50** ist so gestaltet, dass sie eine Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung einschließt, eine Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ , eine Prozessor-

einheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ , eine primärseitige Schaltungsprozessoreinheit **508** und eine sekundärseitige Schaltungsprozessoreinheit **510**. Beispielsweise ist die Steuereinheit **50** eine elektronische Schaltung, die einen Mikrocomputer mit einer eingebauten CPU einschließt.

[0044] Beispielsweise wählt die Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung, beispielsweise auf der Basis eines vorgegebenen externen Signals (z.B. ein Signal, das die Abweichung zwischen dem ermittelten Wert Y_d und dem Zielwert Y_o an einem der Anschlüsse anzeigt) eine Betriebsart unter den Leistungswandlungsarten **A** bis **L** der Leistungswandlungsschaltung **10** aus und stellt sie ein, wie unten beschrieben wird. Was die Leistungswandlungsarten betrifft, so wird bei der Art **A** die Leistungseingabe vom ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** umgewandelt und an den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** ausgegeben. Bei der Art **B** wird die Leistungseingabe vom ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** umgewandelt und an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ausgegeben. Bei der Art **C** wird die Leistungseingabe vom ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** umgewandelt und an den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ausgegeben.

[0045] Bei der Art **D** wird die Leistungseingabe vom zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** umgewandelt und an den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ausgegeben. Bei der Art **E** wird die Leistungseingabe vom zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** umgewandelt und an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ausgegeben. Bei der Art **F** wird die Leistungseingabe vom zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** umgewandelt und an den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ausgegeben.

[0046] Bei der Art **G** wird die Leistungseingabe vom dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** umgewandelt und an den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ausgegeben. Bei der Art **H** wird die Leistungseingabe vom dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** umgewandelt und an den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** ausgegeben. Bei der Art **I** wird die Leistungseingabe vom dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** umgewandelt und an den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ausgegeben.

[0047] Bei der Art **J** wird die Leistungseingabe vom vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** umgewandelt und an den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ausgegeben. Bei der Art **K** wird die Leistungseingabe vom vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** umgewandelt und an den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** ausgegeben. Bei der Art **L** wird die Leistungseingabe vom vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** umgewandelt und an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ausgegeben.

[0048] Die Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ besitzt eine Funktion, die eine Phasendifferenz ϕ zwischen Bewegungen der Schaltperioden der Schaltelemente zwischen der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** einstellt, um die Leistungsversorgungsschaltung **10** zu veranlassen, als Gleichstrom-Gleichstrom-(DC-DC)-Umwandlungsschaltung zu fungieren.

[0049] Die Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ besitzt eine Funktion zur Einstellung einer EIN-Zeit δ der Schaltelemente der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**, um die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** und die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** zu veranlassen, jeweils als Hochstufungsschaltung/Herabstufungsschaltung zu fungieren.

[0050] Die primärseitige Schaltungsprozessoreinheit **508** besitzt eine Funktion zur Durchführung einer Schaltungssteuerung bei den jeweiligen Schaltelementen, die vom primärseitigen ersten oberen Zweig **U1**, dem primärseitigen ersten unteren Zweig **I1**, dem primärseitigen zweiten oberen Zweig **V1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **I1** gebildet werden, basierend auf Ausgaben der Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung, der Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ und der Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ .

[0051] Die sekundärseitige Schaltungsprozessoreinheit **510** besitzt eine Funktion zur Durchführung einer Schaltungssteuerung bei den jeweiligen Schaltelementen, die vom sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2**, dem sekundärseitigen ersten unteren Zweig **I2**, dem sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und dem sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **I2** gebildet werden, basierend auf Ausgaben der Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung, der Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ und der Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ .

[0052] Die von der Steuereinheit **50** eingeschlossenen Prozessoreinheiten sind nicht auf die Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung, die Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ , die Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ , die primärseitige Schaltungsprozessoreinheit **508** und die sekundärseitige Schaltungsprozessoreinheit **510**, wie oben beschrieben, beschränkt. Wie später im Detail beschrieben wird, kann beispielsweise die Steuereinheit **50** eine Prozessoreinheit zum Anlegen einer Spannung einschließen, die eine vorgegebene Spannung an jeden Eingabe/Ausgabe-Anschluss (beispielsweise den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a**, den

zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c**, den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** und den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d**) anlegt, eine Prozessoreinheit zur Messung der Verzögerungszeit, um die Verzögerungszeit zu messen, eine Prozessoreinheit zur Messung der Steilheit des in jedem Schaltelement fließenden Stroms, eine Berechnungsprozessoreinheit zur Berechnung einer äquivalenten Induktivität, und dergleichen. Das heißt, die Steuereinheit **50** ist geeignet, verschiedene Verfahren durchzuführen, die zur Steuerung der übertragenen Leistung erforderlich sind.

<Aktion der Leistungsversorgungsvorrichtung 101>

[0053] Eine Aktion der Leistungsversorgungsvorrichtung **101** mit der obigen Gestaltung wird nun anhand der **Fig. 1** und **Fig. 2** beschrieben. Wenn beispielsweise ein externes Signal eingegeben wird, das eine Aktion anfordert, durch die die Art der Leistungswandlung der Leistungsversorgungsschaltung **10** auf die Art **F** eingestellt wird, stellt die Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung in der Steuerschaltung **50** die Art der Leistungswandlung auf die Art **F** ein. Zu diesem Zeitpunkt wird eine Spannungseingabe in den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** durch eine Hochstufungsfunktion in der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** hochgestuft, worauf die die hochgestufte Spannung aufweisende Leistung durch eine die Funktion eines Gleichstrom-Gleichstrom-Wandlers aufweisende Leistungsversorgungsschaltung **10** an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** übertragen wird, durch eine Herabstufungsaktion der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** herabgestuft wird und dann aus dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ausgegeben wird.

[0054] Hier wird nun eine Hochstufungs-/Herabstufungsfunktion der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** im Detail beschrieben. Unter Fokussierung auf den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** und den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ist die Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** mit dem Mittelpunkt **207m** der primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** über die primärseitige erste Wicklung **202a** verbunden, und die primärseitige erste Drossel **204a** in Reihe mit der primärseitigen ersten Wicklung **202a**. Entsprechende Enden der primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** sind mit dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** verbunden, und als Ergebnis ist eine Hochstufungs-/Herabstufungsschaltung zwischen der Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** und dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** angebracht.

[0055] Die Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** ist auch mit dem Mittelpunkt **211m** der primärseitigen zweiten Zweigschaltung **211**

über die primärseitige zweite Wicklung **202b** verbunden, und die primärseitige zweite Drossel **204b** ist in Reihe mit der primärseitigen zweiten Wicklung **202b** verbunden. Entsprechende Enden der primärseitigen zweiten Zweigschaltung **211** sind mit dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** verbunden, und als Ergebnis ist parallel eine Hochstufungs-/Herabstufungsschaltung zwischen der Klemme **616** des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c** und dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** angebracht. Es ist zu beachten, dass zwei Hochstufungs-/Herabstufungsschaltungen gleichermaßen parallel zwischen der Klemme **622** des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d** und dem dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** verbindend angeschlossen sind, weil die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** eine Schaltung ist, die eine im wesentlichen identische Gestaltung mit der der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** besitzt. Deshalb hat die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** eine identische Hochstufungs-/Herabstufungsfunktion mit jener der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20**.

[0056] Als Nächstes wird die Funktion der Leistungsversorgungsschaltung **10** als eine DC-DC-Umwandlungsschaltung im Detail beschrieben. Unter Fokussierung auf den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** und den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** ist die primärseitige Vollbrückenschaltung **200** mit dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** verbunden, und die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** ist mit dem dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** verbunden. Wenn die im Brückenteil der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** vorgesehene, primärseitige Spule **202** und die im Brückenteil der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** vorgesehene, sekundärseitige Spule **302** magnetisch mit einem Kopplungskoeffizienten k_T gekoppelt sind, fungiert der Transformator **400** als ein Transformator mit Mittelanschluss, der eine Windungszahl 1:N aufweist. Somit kann durch Einstellen der Phasendifferenz ϕ zwischen Bewegungen der Schaltperioden der Schaltelemente in der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** und der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** die Leistungseingabe in den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** umgewandelt und an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** übertragen oder die Leistungseingabe in den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** umgewandelt und an den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** übertragen werden.

[0057] Die **Fig. 3** ist eine Ansicht, die eine Zeit-Wellenform der sich durch die von der Steuereinheit **50** durchgeführten Steuerung ergebenden Wellenformen der EIN/AUS-Schaltung der entsprechenden Zweige zeigt, die in der Leistungsversorgungsschaltung **10** vorgesehen sind. In **Fig. 3** ist **V1** eine EIN/AUS-Wellenform des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1**, **U2** eine EIN/AUS-Wellenform des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **U2**.

därseitigen ersten oberen Zweigs **U2** und **V2** eine EIN/AUS-Wellenform des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2**. EIN/AUS-Wellenformen des primärseitigen ersten unteren Zweigs **U1**, des primärseitigen zweiten unteren Zweigs **V1**, des sekundärseitigen ersten unteren Zweigs **U2** und des sekundärseitigen zweiten unteren Zweigs **V2** sind (nicht gezeigte) umgekehrte Wellenformen, die durch entsprechendes Invertieren der EIN/AUS-Wellenformen des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1**, des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1**, des sekundärseitigen ersten oberen Zweigs **U2** und des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** erhalten werden. Es ist zu beachten, dass vorzugsweise eine Totzeit zwischen den entsprechenden EIN/AUS-Wellenformen der oberen und unteren Zweige vorgesehen ist, um zu verhindern, dass ein Durchgangsstrom fließt, wenn sowohl die oberen als auch die unteren Zweige auf EIN geschaltet sind. Außerdem zeigt in **Fig. 3** ein hohes Niveau einen EIN-Zustand an und ein niedriges Niveau einen AUS-Zustand.

[0058] Dabei können durch Modifizierung der entsprechenden EIN-Zeiten **5** von **U1**, **V1**, **U2** und **V2** hochstufende/herabstufende Verhältnisse der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** modifiziert werden. Beispielsweise kann dadurch, dass die entsprechenden EIN-Zeiten δ von **U1**, **V1**, **U2** und **V2** einander gleich gemacht werden, das hochstufende/herabstufende Verhältnis der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** gleich dem hochstufenden/herabstufenden Verhältnis der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** gemacht werden.

[0059] Die Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ macht die entsprechenden EIN-Zeiten δ **U1**, **V1**, **U2** und **V2** einander gleich (entsprechende EIN-Zeiten δ = primärseitige EIN-Zeiten δ_{11} = sekundärseitige EIN-Zeiten δ_{12} = Zeitwert α), so dass die entsprechenden hochstufenden/herabstufenden Verhältnisse der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** einander gleich sind.

[0060] Das hochstufende/herabstufende Verhältnis der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** wird bestimmt durch die Einschaltdauer **D**, die eine Proportion einer Schaltperiode **T** der Schaltelemente (Zweige) ist, die von der EIN-Zeit δ in Anspruch genommen wird. In ähnlicher Weise wird das hochstufende/herabstufende Verhältnis der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** bestimmt durch die Einschaltdauer **D**, die eine Proportion der Schaltperiode **T** der Schaltelemente (Zweige) ist, die die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** bilden, die von der EIN-Zeit δ in Anspruch genommen wird. Das hochstufende/herabstufende Verhältnis der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** ist ein Umwandlungsverhältnis zwischen dem ersten Eingabe/Aus-

gabe-Anschluss **60a** und dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c**, während das hochstufende/herabstufende Verhältnis der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** ein Umwandlungsverhältnis zwischen dem dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** und dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** ist.

[0061] Deshalb ergibt sich beispielsweise, das hochstufende/herabstufende Verhältnis der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** = die Spannung des zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60c**/die Spannung des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** = $\delta_{11} / T = \alpha / T$, und das hochstufende/herabstufende Verhältnis der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** = die Spannung des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d**/die Spannung des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** = $\delta_{12} / T = \alpha / T$. Mit anderen Worten, die jeweiligen hochstufenden/herabstufenden Verhältnisse der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** nehmen identische Werte (= α / T) an.

[0062] Es ist zu beachten, dass die EIN-Zeit δ in **Fig. 3** sowohl die EIN-Zeit δ_{11} des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1** und des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1** repräsentiert und die EIN-Zeit δ_{12} des sekundärseitigen oberen Zweigs **U2** und des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2**. Außerdem sind die Schaltperiode **T** des die primärseitige Vollbrückenschaltung **200** bildenden Zweigs und die Schaltperiode **T** des die sekundärseitige Vollbrückenschaltung **300** bildenden Zweigs gleiche Zeitspannen.

[0063] Außerdem wird bei 180 Grad (π) eine Phasendifferenz zwischen **U1** und **V1** aktiviert und gleichermaßen wird bei 180 Grad (π) eine Phasendifferenz zwischen **U2** und **V2** aktiviert. Überdies kann durch Änderung der Phasendifferenz ϕ zwischen **U1** und **U2** die Leistungsübertragungsmenge **P** zwischen der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** derart eingestellt werden, dass, wenn die Phasendifferenz $\phi > 0$, Leistung von der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** zur sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** übertragen werden kann, und wenn die Phasendifferenz $\phi < 0$, Leistung von der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** zur primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** übertragen werden kann.

[0064] Die Phasendifferenz ϕ ist eine Abweichung (eine Zeitverschiebung) zwischen den Schaltzeitpunkten von Schalteinheiten zur Leistungswandlung mit identischer Phase der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** und der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300**. Beispielsweise ist die Phasendifferenz ϕ eine Abweichung zwischen den Schaltzeit-

punkten der primärseitigen ersten Zweigschaltung **207** und der sekundärseitigen ersten Zweigschaltung **307**, und eine Abweichung zwischen den Schaltzeitpunkten der primärseitigen zweiten Zweigschaltung **211** und der sekundärseitigen zweiten Zweigschaltung **311**. Diese Abweichungen werden so gesteuert, dass sie einander gleich sind. Mit anderen Worten, die Phasendifferenz ϕ zwischen **U1** und **U2** und die Phasendifferenz ϕ zwischen **V1** und **V2** sind auf identische Werte gesteuert.

[0065] Somit wählt, wenn beispielsweise ein externes Signal eingegeben wird, das eine Aktion anfordert, bei der die Art der Leistungswandlung der Leistungsversorgungsschaltung **10** auf die Art **F** eingestellt wird, die Prozessoreinheit **502** zur Bestimmung der Art der Leistungswandlung die Art **F** aus und stellt sie ein. Die Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ stellt dann die EIN-Zeit δ ein, um ein Hochstufungsverhältnis zu definieren, das erforderlich ist, wenn die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** veranlasst wird, als eine Hochstufungsschaltung zu fungieren, die die Spannungseingabe in den zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** hochstuft und die hochgestufte Spannung an den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** ausgibt. Es ist zu beachten, dass die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** als eine abwärtsstufende Schaltung fungiert, die die an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** angelegte Spannung mit einem abwärtsstufenden Verhältnis anlegt, das gemäß der EIN-Zeit δ definiert ist, die durch die Prozessoreinheit **506** zur Bestimmung der EIN-Zeit δ eingestellt ist, und die die abwärtsgestufte Spannung an den vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** anlegt. Zudem stellt die Prozessoreinheit **504** zur Bestimmung der Phasendifferenz ϕ die Phasendifferenz ϕ derart ein, dass die Leistungseingabe in den ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** mit der gewünschten Leistungsübertragungsmenge **P** an den dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** übertragen wird.

[0066] Die primärseitige Schaltungsprozessoreinheit **508** führt eine Schaltungssteuerung bei den entsprechenden Schaltungselementen durch, die durch den primärseitigen ersten oberen Zweig **U1**, den primärseitigen ersten unteren Zweig **U1**, den primärseitigen zweiten oberen Zweig **V1** und den primärseitigen zweiten unteren Zweig **V1** gebildet werden, um die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** zu veranlassen, als eine Hochstufungsschaltung zu fungieren und sie zu veranlassen, als Teil einer DC-DC-Transformatorschaltung zu fungieren.

[0067] Die sekundärseitige Schaltungsprozessoreinheit **510** führt eine Schaltungssteuerung bei den entsprechenden Schaltungselementen durch, die durch den sekundärseitigen ersten oberen Zweig **U2**, den sekundärseitigen ersten unteren Zweig **U2**, den sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und den

sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **V2** gebildet werden, um die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** zu veranlassen, als eine Herabstufungsschaltung zu fungieren und sie zu veranlassen, als Teil einer DC-DC-Transformatorschaltung zu fungieren.

[0068] Wie oben beschrieben, können die primärseitige Umwandlungsschaltung **20** und die sekundärseitige Umwandlungsschaltung **30** veranlasst werden, als Hochstufungsschaltung oder als Herabstufungsschaltung zu fungieren, und die Leistungsversorgungsschaltung **10** kann veranlasst werden, als eine bidirektionale DC-DC-Transformatorschaltung zu fungieren. Deshalb kann die Leistungswandlung bei allen ihren Arten **A** bis **L** ausgeführt werden, mit anderen Worten, die Leistungswandlung kann zwischen zwei Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen ausgeführt werden, die aus den vier Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen ausgewählt werden.

[0069] Die durch die Steuereinheit **50** in Übereinstimmung mit der Phasendifferenz ϕ , der äquivalenten Induktivität und so weiter übertragene Leistung **P** (auch als Leistungsübertragungsmenge **P** bezeichnet) ist eine Leistung, die von einer der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** über den Transformator **400** zur anderen übertragen wird und ausgedrückt wird durch

$$P = (N \times V_a \times V_b) / (\pi \times \omega \times L) \times F(D, \phi)$$

Gleichung 1

[0070] Es ist zu beachten, dass **N** ein Wicklungsverhältnis des Transformators **400** ist, V_a die Eingabe/Ausgabe-Spannung des ersten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60a** (eine Spannung zwischen der primärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **298** und der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20**), V_b die Eingabe/Ausgabe-Spannung des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** (eine Spannung zwischen der primärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**), π ist pi, $\omega (= 2\pi \times f = 2\pi / T)$ ist eine Winkelfrequenz der Schaltaktionen der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**, f ist eine Schaltfrequenz der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**, T ist die Schaltperiode der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** und der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30**, L ist eine äquivalente Induktivität der magnetischen Kopplendrosseln **204**, **304** und des Transformators **400** in Bezug auf die Leistungsübertragung, und $F(D, \phi)$ ist eine Funktion mit der Einschaltdauer **D** und der

Phasendifferenz ϕ als Variablen und eine Variable, die monoton zunimmt, wenn die Phasendifferenz zunimmt, unabhängig von der Einschaltdauer **D**. Die Einschaltdauer **D** und die Phasendifferenz ϕ sind Steuerparameter, die so gestaltet sind, dass sie sich innerhalb eines Bereichs ändern, der zwischen vorgegebenen oberen und unteren Grenzwerten eingeschlossen ist.

[0071] Die äquivalente Induktivität **L** kann in einer einfachen äquivalenten Schaltung des Transformators **400** definiert werden, zu der die sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304** und/oder die primärseitige magnetische Koppeldrossel **204** zugeschaltet sind. Die äquivalente Induktivität **L** ist eine kombinierte Induktivität, die durch Kombination der Streuinduktivität der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel und der Streuinduktivität des Transformators **400** und/oder der Streuinduktivität der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204** auf der einfachen äquivalenten Schaltung erhalten wird.

[0072] Beispielsweise kann die äquivalente Induktivität, die bei der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** gemessen wird (sekundärseitiger Umwandlungswert LEQ2) ausgedrückt werden als

$$L_{EQ2} = 2L_1(1 - k_1)N^2 + 2L_2(1 - k_2) + L_{T2}(1 - k_T^2)$$

Gleichung 2

[0073] **L1** ist eine Selbstinduktivität der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204**, **k1** ist der Koppelkoeffizient der primärseitigen magnetischen Koppeldrossel **204**, **N** ist das Wicklungsverhältnis des Transformators **400**, **L2** ist die Selbstinduktivität der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel **304**, **k2** ist der Koppelkoeffizient der sekundärseitigen magnetischen Koppeldrossel **304**, **LT2** ist die Erregerinduktivität der Sekundärseite des Transformators **400** und **kT** ist der Koppelkoeffizient des Transformators **400**. Es ist zu beachten, dass, falls der zweite Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** oder der vierte Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** nicht benutzt wird, keine Streuinduktivität auftritt, wie in Gleichung 2 durch den Term **1** oder **2** angezeigt.

[0074] Übrigens können bei der Leistungsversorgungsvorrichtung **101** die Koppelkoeffizienten **k1**, **k2**, **kT** oder die Selbstinduktivitäten eine große Abweichung aufweisen, weil die Dimensionstoleranz der Wicklung oder des Kerns des Transformators **400** oder der magnetischen Koppeldrosseln **204**, **304** relativ groß ist. Insbesondere können nach dem Zusammenbau eines Spulenelements die Abweichungen der Koppelkoeffizienten **k1**, **k2**, **kT** oder der Selbstinduktivitäten in Übereinstimmung mit Belastung oder Verformung beachtlich sein. Als Ergebnis nimmt auch die Abweichung der Äquivalenzinduktivi-

tät zu und auch eine Abweichung der übertragenen Leistung **P** tritt auf.

[0075] Wie aus der Gleichung 1 zu ersehen ist, hängt die übertragene Leistung ab von der äquivalenten Induktivität und der Phasendifferenz ϕ . Beispielsweise wird die übertragene Leistung **P** umso kleiner, je größer der Wert der äquivalenten Induktivität **L** ist, und je kleiner der Wert der äquivalenten Induktivität **L** ist, desto größer ist die übertragene Leistung **P**. Deshalb kann die übertragene Leistung **P** durch geeignete Einstellung der Phasendifferenz ϕ , der äquivalenten Induktivität **L** und dergleichen, die als einer der Steuerparameter dienen, gesteuert werden.

[0076] Deshalb stellt die Steuereinheit **50** die äquivalente Induktivität **L** und die Phasendifferenz ϕ durch genaues Messen des Steigungsmaßes des Stroms und der Verzögerungszeit (Details werden später beschrieben) ein. Die übertragene Leistung **P** wird auf der Basis dieser Messwerte auf einen optimierten Wert korrigiert, wodurch eine Veränderung der übertragenen Leistung **P** unterdrückt wird. Das heißt, die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** stellt die äquivalente Induktivität **L** und die Phasendifferenz ϕ durch die Steuereinheit **50** auf gewünschten Werte ein und korrigiert entsprechend die übertragene Leistung **P**. Deshalb kann eine Leistungsübertragung mit hoher Genauigkeit ausgeführt werden.

[0077] Außerdem ändert die Steuereinheit **50** die Phasendifferenz ϕ derart, dass eine Anschlussspannung **Vp** wenigstens eines vorgegebenen Anschlusses der Anschlüsse auf der Primärseite und der Anschlüsse auf der Sekundärseite sich einer Zielanschlussspannung **Vo** nähert, wodurch die übertragene Leistung **P** eingestellt wird. Deshalb kann, selbst wenn der von einer mit dem vorgegebenen Anschluss verbundenen Last verbrauchte Strom zunimmt, die Steuereinheit **50** die übertragene Leistung **P** durch Änderung der Phasendifferenz ϕ einstellen, wodurch verhindert wird, dass die Anschlussspannung **Vp** in Bezug auf die Zielanschlussspannung **Vo** abnimmt.

[0078] Beispielsweise ändert die Steuereinheit **50** die Phasendifferenz ϕ derart, dass eine Anschlussspannung **Vp** eines Anschlusses, das heißt das Übertragungsziel der übertragenen Leistung **P** der primärseitigen Anschlüsse und der sekundärseitigen Anschlüsse sich einer Zielanschlussspannung **Vo** nähert, wodurch die übertragene Leistung **P** eingestellt wird. Deshalb kann, selbst wenn der von einer das Ziel einer das Übertragungsziel der übertragenen Leistung darstellenden Last verbrauchte Strom zunimmt, die Steuereinheit **50** die übertragene Leistung durch ansteigende Änderung der Phasendifferenz ϕ in ansteigender Richtung einstellen, wodurch die Anschlussspannung **Vp** gehindert wird, in Bezug auf die Zielanschlussspannung **Vo** abzunehmen.

<Leistungskorrekturverfahren der
Leistungsversorgungsvorrichtung 101>

[0079] Ein Beispiel eines Leistungskorrekturverfahrens für die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** wird anhand der **Fig. 4** beschrieben. Gemäß dem Leistungskorrekturverfahren werden die äquivalente Induktivität **L** und die Phasendifferenz (Steuerparameter) in geeigneter Weise eingestellt auf der Basis des gemessenen Steigungsmaßes des Stroms und des gemessenen Wertes der Verzögerungszeit, und die übertragene Leistung wird geeignet auf der Basis der Steuerparameter korrigiert.

[0080] Zunächst wird bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** der elektrisch verbindend zwischen der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** und der primärseitigen ersten Drossel **204a** angeschlossene primärseitige erste untere Zweig **/U1** und der elektrisch verbindende zwischen der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** und der primärseitigen zweiten Drossel **204b** angeschlossene primärseitige zweite untere Zweig **/V1** eingeschaltet (siehe in **Fig. 4** gezeigte Kreise).

[0081] Dann wird bei der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** eine vorgegebene Spannung zwischen der hochpotentialseitigen Klemme **618** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und der dem niedrigen Potential zugeordneten Klemme **620** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d** angelegt (siehe Pfeil **Y** in **Fig. 4**).

[0082] Dann wird bei der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** der elektrisch verbindend zwischen der sekundärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der sekundärseitigen zweiten Drossel **304b** angeschlossene sekundärseitige zweite obere Zweig **V2** und der elektrisch verbindend zwischen der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** und der sekundärseitigen ersten Drossel **304a** angeschlossene sekundärseitige erste untere Zweig **/U2** eingeschaltet (siehe in **Fig. 4** gezeigte Kreise). In diesem Falle wird ein von der Steuereinheit **50** ausgegebenes EIN-Signal (beispielsweise ein PWM-Signal) an den sekundärseitigen zweiten oberen Zweig **V2** und den sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2** eingegeben.

[0083] Dann wird bei der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** eine Verzögerungszeit α seit dem Einschalten des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** und des sekundärseitigen ersten unteren Zweigs **/U2** (Zeit $t\alpha_1$) bis zum aktuellen Beginn des Stromflusses im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** in der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** (Zeit $t\alpha_2$) gemessen. Die Verzögerungszeit α ist eine Differenz zwischen der Zeit $t\alpha_1$ und der Zeit $t\alpha_2$

(= Zeit $t\alpha_2$ - Zeit $t\alpha_1$), d. h. eine Zeitdifferenz zwischen dem Auftreten der Schaltung bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** und der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** (zwischen den Brückenschaltungen). Zudem werden, um die Verzögerungszeit α genau zu messen, der primärseitige erste untere Zweig **/U1** und der primärseitige zweite untere Zweig **/V1** vorzugsweise vorab eingeschaltet.

[0084] Die Phasendifferenz ϕ ist abhängig von der Verzögerungszeit α . Die Phasendifferenz ϕ kann durch Einstellung der Schaltzeitpunkte der in der primärseitigen Umwandlungsschaltung **20** eingeschlossenen Schaltelemente und der in der sekundärseitigen Umwandlungsschaltung **30** eingeschlossenen Schaltelemente gesteuert werden. Somit kann die Phasendifferenz ϕ mit hoher Genauigkeit durch Einstellung der Schaltzeitpunkte gemäß der Verzögerungszeit α gesteuert werden.

[0085] Beispielsweise wird die Zeitspanne seit dem Einschalten des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** und des sekundärseitigen ersten unteren Zweigs **/U2** bis zum Beginn des aktuellen Stromflusses im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** als Verzögerungszeit α_1 definiert. Außerdem wird die Zeitspanne seit dem Einschalten des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1** und des primärseitigen ersten unteren Zweigs **/U1** bis zum Beginn des aktuellen Stromflusses im sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2** und dem sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **/V2** als Verzögerungszeit α_2 definiert.

[0086] In diesem Falle wird unter Verwendung von α_1 , t_5 , α_2 , t_6 (siehe **Fig. 3**) die Phasendifferenz ϕ ausgedrückt als

$$\phi = (t_6 + \alpha_2) - (t_5 + \alpha_1) = (t_6 - t_5) + (\alpha_2 - \alpha_1)$$

Gleichung 3

[0087] Deshalb kann die Phasendifferenz ϕ mit hoher Genauigkeit gesteuert werden durch Einstellung des EIN-Zeitpunkts des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1** und des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** derart, dass $(\alpha_2 - \alpha_1)$ Null wird.

[0088] Alternativ kann die Zeitspanne seit dem Einschalten des sekundärseitigen ersten oberen Zweigs **U2** und des sekundärseitigen zweiten unteren Zweigs **/V2** bis zum Beginn des aktuellen Stromflusses im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** als Verzögerungszeit α_3 definiert. Außerdem wird die Zeitspanne seit dem Einschalten des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1** und des primärseitigen zweiten unteren Zweigs **/V1** bis zum Beginn des aktuellen Stromflusses im sekundärseitigen zweiten unteren Zweig

/V2 und dem sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2** als Verzögerungszeit α_4 definiert.

[0089] In diesem Falle wird unter Verwendung von α_3 , t_1 , α_4 , t_2 (siehe **Fig. 3**), die Phasendifferenz ϕ ausgedrückt als

$$\phi = (t_2 + \alpha_4) - (t_1 + \alpha_3) = (t_2 - t_1) + (\alpha_4 - \alpha_3)$$

Gleichung 4

[0090] Deshalb kann die Phasendifferenz ϕ mit hoher Genauigkeit gesteuert werden durch Einstellung des EIN-Zeitpunkts des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1** und des sekundärseitigen ersten oberen Zweigs **U2** derart, dass $(\alpha_4 - \alpha_3)$ Null wird.

[0091] Dann wird bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** eine Steilheit β des Stroms gemessen (siehe **Fig. 5**), der zunimmt, nachdem er seit dem Einschalten des sekundärseitigen zweiten oberen Zweigs **V2** und des sekundärseitigen ersten unteren Zweigs **/U2** beginnt, aktuell im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und dem primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** in Richtung des in **Fig. 4** gezeigten Pfeils **Z** zu fließen. Die Steilheit β des Stroms wird ausgedrückt als Stromänderung pro Zeitänderung (= di/dt).

[0092] In diesem Falle werden die Steilheit β des Stroms und die Verzögerungszeit α in einem Zustand gemessen, in welchem der Transformator **400**, die primärseitige magnetische Koppeldrossel **204** (einschließlich der primärseitigen ersten Drossel **204a** und der primärseitigen zweiten Drossel **204b**) und die sekundärseitige magnetische Koppeldrossel **304** (einschließlich der sekundärseitigen ersten Drossel **304a** und der sekundärseitigen zweiten Drossel **304b**) zusammengebaut worden sind.

[0093] Der Einschaltzeitpunkt der Schaltelemente ist nicht besonders beschränkt. Beispielsweise werden bei der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** der elektrisch verbindend zwischen der sekundärseitigen positiven Elektrodenbusleitung **398** und der sekundärseitigen zweiten Drossel **304b** angeschlossene zweite obere Zweig **V2** und der elektrisch verbindend zwischen der sekundärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **399** und der sekundärseitigen ersten Drossel **304a** angeschlossene sekundärseitige erste untere Zweig **/U2** eingeschaltet. Dann wird eine vorgegebene Spannung an die Klemmen des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** gelegt. Dann wird bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** der elektrisch verbindend zwischen der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** und der primärseitigen ersten Drossel **204a** angeschlossene primärseitige erste untere Zweig **/U1** und der elektrisch verbindend zwischen der primärseitigen negativen Elektrodenbusleitung **299** und der primärseitigen

zweiten Drossel **204b** angeschlossene primärseitige zweite untere Zweig **/V1** eingeschaltet. Dann werden bei der primärseitigen Vollbrückenschaltung **200** die Verzögerungszeit bis zum Beginn des Stromflusses im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und im primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** und die Steilheit des im primärseitigen ersten unteren Zweig **/U1** und im primärseitigen zweiten unteren Zweig **/V1** fließenden Stroms gemessen. Somit kann die Messung in entgegengesetzter Reihenfolge wie oben erfolgen. In jedem Falle ist es ausreichend, die Zeitdifferenzen zwischen den in den Brückenschaltungen auftretenden Schaltvorgängen und die Steilheit des in einer der Brückenschaltungen fließenden Stroms genau zu messen.

[0094] Im oben beschriebenen Falle ist die Steilheit β des zu messenden Stroms nicht besonders beschränkt. Beispielsweise kann eine Steilheit des Stroms, nachdem er nach dem Einschalten des primärseitigen zweiten oberen Zweigs **V1** und des primärseitigen ersten unteren Zweigs **/U1** beginnt, aktuell im sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2** und dem sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **/V2** zu fließen, ebenfalls gemessen werden. Alternativ kann auch beispielsweise eine Steilheit β des Stroms, nachdem er nach dem Einschalten des primärseitigen ersten oberen Zweigs **U1** und des primärseitigen ersten unteren Zweigs **V1** beginnt, aktuell im sekundärseitigen zweiten unteren Zweig **/V2** und dem sekundärseitigen ersten unteren Zweig **/U2** zu fließen, ebenfalls gemessen werden.

[0095] Dann wird die äquivalente Induktivität **L** auf der Basis der gemessenen Stromsteilheit β berechnet. Unter Anwendung einer vorgegebenen Spannung **V** (bei der sekundärseitigen Vollbrückenschaltung **300** eine zwischen der hochpotentialseitigen Klemme **618** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und der dem niedrigen Potential zugeordneten Klemme **620** des dritten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60b** und des vierten Eingabe/Ausgabe-Anschlusses **60d** angelegte Spannung) und der Stromsteilheit β kann die äquivalente Induktivität **L** ausgedrückt werden als

$$L = V / (di / dt) = V / \beta \quad \text{Gleichung 5}$$

[0096] Wie aus der Gleichung 5 ersichtlich ist, kann die äquivalente Induktivität **L** nur aus der Stromsteilheit β und der vorgegebenen Spannung **V** berechnet werden. Das heißt, die äquivalente Induktivität **L** kann in einer relativ einfachen Weise ohne Messung der Selbstinduktivitäten und der Kopplungskoeffizienten k_1 , k_2 , k_T der entsprechenden magnetischen Elemente, deren Abweichungen sich nach dem Zusammenfügen der Spulenkomponenten in großem Ausmaß verändern, berechnet werden. Die übertragene Leistung wird durch Austauschen des berechneten

Wertes der äquivalenten Induktivität L in Gleichung 1 korrigiert.

[0097] Das heißt, die übertragene Leistung wird entsprechend dem gemessenen Wert der Steilheit β und dem gemessenen Wert der Verzögerungszeit α korrigiert. Insbesondere wird die übertragene Leistung gemäß der Phasendifferenz ϕ und der gemäß den oben gemessenen Werten eingestellten äquivalenten Induktivität L korrigiert.

[0098] Gemäß dem oben beschriebenen Verfahren zur Leistungskorrektur kann bei einem fertiggestellten Produktzustand nach dem Zusammenbau der Spulenkomponenten die übertragene Leistung unter Berücksichtigung irgendwelcher ungünstiger Einwirkungen, durch Spannungen, Verformungen, Kontaktwiderstände, parasitärer Induktivitäten und so weiter auf die übertragene Leistung korrigiert werden. Deshalb ist es möglich, die Leistungsübertragung mit hoher Genauigkeit durchzuführen. Außerdem kann die übertragene Leistung leicht gesteuert werden, weil die Steuerungsparameter durch Verwendung der gemessenen Werte in der gleichen Brückenschaltung eingestellt werden können. Das heißt, mit dem oben beschriebenen Verfahren zur Leistungskorrektur kann eine Steuerungstechnik zur Leistungsübertragung zwischen einer Mehrzahl von Anschlüssen einer Leistungsversorgungsschaltung eingerichtet werden, die beim Stand der Technik nicht vorhanden ist.

[0099] Das Leistungskorrekturverfahren kann durch ein Inspektionsgerät bei einem Inspektionsverfahren während des Herstellungsverfahrens der Leistungsversorgungsvorrichtung **101** durchgeführt werden. Nachdem die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** von der Fabrik oder dergleichen transportiert worden ist, kann das Leistungskorrekturverfahren auch durch ein Werkzeug zur Ermittlung von Unregelmäßigkeiten oder die Steuereinheit **50** ausgeführt werden, während die Leistungsversorgungsvorrichtung **101** in Gebrauch ist. Der Ort, an dem das Leistungskorrekturverfahren ausgeführt wird, seine Anwendung und dergleichen sind nicht besonders beschränkt.

[0100] Eine Ausführungsform der Leistungswandlungsvorrichtung und das Leistungskorrekturverfahren wurden oben beschrieben, jedoch ist die Erfindung nicht auf die obige Ausführungsform beschränkt und verschiedene Abwandlungen und Verbesserungen, wie die Kombination oder der Austausch der obigen Ausführungsform entweder teilweise oder insgesamt mit einer anderen Ausführungsform kann innerhalb des Bereichs der Erfindung vorgenommen werden.

[0101] Beispielsweise wurde bei der obigen Ausführungsform ein MOSFET, das ein Halbleiterelement für eine EIN/AUS-Aktion ist, als ein Beispiel für

das Schaltelement genannt. Jedoch kann das Schaltelement ein Leistungselement des Spannungssteuerungstyps sein, das ein isoliertes Gate benutzt, wie beispielsweise ein Bipolartransistor mit isolierter Gate-Elektrode (IGBT), oder ein MOSFET, oder ein Bipolartransistor.

[0102] Außerdem kann eine Leistungsversorgung mit dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** und eine Leistungsversorgung mit dem vierten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60d** verbunden sein. Zudem muss eine Leistungsversorgung nicht mit dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** und nicht mit dem dritten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60b** verbunden sein.

[0103] Außerdem kann in **Fig. 1**, obwohl die primärseitige Leistungsversorgung **62c** des Niederspannungssystems mit dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** verbunden ist, die Leistungsversorgung weder mit dem ersten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60a** noch mit dem zweiten Eingabe/Ausgabe-Anschluss **60c** verbunden sein.

[0104] Des Weiteren ist die vorliegende Erfindung geeignet für eine Leistungswandlungsvorrichtung, die eine Mehrzahl, wenigstens drei oder mehr, von Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen aufweist und geeignet ist, eine Leistungswandlung zwischen beliebigen zwei Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen der Mehrzahl von wenigstens drei oder mehr Eingabe/Ausgabe-Anschlüssen durchzuführen. Beispielsweise ist die vorliegende Erfindung auch geeignet für die Leistungsversorgungsvorrichtung, die so gestaltet ist, dass sie nicht einen der in **Fig. 1** dargestellten Eingabe/Ausgabe-Anschlüsse einschließt.

Patentansprüche

1. Leistungskorrekturverfahren zur Korrektur übertragener Leistung, die zwischen einer primärseitigen Schaltung (20) und einer sekundärseitigen Schaltung (30) übertragen wird, die mit der primärseitigen Schaltung (20) über eine Drossel verbunden ist und magnetisch mit der primärseitigen Schaltung (20) über einen Transformator gekoppelt ist, und in Übereinstimmung mit einer Phasendifferenz der Schaltaktion der primärseitigen Schaltung (20) und der Schaltaktion der sekundärseitigen Schaltung (30) eingestellt wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass es umfasst:

Schalten durch Einschalten eines ersten Transistors und eines zweiten Transistors, die mit einer negativen Elektrodenbusleitung der primärseitigen Schaltung (20) verbunden sind;

Anlegen einer vorgegebenen Spannung zwischen einer positiven Elektrodenbusleitung und einer negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30);

Schalten durch Einschalten eines dritten Transistors, der mit der positiven Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30) verbunden ist; und eines vierten Transistors, der mit dem dritten Transistor über eine Drossel verbunden ist und mit der negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30);

Messen der Verzögerungszeit seit dem Einschalten des dritten Transistors und des vierten Transistors, bis der Strom beginnt, im ersten Transistor und im zweiten Transistor zu fließen;

Messen der Steilheit des im ersten Transistor und im zweiten Transistor fließenden Stroms; und

Korrigieren der übertragenen Leistung gemäß eines gemessenen Wertes der Steilheit und eines gemessenen Wertes der Verzögerungszeit.

2. Leistungskorrekturverfahren nach Anspruch 1, weiter umfassend:

Berechnung einer äquivalenten Induktivität in Bezug auf die Leistungsübertragung des Transformators und der Drossel auf der Basis des gemessenen Wertes der Steilheit und der vorgegebenen Spannung, wobei

die übertragene Leistung auf der Basis eines berechneten Wertes der äquivalenten Induktivität korrigiert wird, wenn die übertragene Leistung gemäß dem gemessenen Wert der Steilheit und dem gemessenen Wert der Verzögerungszeit korrigiert wird.

3. Leistungskorrekturverfahren nach einem der Ansprüche 1 oder 2, bei welchem ein Einschaltzeitpunkt beim dritten Transistor und dem vierten Transistor auf der Basis des gemessenen Wertes der Verzögerungszeit eingestellt wird.

4. Leistungskorrekturvorrichtung, die eine primärseitige Schaltung (20) und eine sekundärseitige Schaltung (30) umfasst, die mit der primärseitigen Schaltung (20) über eine Drossel verbunden ist und magnetisch über einen Transformator mit der primärseitigen Schaltung (20) gekoppelt ist, und eine Steuereinheit (50), die die zwischen der primärseitigen Schaltung (20) und der sekundärseitigen Schaltung (30) übertragene Leistung durch Korrektur einer Phasendifferenz zwischen der Schaltaktion der primärseitigen Schaltung (20) und der Schaltaktion der sekundärseitigen Schaltung (30) steuert, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Steuereinheit (50) so gestaltet ist, dass sie:

einen ersten Transistor und einen zweiten Transistor einschaltet, die mit einer negativen Elektrodenbusleitung der primären Schaltung (20) verbunden sind; eine vorgegebene Spannung zwischen einer positiven Elektrodenbusleitung und einer negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30) anlegt;

einen dritten Transistor einschaltet, der mit der positiven Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30) und einem vierten Transistor, der mit

dem dritten Transistor über die Drossel verbunden ist und mit der negativen Elektrodenbusleitung der sekundärseitigen Schaltung (30);

die Verzögerungszeit seit dem Einschalten des dritten Transistors und des vierten Transistors misst, bis der Strom beginnt, in den ersten Transistor und den zweiten Transistor zu fließen;

die Steilheit des Stroms misst, der in den ersten Transistor und den zweiten Transistor fließt; und

die übertragene Leistung gemäß einem gemessenen Wert der Steilheit und einem gemessenen Wert der Verzögerungszeit korrigiert.

5. Leistungskorrekturvorrichtung nach Anspruch 4, bei welcher die Steuereinheit (50) so gestaltet ist, dass sie:

auf der Basis des gemessenen Wertes der Steilheit und der vorgegebenen Spannung eine auf die Leistungsübertragung des Transformators und der Drossel bezogene äquivalente Induktivität berechnet; und die übertragene Leistung auf der Basis eines berechneten Wertes der äquivalenten Induktivität korrigiert.

6. Leistungskorrekturvorrichtung nach einem der Ansprüche 4 oder 5, bei welcher der Einschaltzeitpunkt beim dritten Transistor und dem vierten Transistor auf der Basis des gemessenen Wertes der Verzögerungszeit eingestellt wird.

Es folgen 5 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

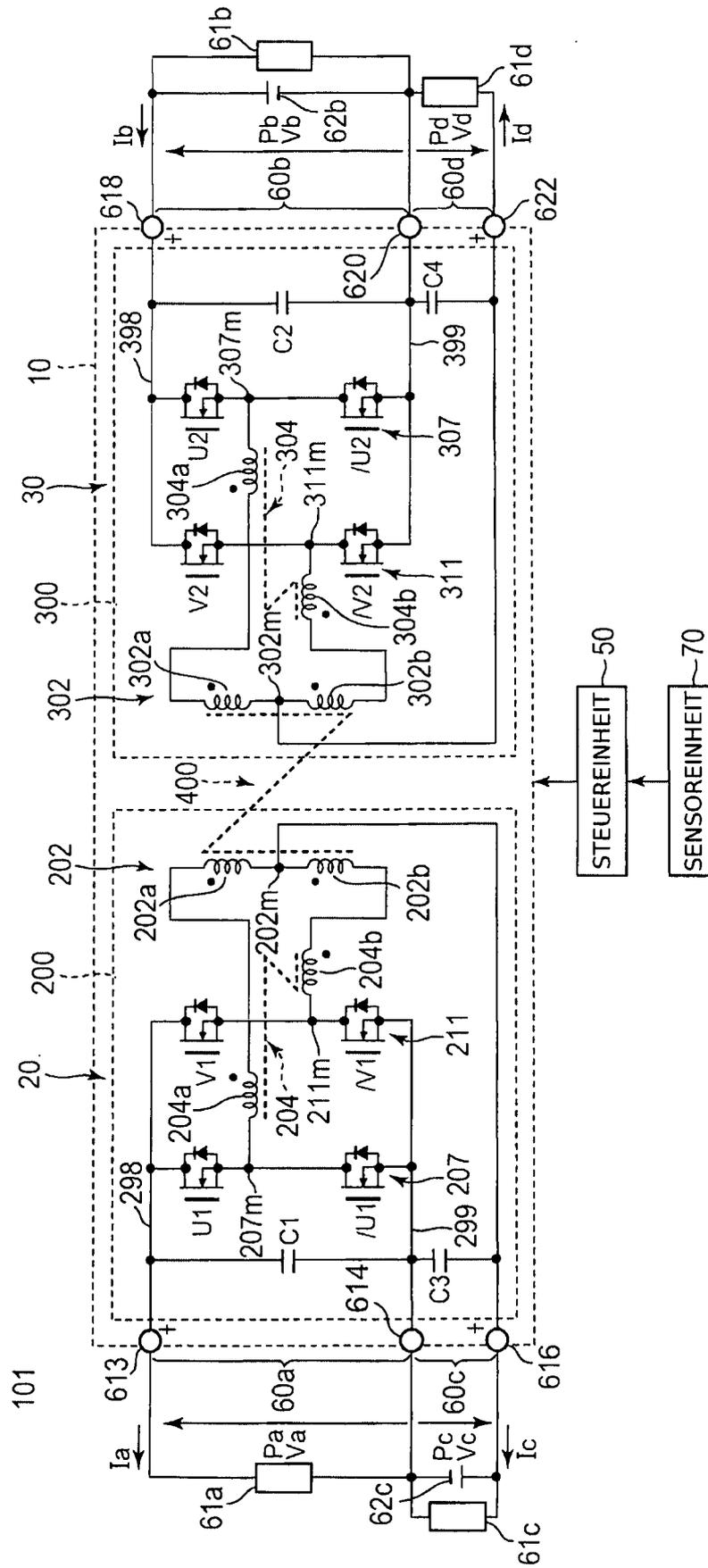


FIG. 2

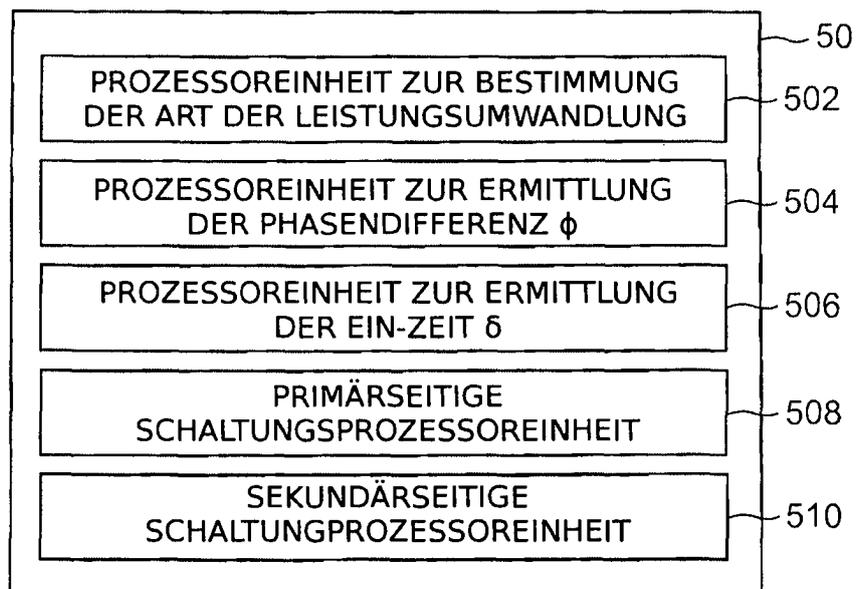


FIG. 3

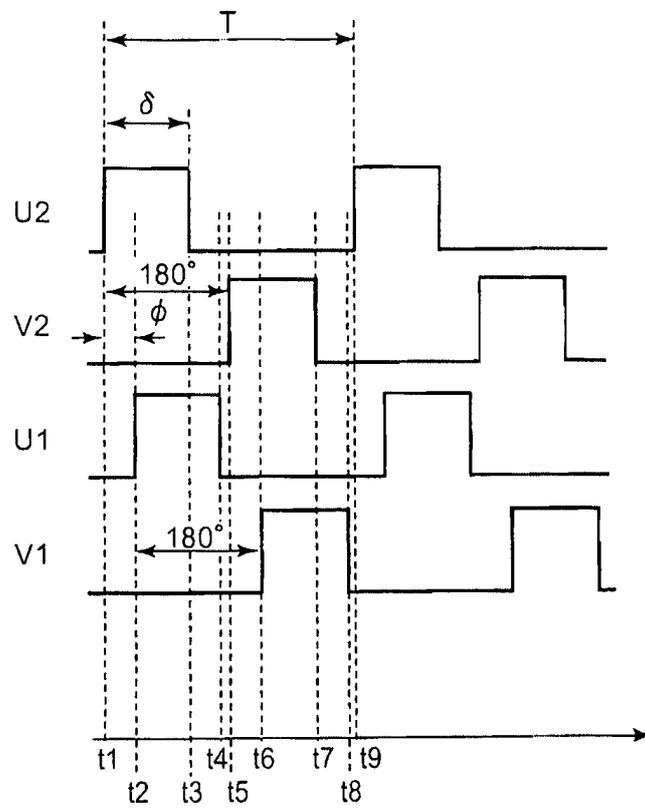


FIG. 4

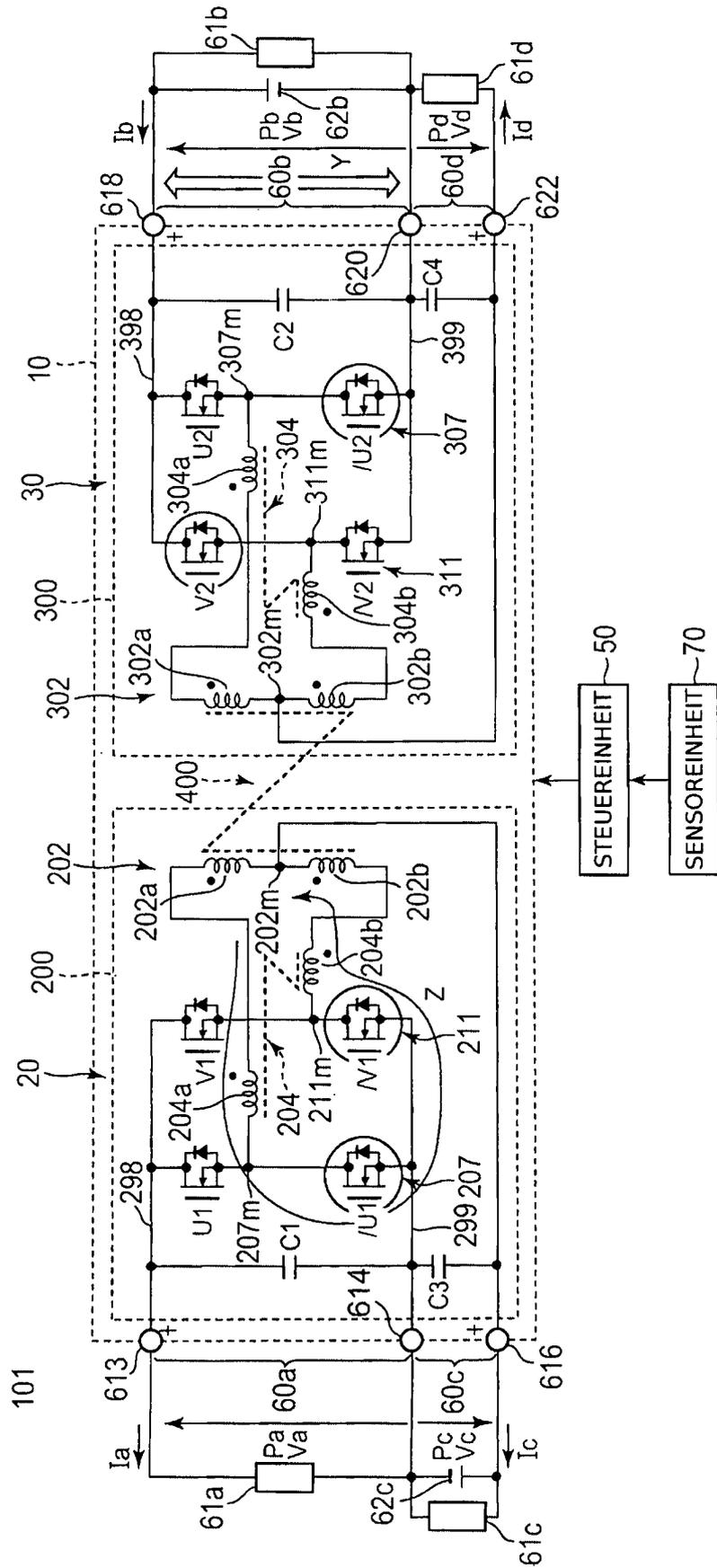


FIG. 5

