



(10) **DE 11 2011 101 193 T5** 2013.01.17

(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2011/125944**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2011 101 193.8**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2011/058441**  
(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.2011**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **13.10.2011**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **17.01.2013**

(51) Int Cl.: **H02M 7/48** (2013.01)  
**H02M 1/44** (2013.01)

(30) Unionspriorität:  
**2010-087125**      **05.04.2010**      **JP**

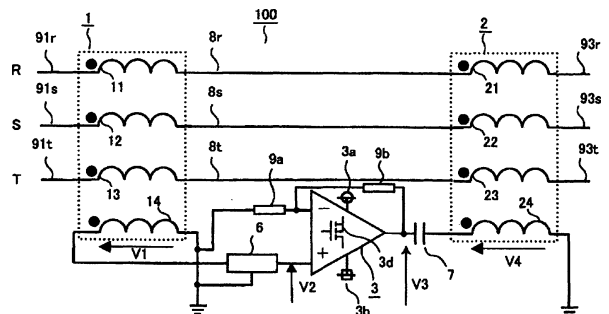
(74) Vertreter:  
**Meissner, Bolte & Partner GbR, 80538, München,  
DE**

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

(72) Erfinder:  
**Azuma, Satoshi, Tokyo, JP; Sakai, Takuya, Tokyo,  
JP**

(54) Bezeichnung: **Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Wicklungen (11 bis 13) eines ersten Gleichtakttransformators (1) und Wicklungen (21 bis 23) eines zweiten Gleichtakttransformators (2) sind über Verbindungsleitungen (8r bis 8t) in Reihe geschaltet. Die Wicklungen (11 bis 13) sind an eine Wechselstromversorgung über Verbindungsleitungen (91r bis 91t) angeschlossen. Die Wicklungen (21 bis 23) sind an einen Drei-Phasen-Motor über Verbindungsleitungen (93r bis 93t), einen Konverter sowie einen Inverter angeschlossen. In den Verbindungsleitungen (91r bis 91t) fließende Hochfrequenz-Leckströme werden detektiert als Gleichtakt-Spannung V1 mit einer Wicklung (14) für die Gleichtakt-Spannungsabtastung. Eine Ausgangsspannung V2 wird über ein Filter (6) einer Spannungsverstärkereinheit (3) zugeführt, welche die Ausgangsspannung V2 verstärkt, und die verstärkte Spannung wird an eine Wicklung (24) über einen Kondensator (7) angelegt, und zwar im wesentlichen in der gleichen Richtung wie der Richtung der Gleichtakt-Spannung V1. Infolgedessen werden Leckströme durch induzierte Spannungen auf den Wicklungen (21 bis 23) reduziert. Das Vorsehen der Spannungsverstärkereinheit (3), des Filters (6) und des Kondensators (7) vereinfacht die Konfiguration der Vorrichtung und ermöglicht einen stabilen Betrieb.



**Beschreibung**

## Technisches Gebiet

**[0001]** Die Erfindung bezieht sich auf eine Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung, die einen Leckstrom reduziert, der beispielsweise in einer Stromwandlervorrichtung oder dergleichen auftritt, die an eine Wechselstromversorgung angeschlossen ist und eine Wechselspannung liefert.

## Stand der Technik

**[0002]** Als Beispiel einer herkömmlichen Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung ist die nachstehend angegebene Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung bekannt. Das bedeutet, um einen Hochfrequenz-Leckstrom zu reduzieren, der in Drei-Phasen-Stromversorgungsleitungen auftritt, die zwischen einer Invertervorrichtung und einem Drei-Phasen-Motor geschaltet sind, weist die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung folgendes auf:  
 eine Strommessspule, um den Hochfrequenz-Leckstrom zu detektieren;  
 eine Hochfrequenz-Verstärkereinrichtung, um den abgetasteten Hochfrequenz-Leckstrom zu verstärken; und  
 eine Anpassungsspule, um den verstärkten Hochfrequenz-Leckstrom in der entgegengesetzten Phase den Drei-Phasen-Stromversorgungsleitungen zu überlagern, vgl. beispielsweise das Patentdokument 1.

## Liste zum Stand der Technik

## Patentliteratur

## Patentdokument 1

## Japanische Offenlegungsschrift

**[0003]**

JP 09-215 341 A (Absatz [0015] und [Fig. 1](#)).

## Zusammenfassung der Erfindung

## Mit der Erfindung zu lösende Probleme

**[0004]** Bei einer herkömmlichen Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung wird ein Hochfrequenz-Leckstrom im Gleichtakt mit einer Stromabtastspule detektiert. Der mit der Stromabtastspule detektierte Hochfrequenz-Leckstrom wird einem Hochfrequenzverstärker zugeführt, der den Hochfrequenz-Leckstrom verstärkt.

**[0005]** Aufgrund der Verzögerungszeiten des Hochfrequenzverstärkers und einer Abtastschaltung wird jedoch die Phase des Stromes, der der Anpassungsspule zugeführt wird, gegenüber der Phase des Hochfrequenz-Leckstroms invertiert.

ungsspule zugeführt wird, gegenüber der Phase des Hochfrequenz-Leckstroms invertiert.

**[0006]** Infolgedessen wird der von der Invertervorrichtung zugeführte Hochfrequenz-Leckstrom verstärkt. Außerdem bewirkt der Hochfrequenzverstärker eine Resonanz wegen der Impedanzen einer Leitung und einer an die Leitung angeschlossenen Vorrichtung, den Induktivitäten der Anpassungsspule und der Stromabtastspule und dergleichen.

**[0007]** Infolgedessen wird einem System unnötige Energie zugeführt, oder der Hochfrequenz-Leckstrom wird verstärkt. Somit tritt das Problem auf, dass die Wirkung der Reduzierung eines Rauschstromes im Gleichtakt nicht erzielt werden kann.

**[0008]** Ferner wird nach der Verstärkung des Hochfrequenz-Leckstromes im Gleichtakt der verstärkte Strom mit der entgegengesetzten Phase auf den Drei-Phasen-Stromversorgungsleitungen über die Anpassungsspule elektromagnetisch überlagert.

**[0009]** Wenn somit der überlagerte Strom mit entgegengesetzter Phase gleich dem Hochfrequenz-Leckstrom mit einer Phase von Null ist, so kann der Hochfrequenz-Leckstrom auf Null reduziert werden, da beide Ströme einander auslöschen. Das bedeutet, wenn die Amplitude und die Phase des überlagerten Stromes die gewünschten Werte besitzen, dann kann der Hochfrequenz-Leckstrom zu Null gemacht werden.

**[0010]** In Wirklichkeit gibt es jedoch wegen der Schwankungen bei den Komponenten, Temperaturänderungen und dergleichen ein Problem dahingehend, dass der Rauschreduzierungseffekt nicht in ausreichendem Maße erzielt werden kann. Wenn außerdem eine Steuerschaltung zum Beseitigen solcher Einflüsse angeschlossen ist, tritt das Problem auf, dass die Anzahl der Komponenten zunimmt und die Schaltungskonfiguration kompliziert wird.

**[0011]** In dem Falle, in dem die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung bei den Drei-Phasen-Stromversorgungsleitungen zwischen der Invertervorrichtung und dem Drei-Phasen-Motor installiert wird, ist es außerdem so, dass die Stromversorgungsseite, welche der Invertervorrichtung Energie zuführt, nicht berücksichtigt wird.

**[0012]** In einem Falle, in dem beispielsweise die Stromversorgung eine Wechselstromversorgung ist und der Wechselstrom in Gleichstrom umgewandelt wird, um der Invertervorrichtung Energie zuzuführen, tritt das Problem auf, dass eine Maßnahme zum Reduzieren des Hochfrequenz-Leckstroms, der in einer Gleichrichterschaltung auftritt, um den Wechselstrom in Gleichstrom umzuwandeln, nicht berücksichtigt wird.

**[0013]** Die Erfindung hat zum Ziel, die oben erörterten Probleme zu lösen. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung mit einer einfachen Konfiguration anzugeben, die in der Lage ist, einen Leckstrom zu reduzieren und einen stabilen Betrieb zu gewährleisten.

#### Lösung der Probleme

**[0014]** Eine Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist folgendes auf:

eine Spannungsabtasteinrichtung; ein eingangsseitiges Filter; eine Spannungsverstärkereinheit; und eine Spannungsanlegeeinrichtung, wobei die Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung über eine Verbindungsleitung zwischen einer ersten elektrischen Vorrichtung und einer zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen ist.

**[0015]** Die Spannungsabtasteinrichtung weist eine Hauptwicklung sowie eine Wicklung für die Leckstromabtastung auf. Die Hauptwicklung ist über eine Verbindungsleitung zwischen der ersten elektrischen Vorrichtung und der zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen, sodass ein in der Verbindungsleitung fließender Leckstrom als Abtastspannung von der Wicklung für die Leckstromabtastung detektiert wird.

**[0016]** Die Abtastspannung wird in das eingangsseitige Filter eingegeben. Die Spannungsverstärkereinheit verstärkt eine von dem eingangsseitigen Filter abgegebene Spannung, und die verstärkte Spannung wird als Ausgangsspannung abgegeben. Die Spannungsanlegeeinrichtung erzeugt auf der Verbindungsleitung eine Anlegespannung, um den Leckstrom zu reduzieren, und zwar auf der Basis der Ausgangsspannung.

#### Wirkung der Erfindung

**[0017]** Die Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß der Erfindung weist folgendes auf:

eine Spannungsabtasteinrichtung; ein eingangsseitiges Filter; eine Spannungsverstärkereinheit; und eine Spannungsanlegeeinrichtung, wobei die Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung über eine Verbindungsleitung zwischen einer ersten elektrischen Vorrichtung und einer zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen ist.

**[0018]** Die Spannungsabtasteinrichtung weist eine Hauptwicklung sowie eine weitere Wicklung für die Leckstromabtastung auf. Die Hauptwicklung ist über eine Verbindungsleitung zwischen der ersten elektrischen Vorrichtung und der zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen, sodass ein in der Verbindungsleitung fließender Leckstrom als Abtastspan-

nung detektiert wird, und zwar mit der Wicklung für die Leckstromabtastung.

**[0019]** Die Abtastspannung wird in das eingangsseitige Filter eingegeben. Die Spannungsverstärkereinheit verstärkt die von dem eingangsseitigen Filter abgegebene Spannung und liefert die verstärkte Spannung als Ausgangsspannung. Die Spannungsanlegeeinrichtung erzeugt, auf der Basis der Ausgangsspannung, auf der Verbindungsleitung eine Anlegespannung, um den Leckstrom zu reduzieren.

**[0020]** Auf diese Weise ist es möglich, eine Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung mit einer einfachen Konfiguration zur Verfügung zu stellen, die in der Lage ist, einen Leckstrom wirkungsvoll zu reduzieren und einen stabilen Betrieb zu gewährleisten.

#### Kurzbeschreibung der Zeichnungen

**[0021]** Die Zeichnungen zeigen in:

**[0022]** [Fig. 1](#) ein schematisches Schaltbild zur Erläuterung einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der Erfindung.

**[0023]** [Fig. 2](#) ein Schaltbild zur Erläuterung eines Beispiels hinsichtlich der Verwendung der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform.

**[0024]** [Fig. 3](#) ein Schaltbild zur Erläuterung der detaillierten Konfiguration eines Konverters gemäß [Fig. 2](#).

**[0025]** [Fig. 4](#) ein Schaltbild zur Erläuterung der detaillierten Konfiguration eines Inverters gemäß [Fig. 2](#).

**[0026]** [Fig. 5](#) ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß [Fig. 1](#).

**[0027]** [Fig. 6](#) ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung einer herkömmlichen Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung.

**[0028]** [Fig. 7](#) ein schematisches Schaltbild zur Erläuterung einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der Erfindung.

**[0029]** [Fig. 8](#) ein Schaltbild zur Erläuterung der Verbindung einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

**[0030]** [Fig. 9](#) ein Schaltbild zur Erläuterung der Verbindung eines weiteren Beispiels einer Hochfre-

quenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der Erfindung.

**[0031]** Fig. 10 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der Erfindung.

Beste Ausführungsformen gemäß der Erfindung

Erste Ausführungsform

**[0032]** Die Fig. 1 bis Fig. 6 zeigen eine erste Ausführungsform zur Realisierung der Erfindung. Insbesondere zeigt Fig. 1 ein Schaltbild zur Erläuterung einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung. Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Verbindung der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung. Fig. 3 zeigt ein Schaltbild zur näheren Erläuterung der Konfiguration eines Konverters.

**[0033]** Fig. 4 zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung der detaillierten Konfiguration eines Inverters. Fig. 5 zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß Fig. 1. Die Fig. 6 zeigt ein Schaltbild zur Erläuterung einer Ersatzschaltung einer herkömmlichen Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung.

**[0034]** Wie in Fig. 1 dargestellt, weist eine Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung 100 als Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung einen ersten Gleichtakttransformator 1, einen zweiten Gleichtakttransformator 2 und eine Spannungsverstärkereinheit 3 auf. Der erste Gleichtakttransformator 1 als Spannungsabstasteinrichtung weist Drei-Phasen-Wicklungen 11, 12 und 13 als Hauptwicklungen sowie eine Wicklung 14 für eine Gleichtakt-Spannungsabstastung als Wicklung für die Spannungsabstastung auf.

**[0035]** Die Wicklungen 11, 12 und 13 sowie die Wicklung 14 bestehen aus einer vorbestimmten Anzahl von Windungen eines Drahtes, die auf einen nicht dargestellten Eisenkern gewickelt sind; bei der vorliegenden Ausführungsform handelt es sich dabei um fünf Windungen. Es darf darauf hingewiesen werden, dass die Wicklungen 11 bis 14 derart gewickelt sind, dass sie Polaritäten besitzen, welche mit schwarzen gefüllten Kreisen in der Nähe dieser Wicklungen in Fig. 1 angegeben sind.

**[0036]** Der zweite Gleichtakttransformator 2 als Spannungsanlegeeinheit weist Drei-Phasen-Wicklungen 21, 22 und 23 als Hauptwicklungen sowie eine Wicklung 24 für die Gleichtakt-Spannungsabgabe als Wicklung zum Anlegen einer Spannung auf.

**[0037]** Die Wicklungen 21, 22 und 23 sowie die Wicklung 24 bestehen jeweils aus einer vorbestimmten Anzahl von Drahtwindungen, die auf einen nicht dargestellten Eisenkern gewickelt sind. Bei der vorliegenden Ausführungsform handelt es sich dabei um fünf Windungen.

**[0038]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass die Wicklungen 21 bis 24 derart gewickelt sind, dass sie Polaritäten besitzen, die mit schwarzen gefüllten Kreisen in der Nähe dieser Wicklungen in Fig. 1 angegeben sind. Der erste Gleichtakttransformator 1 und der zweite Gleichtakttransformator 2 sind miteinander über Drei-Phasen-Verbindungsleitungen 8r, 8s und 8t verbunden.

**[0039]** Die Spannungsverstärkereinheit 3 weist einen Operationsverstärker auf, der folgendes aufweist: Stromversorgungsanschlüsse 3a und 3b für die Stromversorgung für den Betrieb der Spannungsverstärkereinheit 3; und einen Transistor 3d für die Spannungsverstärkung als Halbleitereinrichtung. Die Spannungsverstärkereinheit 3 wird für ihren Betrieb von einer nicht dargestellten externen Stromversorgung mit Strom versorgt.

**[0040]** Ein Ausgang der Wicklung 14 für die Gleichtakt-Spannungsabstastung ist an den positiven Anschluss der Spannungsverstärkereinheit 3 über ein Filter 6 angeschlossen. Die Spannung des zugeführten Ausgangssignals wird mit dem Transistor 3d verstärkt und dann als Ausgangsspannung an die Wicklung 24 für die Gleichtakt-Spannungsabgabe angelegt, und zwar über einen Kondensator 7 als ausgangsseitiges Filter.

**[0041]** Ferner ist der eine Anschluss der Wicklung 14 für die Gleichtakt-Spannungsabstastung geerdet. Es darf darauf hingewiesen werden, dass ein Widerstand 9a zwischen den negativen Anschluss der Spannungsverstärkereinheit 3 und Masse geschaltet ist, und ein Widerstand 9b ist zwischen den negativen Anschluss und den Ausgangsanschluss der Spannungsverstärkereinheit 3 geschaltet, sodass die Verstärkung (G) durch das Widerstandsverhältnis zwischen den beiden Widerständen 9a und 9b eingestellt werden kann.

**[0042]** Das Filter 6 ist aus einer Vielzahl von nicht-dargestellten separaten Filtern aufgebaut, von denen jedes bezüglich des Durchgangsfrequenzbereiches eingestellt werden kann, wobei die separaten Filter parallel oder in Reihe geschaltet sind oder parallel und in Reihe geschaltet sind.

**[0043]** Wenn die Konstante jedes separaten Filters eingestellt ist, dann kann die Verstärkung für jede Frequenz eingestellt werden. Obwohl die Verstärkungseinstellung für jede Frequenz auch mit der Spannungsverstärkereinheit 3, anstatt mit derartigen

Filtern durchgeführt werden kann, wird für die vorliegende Ausführungsform der Fall erläutert, in der das Filter **6** die Verstärkungseinstellung durchführt.

**[0044]** Hinsichtlich der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100** mit der obigen Konfiguration ist gemäß der Darstellung in [Fig. 2](#) der erste Gleichtakttransformator **1** der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100** mit einer AC-Stromversorgung **40** als erster elektrischer Vorrichtung verbunden, und zwar über Verbindungsleitungen **91r**, **91s** und **91t** für die drei Phasen R, S und T.

**[0045]** Ferner ist der zweite Gleichtakttransformator **2** mit einem Konverter **41** als zweiter elektrischer Vorrichtung verbunden, und zwar über die Verbindungsleitungen **93r**, **93s** und **93t** für die drei Phasen R, S und T. Der Konverter **41** führt eine Öffnungs/Schließ-Steuerung für IGBTs **41a** als Schalteinrichtungen und Halbleitereinrichtungen durch, die in einer Drei-Phasen-Vollbrückenschaltung geschaltet sind, um auf diese Weise den Drei-Phasen-Wechselstrom in einen Gleichstrom mit variabler Spannung umzuwandeln; wegen weiterer Einzelheiten wird auf [Fig. 3](#) Bezug genommen.

**[0046]** Ein Inverter **42** ist an den Konverter **41** über Verbindungsleitungen **49P** und **49N** angeschlossen. Der Drei-Phasen-Wechselstrom variabler Frequenz und variabler Spannung wird von dem Inverter **42** einem Drei-Phasen-Motor **43** als Last zugeführt, und zwar über Verbindungsleitungen **95r**, **95s** und **95t**.

**[0047]** Der Inverter **42** führt die Öffnungs/Schließ-Steuerung für IGBTs **42a** als Schalteinrichtungen und Halbleitereinrichtungen durch, die in einer Drei-Phasen-Vollbrückenschaltung geschaltet sind, wobei ein PWM-Signal (Pulsweiten-Modulationssignal) verwendet wird, das erzeugt wird durch den Größenvergleich zwischen einem Phasenspannungsbefehl und einem Träger mit einer vorbestimmten Frequenz, bei dem es sich um eine Dreieckswelle oder eine Sägezahnwelle handelt. Somit wandelt der Inverter **42** den Gleichstrom in Wechselstrom mit variabler Frequenz und variabler Spannung um.

**[0048]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass in der bekannten Weise nicht-dargestellte Rahmen oder Gehäuse von der Wechselstromversorgung **40**, dem Konverter **41**, dem Inverter **42**, dem Drei-Phasen-Motor **43**, dem ersten Gleichtakttransformator **1** und dem zweiten Gleichtakttransformator **2** geerdet bzw. an Masse angeschlossen sind, sodass das ein Leckstrom über eine Masse-Floating-Kapazität fließt.

**[0049]** Als Nächstes wird der Betrieb erläutert. Der erste Gleichtakttransformator **1** detektiert über die Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung eine Gleichtakt-Spannung V1, die von Gleichtaktströ-

men erzeugt wird, bei denen es sich um Hochfrequenz-Leckströme handelt, die in den Verbindungsleitungen **91r**, **91s** und **91t** für drei Phasen fließen, also die Wicklungen **11**, **12** und **13**.

**[0050]** Im allgemeinen liegt das Frequenzband für den Hochfrequenzleckstrom zwischen 150 kHz und 30 MHz. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Die Gleichtakt-Spannung V1 wird an die Spannungsverstärkereinheit **3** über das Filter **6** angelegt, sodass die Gleichtakt-Spannung V1 mit dem Verstärkungsfaktor G verstärkt und dann als Ausgangsspannung V3 abgegeben wird. Die Verstärkung G ist bestimmt durch das Widerstandsverhältnis zwischen den beiden Widerständen **9a** und **9b**.

**[0051]** Das Filter **6**, das aus einer Vielzahl von separaten Filtern aufgebaut wird, ist beispielsweise eingestellt, um die Verstärkungen von Abtastwerten zu verringern für Frequenzen, die gleich der Trägerfrequenz des Inverters oder geringer als diese sind, Frequenzen aus einem Bereich, der durch einen Standard definiert ist, und für Frequenzen, bei denen die Spannungsverstärkereinheit **3** aufgrund der Impedanz des Systems eine Resonanz hat; oder aber um die Verstärkung für eine Frequenz zu erhöhen, die ein Reduzierungsziel ist, um auf diese Weise die Verstärkung und die Phase für jede Frequenz einzustellen.

**[0052]** Die Gleichspannungskomponente der Ausgangsspannung V3 wird durch den Kondensator **7** eliminiert, und die resultierende Spannung wird als Spannung V4 an die Wicklung **24** für die Gleichtakt-Spannungsabgabe des zweiten Gleichtakttransformators **2** angelegt, sodass die Phase der Spannung V4 im wesentlichen mit der Phase der Gleichtakt-Spannung V1 übereinstimmt.

**[0053]** Somit wird die Spannung V4 als Anlegespannung, deren Phase im wesentlichen mit der Phase der Gleichtakt-Spannung V1 übereinstimmt, die als Induktivität bezüglich der Hochfrequenzleckströme wirkt, an die Wicklungen **21**, **22** und **23** für die drei Phasen R, S und T angelegt, d. h. es wird eine Spannung auf den Wicklungen **21**, **22** und **23** erzeugt.

**[0054]** Das bedeutet, bei dem ersten Gleichtakt-Transformator **1** wird die von den Gleichtaktströmen erzeugte Gleichtakt-Spannung V1 detektiert. Die Verstärkung für jede Frequenz der Spannung V1 wird mit dem Filter **6** eingestellt, und die eingestellte Spannung wird als Spannung V2 abgegeben. Die Spannung V2 wird mit einem Verstärkungsfaktor G von der Spannungsverstärkereinheit **3** verstärkt, und die verstärkte Spannung wird als Ausgangsspannung V3 von der Spannungsverstärkereinheit **3** abgegeben.

**[0055]** Die Gleichstromkomponente der Ausgangsspannung V3 wird durch den Kondensator **7** eli-

miniert, und die Wechselstromkomponente wird als Spannung  $V_4$  von dem Kondensator **7** abgegeben. Die Spannung  $V_4$  wird an die Wicklung **24** des zweiten Gleichakttransformators **2** angelegt, sodass die Phase der Spannung  $V_4$  im wesentlichen mit der Phase der Gleichtakt-Spannung  $V_1$  übereinstimmt.

[0056] Somit werden die in den Wicklungen **11**, **12** und **13** fließenden Gleichtaktströme von der Spannungsverstärkereinheit **3** zugeführt, wobei der Gleichakttransformator **2** verwendet wird. Wenn die Gleichtaktströme von dem Gleichakttransformator **2** geliefert werden, so werden die Gleichtaktströme, die von den Wicklungen für die drei Phasen R, S und T geliefert werden, verringert, sodass der von dem Gleichakttransformator **1** detektierte Spannungswert  $V_1$  verringert wird.

[0057] Somit kann verhindert werden, dass der von der Spannungsverstärkereinheit **3** gelieferte Gleichtaktstrom mit einem größeren Wert als erforderlich geliefert wird. Somit kann der Grenzwert der Verstärkung der Spannungsverstärkereinheit **3** so vorgegeben werden, dass er gleich einem oder größer als ein Faktor von 1 ist, und zwar durch die Einstellung der Konstanten des obigen Filters.

[0058] Fig. 5 zeigt ein Ersatzschaltbild der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100**, die gemäß Fig. 2 angeschlossen ist. In Fig. 5 sind der Konverter **41** und der Inverter **42** gemäß Fig. 2 eine Rauscherzeugungsquelle, und sie sind gemeinsam als Rauschspannungsquelle **800** dargestellt, deren Rauschspannung  $e$  beträgt.

[0059] Die Gleichtakt-Impedanz der Rauschspannungsquelle **800** beträgt  $Z$ , und die Gleichtaktimpedanz der Wechselstromversorgung **40** ist mit  $Z_r$  angegeben. Die Ersatzschaltung des ersten Gleichakttransformators **1** wird repräsentiert durch eine Transformatorschaltung **801**, die eine Primärwicklung **801a** und eine Sekundärwicklung **801b** aufweist. Das Windungsverhältnis ist 1:1.

[0060] Die Ersatzschaltung des zweiten Gleichakttransformators **2** wird repräsentiert durch eine Transformatorschaltung **802**, die eine Primärwicklung **802a** und eine Sekundärwicklung **802b** aufweist. Das Windungsverhältnis ist 1:1. Die Ersatzschaltung der Spannungsverstärkereinheit **3** wird repräsentiert durch eine Verstärkerschaltung **803**.

[0061] Die Verstärkerschaltung **803** ist an die Sekundärwicklung **801b** (die Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung) der Transformatorschaltung **801** angeschlossen. Da die Eingangsimpedanz der Verstärkerschaltung **803** groß ist, fließt nur ein geringer Strom in der Sekundärwicklung **801b**.

[0062] Daher wird in der Primärwicklung **801a** der Transformatorschaltung **801** die Spannung  $V_1$  von einem Gleichtakt-Strom  $J_2$  erzeugt. Außerdem wird zwischen den beiden Enden der Sekundärwicklung **802b** (Wicklung **24**) der Transformatorschaltung **802** die Spannung  $V_3$ , verstärkt um den Verstärkungsfaktor  $G$ , von der Verstärkerschaltung **803** über den Kondensator **7** an die Sekundärwicklung **802b** angelegt. Daher wird der Gleichtakt-Strom  $J_2$  durch die Spannung  $V_4$  unterdrückt, die zwischen den beiden Enden der Primärwicklung **802a** der Transformatorschaltung **802** erzeugt wird.

[0063] Die Fig. 6 zeigt andererseits eine Ersatzschaltung einer herkömmlichen Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung. Eine Transformatorschaltung **901** zum Detektieren eines Stromes, eine Transformatorschaltung **902** zum Injizieren oder Überlagern eines Stromes sowie eine Stromverstärkerschaltung **903**, bestehend aus Transistoren als Strominjektionsquellen, sind in der Weise miteinander verbunden, wie es in Fig. 6 dargestellt ist.

[0064] Die Transformatorschaltung **901** weist eine Primärwicklung **901a** und eine Sekundärwicklung **901b** auf. Die Transformatorschaltung **902** weist eine Primärwicklung **902a** und eine Sekundärwicklung **902b** auf. Die Stromverstärkerschaltung **903** ist an die Sekundärwicklung **901b** der Transformatorschaltung **901** angeschlossen.

[0065] Die Stromverstärkerschaltung **903** verstärkt einen Gleichtaktstrom  $J_3$ , der von der Transformatorschaltung **901** detektiert wird, um einen Faktor  $k$  und liefert einen Strom  $J_4$  ( $= J_3 \times k$ ). Der Strom  $J_4$  fließt in der Primärwicklung **902a**, welches eine Hauptwicklung der Transformatorschaltung **902** ist. Wenn hierbei  $k = 1$  angenommen wird, so löschen sich die Gleichtaktströme gegenseitig auf sämtlichen Leitungen in Fig. 6 aus.

[0066] Auf diese Weise wird der Gleichtaktstrom  $J_3$  unterdrückt. Die Bedingung  $k = 1$  ist jedoch tatsächlich nicht erfüllt, und zwar wegen Schwankungen bei den Komponenten, Temperaturänderungen oder dergleichen. Infolgedessen tritt das Problem auf, dass der Rauschreduzierungseffekt nicht in ausreichendem Maße erzielt werden kann.

[0067] Da jedoch bei der vorliegenden Ausführungsform die Induktivität zwischen den beiden Enden von jeder der Wicklungen **21**, **22** und **23** des zweiten Gleichakttransformators **2** erhöht ist, können die Gleichtaktströme unterdrückt werden, die in den Drei-Phasen-Wicklungen **21**, **22** und **23** fließen. Da außerdem eine einfache Verstärkerschaltung, beispielsweise bestehend aus einem Operationsverstärker, bei der Spannungsverstärkereinheit **3** verwendet werden kann, lässt sich die Konfiguration der Spannungsverstärkereinheit **3** vereinfachen.

**[0068]** Da die Gleichtaktspannung auf jeder der Drei-Phasen-Wicklungen **21**, **22** und **23** in der oben beschriebenen Weise erzeugt wird, ist dies äquivalent dazu, dass die Induktivität in dem ersten Gleichtakttransformator **1**, die für jede Frequenz von dem Filter **6** eingestellt worden ist und um einen Faktor **G** von der Spannungsverstärkereinheit **3** verstärkt worden ist, zwischen beiden Enden des zweiten Gleichtakttransformators **2** erzeugt wird.

**[0069]** Das Filter **6** wird derart vorgegeben, dass die Verstärkung für jede Frequenz eingestellt wird, beispielsweise durch eine Kombination von Hochpass-Filtern und Tiefpass-Filtern, um auf diese Weise die Verstärkung für ein Frequenzband zu erhöhen, in welchem Rauschen auf einem hohen Pegel auftritt. Es darf darauf hingewiesen werden, dass die Phase der Ausgangsspannung **V4**, die an die Wicklung **24** für die Gleichtakt-Spannungsabgabe angelegt wird, nicht exakt mit der Phase der Gleichtaktspannung **V1** übereinstimmen muss.

**[0070]** Das bedeutet, die Phase der Ausgangsspannung **V4** braucht nur innerhalb eines Bereiches zu liegen, der das Ziel der Erfindung nicht beeinträchtigt, mit anderen Worten, dass sie im wesentlichen gleich der Phase der Gleichtaktspannung **V1** ist.

**[0071]** Somit wird bei den durch das Filter **6** und den Kondensator **7** ausgewählten Frequenzen die Induktivität zwischen beiden Enden von jeder der Wicklungen **21**, **22** und **23** des zweiten Gleichtakttransformators **2** erhöht. Daher können die in den Drei-Phasen-Wicklungen **21**, **22** und **23** fließenden Gleichtaktströme unterdrückt werden. Des Weiteren kann eine einfache Verstärkerschaltung, die beispielsweise aus einem Operationsverstärker aufgebaut ist, als Spannungsverstärkereinheit **3** verwendet werden. Daher lässt sich die Konfiguration der Spannungsverstärkereinheit **3** vereinfachen.

**[0072]** Da außerdem ein Transformator (Gleichtakttransformator) für die Rauschabtastung verwendet wird, können das Filter **6** und die Spannungsverstärkereinheit **3** von den Verbindungsleitungen **91r**, **91s** und **91t** und den Verbindungsleitungen **93r**, **93s** und **93t** auf der Hauptschaltungsseite isoliert werden, und nur eine Rauschkomponente kann durch das Filter **6** detektiert werden.

**[0073]** Da somit die elektronischen Komponenten, die für das Filter **6** und die Spannungsverstärkereinheit **3** verwendet werden, keine hohen Durchbruchspannungen zu besitzen brauchen, können die Größe sowie die Kosten der Vorrichtung reduziert werden.

**[0074]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass in Abhängigkeit von den Voraussetzungen für das Auftreten von Rauschen eine Schaltungskonfiguration

verwendet werden kann, die nur den Kondensator **7** oder nur das Filter **6** verwendet.

**[0075]** Im Hinblick auf die Abtastung der Gleichtaktspannung **V1** durch den ersten Gleichtakttransformator **1** ist außerdem die Eingangsimpedanz der Spannungsverstärkereinheit **3** in einem großen Wert vorgegeben, um die Spannung zwischen den beiden Enden der Wicklung **14** exakt zu detektieren. Dies deswegen, weil die Verringerung der Eingangsimpedanz die Genauigkeit bei der Abtastung der Gleichtaktspannung **V1** verschlechtert.

**[0076]** Da andererseits bei herkömmlichen Techniken der Gleichtaktstrom detektiert werden muss, ist es erforderlich, einen Strom fließen zu lassen, in dem die Eingangsimpedanz mit einem relativ kleinen Wert vorgegeben wird. Bei der herkömmlichen Technik wird daher die Gleichtaktspannung, die in dem Transformator zur Stromabtastung erzeugt wird (Spule zur Stromabtastung) im wesentlichen auf der Ausgangsseite der Wicklung kurzgeschlossen (entsprechend der Wicklung **14** in [Fig. 1](#)).

**[0077]** Daher tritt kaum eine Gleichtaktimpedanz auf. Gemäß der vorliegenden Ausführungsform wird andererseits, während die Gleichtaktspannung erzeugt wird, die erzeugte Gleichtaktspannung mit dem ersten Gleichtakttransformator **1** detektiert. Daher wird ein Rauschreduzierungseffekt wegen der Gleichtaktimpedanz, erzeugt durch den ersten Gleichtakttransformator **1** erzielt, so dass ein weiterer verbesserter Rauschreduzierungseffekt geboten werden kann.

**[0078]** Außerdem tritt ein Phänomen der Spannungsverstärkereinheit **3**, die Rauschen verstärkt, bei einer Frequenz auf, bei der wegen der Eigenschaften, beispielsweise der Impedanz der Schaltung, an welche die Spannungsverstärkereinheit **3** angeschlossen ist, und der Verzögerungszeit des Operationsverstärkers (nicht dargestellt) in der Spannungsverstärkereinheit **3**, die Phase der Ausgangsspannung **V3** des Operationsverstärkers aus der Phase der detektierten Gleichtaktspannung **V1** invertiert wird, oder aber bei der Resonanzfrequenz der Leitungen.

**[0079]** In einem Falle, in dem ein Inverter angeschlossen ist, ist Rauschen in einem Niederfrequenzbereich, wie z. B. in der Nähe der Trägerfrequenz des Inverters enthalten, die nicht beseitigt zu werden braucht. Wegen weiterer Einzelheiten wird auf die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** und den Inverter **42** gemäß [Fig. 8](#) der nachstehend beschriebenen dritten Ausführungsform verwiesen.

**[0080]** Daher werden die Verstärkungen für solche oben erwähnten Frequenzbänder mit dem vorstehend beschriebenen Filter verringert, sodass nur das

Rauschen in einem Frequenzband, das Ziel der Reduzierung ist, reduziert werden kann, ohne das oben erwähnte Rauschen zu verstärken.

**[0081]** Außerdem kann die Frequenz, bei der die Phase invertiert, eingestellt werden durch die Einstellung der Konstanten des Filters **6**. Daher ist es möglich, die Frequenz einzustellen, bei der die Phase der Ausgangsspannung  $V_4$ , bei der es sich um die Spannung handelt, die an die Wicklung **24** des zweiten Gleichtakttransformators **2** angelegt wird, welche von der Spannungsverstärkereinheit **3** abgegeben wird, aus der Phase der Gleichtaktspannung  $V_1$  invertiert wird, und zwar wegen der entsprechenden Eigenschaften, wie z. B. der Verzögerungszeit des Operationsverstärkers oder dergleichen.

**[0082]** Da somit eine gewisse Toleranz bezüglich der Verstärkung für die Frequenz erhalten wird, bei der die Phase invertiert, kann die Verstärkung des Operationsverstärkers für das Rauschen in einem Frequenzband, das ein Ziel der Reduzierung ist, auf einen großen Wert gesetzt werden, sodass ein stabiler Betrieb durchgeführt werden kann.

**[0083]** Die Konstante des Filters wird derart eingestellt, dass als obiges Frequenzband, das Ziel der Reduzierung ist, folgendes gewählt wird: ein Frequenzband, das gleich oder höher als 150 kHz ist, welches als Rauschstandard definiert ist; oder ein Frequenzband, das einen großen Pegel der Rauschkomponente angibt, beispielsweise als Messergebnis von Rauschen bei einem System oder einem Bus. Somit kann das Rauschen aufgrund von Leckströmen in derartigen Frequenzbändern in effizienter Weise reduziert werden.

**[0084]** In einem Fall, in dem eine Gleichstromkomponente wegen des Offset in der Ausgangsspannung  $V_3$  des Operationsverstärkers der Spannungsverstärkereinheit **3** auftritt, ist dann, wenn der Ausgang des Operationsverstärkers direkt an dem zweiten Gleichtakttransformator **2** anliegt, eine Last, die an den Operationsverstärker angeschlossen ist, nur der Widerstand der Wicklung in dem zweiten Gleichtakttransformator **2**, und daher tritt im wesentlichen ein Kurzschlusszustand ein.

**[0085]** Infolgedessen kann der Normalbetrieb nicht durchgeführt werden, oder es ist eine zusätzliche Steuerleistung erforderlich. Da jedoch bei der vorliegenden Ausführungsform die Ausgangsspannung  $V_2$  des Operationsverstärkers über den Kondensator **7** an den zweiten Gleichtakttransformator **2** angelegt wird, so wird ein Gleichstrom wegen der Offsetspannung oder dergleichen durch den Kondensator **7** unterbrochen. Daher kann ein Überstrombetrieb des Operationsverstärkers verhindert werden, und der Normalbetrieb kann durchgeführt werden.

**[0086]** In jüngerer Zeit werden Halbleiter mit großem Bandabstand, beispielsweise Siliciumcarbid (SiC), Materialien auf Gallium-Nitrid-Basis oder Diamant als Schalteinrichtungen verwendet, beispielsweise als FETs **41a** des Konverters **41** und als IGBTs **42a** des Inverters **42**. Infolgedessen wird die Geschwindigkeit im Schaltbetrieb weiter erhöht, aber auch das Rauschen nimmt bei der zunehmenden Geschwindigkeit zu.

**[0087]** Trotz dieser Probleme kann in der oben beschriebenen Weise die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung einen Betrieb derart durchführen, dass ein Hochfrequenzleckstrom reduziert wird, um das Auftreten von Rauschen zu unterdrücken, ohne spezielle Typen von Schalteinrichtungen zu wählen. Daher ist es möglich, das Rauschen in effizienter Weise zu reduzieren, das von den Schalteinrichtungen hervorgerufen wird, welche aus Siliciumcarbid oder dergleichen aufgebaut sind, welche einen Hochgeschwindigkeits-Schaltbetrieb durchführen.

**[0088]** Auch in einem Falle, in welchem die Spannungsverstärkereinheit eine Verstärkung durchführt unter Verwendung einer Halbleitereinrichtung, wie z. B. eines FET **3d**, gebildet aus einem Halbleiter mit breitem Bandabstand, wie z. B. Siliciumcarbid (SiC), Materialien auf Gallium-Nitrid-Basis oder Diamant, ist es daher in ähnlicher Weise weiterhin möglich, den Einfluss des Auftretens von Rauschen zu reduzieren und Hochfrequenzleckströme zu reduzieren.

**[0089]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass gemäß der Darstellung in [Fig. 2](#), wenn die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung zwischen der Wechselstromversorgung **40** und dem Konverter **41** vorgesehen ist, sämtliche Gleichtaktströme unterdrückt werden, die von dem Konverter **41** und dem Inverter **42** erzeugt werden. Daher kann das Ausbreiten von Rauschen zu der Gleichstromquelle **40** in effizienter Weise unterdrückt werden.

#### Zweite Ausführungsform

**[0090]** [Fig. 7](#) zeigt eine schematische Darstellung zur Erläuterung der Konfiguration einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform.

**[0091]** Gemäß [Fig. 7](#) wird eine Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **200** als Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung anstelle der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100** gemäß [Fig. 2](#) verwendet. Der Strom für den Betrieb (Stromversorgung) der Spannungsverstärkereinheit **3** wird über die Verbindungsleitungen **91s** und **91t** zugeführt.



**[0092]** Bei der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **200** ist die Anode einer Diode **30** mit der Verbindungsleitung **91s** für die Phase S verbunden, und die Kathode ist über einen Widerstand **31** mit einer Reihenschaltung, bestehend aus Kondensatoren **33** und **34** verbunden, und zwar auf der Seite des Kondensators **33**.

**[0093]** Die Reihenschaltung, bestehend aus den Kondensatoren **33** und **34**, ist auf der Seite des Kondensators **34** mit der Verbindungsleitung **91t** für die Phase T verbunden. Der Verbindungspunkt zwischen den Kondensatoren **33** und **34** ist auf Masse gelegt. Außerdem ist eine Zenerdiode **32** parallel zu der Reihenschaltung geschaltet, die aus den Kondensatoren **33** und **34** besteht.

**[0094]** Eine Wechselspannung tritt zwischen den Verbindungsleitungen **91s** und **91t** für die Phasen S und T auf. Die Wechselspannung wird durch eine Halbwellen-Gleichrichtung mit der Diode **30** verarbeitet, dann mit dem Widerstand **31** und der Zenerdiode **32** heruntergeteilt, sodass Stromversorgungen **4** und **5** zum Betreiben der Spannungsverstärkereinheit **3** an den Kondensatoren **33** und **34** erhalten werden.

**[0095]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass die Stromversorgungen **4** und **5** mit den Stromversorgungsanschlüssen **3a** und **3b** der Spannungsverstärkereinheit **3** verbunden sind. Im Übrigen ist die Konfiguration die gleiche wie bei der ersten Ausführungsform gemäß **Fig. 1** bis **Fig. 4**. Daher sind die Komponenten, welche denen der ersten Ausführungsform entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen bezeichnet, sodass eine erneute Beschreibung entbehrlich ist.

**[0096]** Somit können gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Gleichstromversorgungen **4** und **5** zum Betreiben der Spannungsverstärkereinheit **3** von der Wechselstrom-Versorgungsseite versorgt werden. Daher ist es nicht erforderlich, einen Isolationstransformator oder einen Sperrwandler vorzusehen. Infolgedessen können die Abmessungen sowie die Kosten einer Baugruppe der Stromversorgung reduziert werden.

**[0097]** Gemäß **Fig. 7** werden die Gleichstromversorgungen **4** und **5** zum Betreiben der Spannungsverstärkereinheit **3** von der Wechselstromversorgung **40** über die Verbindungsleitungen **91s** und **91t** erhalten; wegen der Wechselstromversorgung **40** wird auf **Fig. 2** Bezug genommen.

**[0098]** Die Gleichstromversorgungen können jedoch auch durch Gleichrichtung von den Verbindungsleitungen **8r**, **8s** und **8t** erhalten werden, oder aber eine Reihenschaltung, bestehend aus zwei Kondensatoren, wie oben beschrieben, kann zwischen die Verbindungsleitungen **49P** und **49N** gemäß **Fig. 2** ge-

schaltet werden, um Gleichstromversorgungen zu erhalten. Auch in diesen Fällen kann die gleiche Wirkung erzielt werden.

### Dritte Ausführungsform

**[0099]** **Fig. 8** und **Fig. 9** zeigen eine dritte Ausführungsform. Insbesondere zeigt **Fig. 8** eine Schaltungsanordnung mit einer anderen Verbindungsanordnung für die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung; **Fig. 9** zeigt eine Schaltungsanordnung mit einem weiteren Beispiel für die Verbindung der Komponenten.

**[0100]** Wie in **Fig. 8** dargestellt, ist der Konverter **41** als erste elektrische Vorrichtung an die Wechselstromversorgung angeschlossen, und es ist eine Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** als Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung zwischen dem Konverter **41** und dem Inverter **42** als zweite elektrische Vorrichtung vorgesehen.

**[0101]** Die Wechselstrom-Ausgangsseite des Inverters **42** ist mit einem Drei-Phasen-Motor **43** verbunden, sodass der Drei-Phasen-Motor von einem Drei-Phasen-Wechselstrom mit variabler Spannung und variabler Frequenz angetrieben wird.

**[0102]** Da die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** auf der Gleichspannungsseite vorgesehen ist, so ist ihre Konfiguration etwas anders als die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100**, die auf der Wechselspannungsseite gemäß **Fig. 1** vorgesehen ist. Beispielsweise sind nur zwei Hauptwicklungen vorgesehen, in denen die Gleichströme fließen. Die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** hat jedoch die gleiche Funktion wie die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100** gemäß **Fig. 1**.

**[0103]** In einem Fall, in dem der Inverter **42** in der oben beschriebenen Weise angeschlossen ist, tritt Rauschen in einem Niederfrequenzbereich auf, wie z. B. in der Nähe der Trägerfrequenz des Inverters **42**, das nicht beseitigt zu werden braucht. Daher wird die Verstärkung für das obige Frequenzband durch das Filter **6** verringert, sodass nur Rauschen in einem Frequenzband, das Ziel der Reduzierung ist, reduziert werden kann, ohne das oben erwähnte Rauschen zu verstärken.

**[0104]** In einem Fall, in welchem die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung zwischen dem Konverter **41** und dem Inverter **42** in der oben beschriebenen Weise vorgesehen ist, kann aufgrund des Umstandes, dass nur zwei Verbindungsleitungen (positive Leitung **49P** und negative Leitung **49N**) vorhanden sind, die Anzahl von Wicklungen bei jedem von dem ersten Gleichtakttransformator **1** und dem zweiten Gleichtakttransformator **2** um eine ver-

ringert werden. Daher können die Abmessungen und die Kosten der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung weiter verringert werden.

[0105] Alternativ kann, wie in [Fig. 9](#) dargestellt, eine Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **400** als Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung zwischen dem Inverter **42** als einer ersten elektrischen Vorrichtung und dem Drei-Phasen-Motor **43** als zweiter elektrischer Vorrichtung vorgesehen sein, und diese Einheiten können angeschlossen werden über die Verbindungsleitung **95r**, **95s** und **95t** auf der linken Seite sowie die Verbindungsleitungen **96r**, **96s** und **96t** auf der rechten Seite der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **400** gemäß [Fig. 9](#).

[0106] Es darf darauf hingewiesen werden, dass die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **400** die gleiche Funktion besitzt wie die Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **100** gemäß [Fig. 1](#), obwohl es geringe Differenzen zwischen ihnen in ihren Spezifikationen gibt.

[0107] Bei der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** gemäß [Fig. 8](#) können die Gleichstromversorgungen zum Betreiben der Spannungsverstärkereinheit **3** erhalten werden von den Verbindungsleitungen **49P** und **49N** auf der Seite des Konverters **41**, oder von den Verbindungsleitungen **49P** und **49N** auf der Seite des Inverters **42**.

[0108] Außerdem kann bei der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **400** gemäß [Fig. 9](#) eine Wechselspannung von den Verbindungsleitungen **95r**, **95s** und **95t** oder den Verbindungsleitungen **96r**, **96s** und **96t** erhalten werden, und dann kann die Wechselspannung gleichgerichtet werden, um Gleichstromversorgungen zu erhalten, und zwar in gleicher Weise wie bei der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **300** gemäß [Fig. 8](#).

#### Vierte Ausführungsform

[0109] [Fig. 10](#) zeigt die Konfiguration einer Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform. Gemäß [Fig. 10](#) weist eine Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **600** eine Spannungsinjektionsschaltung oder Spannungsüberlagerungsschaltung **62** als Spannungsanlageeinrichtung auf. Die Spannungsüberlagerungsschaltung **62** ist anstelle des zweiten Gleichtakttransformators **2** gemäß [Fig. 1](#) vorgesehen.

[0110] Die Spannungsüberlagerungsschaltung **62** weist folgendes auf: Kondensatoren **621**, **622** und **623** für die Gleichtakt-Spannungsabgabe als Kondensatoren zur Spannungsüberlagerung; sowie ei-

nen Massewiderstand **624** als Impedanz, der mit den Kondensatoren **621**, **622** und **623** verbunden ist.

[0111] Genauer gesagt, ein Anschluss von dem Paar von Anschlüssen von jedem der Kondensatoren **621**, **622** und **623** ist mit einer entsprechenden Leitung der Drei-Phasen-Verbindungsleitungen **93r**, **93s** bzw. **93t** verbunden, und der jeweils andere Anschluss ist gemeinsam an einen gemeinsamen Verbindungspunkt **62N** als neutralen Punkt in einer Y-Verbindung angeschlossen.

[0112] Der gemeinsame Verbindungspunkt **62N** ist über den Massewiderstand **624** geerdet. Das Vorsehen des Massewiderstandes **624** stabilisiert das Potenzial des gemeinsamen Verbindungspunktes **62N**, an den die Kondensatoren **621**, **622** und **623** in einer Y-Verbindung angeschlossen sind gegenüber Einflüssen von normalem Rauschen und dergleichen.

[0113] Außerdem kann ein Hochpassfilter gebildet werden durch einen Kondensator (nicht dargestellt) eines Filters **67** und dem Massewiderstand **624**, so dass das Überlagern einer Spannung mit einer Frequenz verhindert werden kann, die gleich der oder niedriger als eine Standardfrequenz ist.

[0114] Der Ausgang der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung ist mit dem positiven Eingangsanschluss der Spannungsverstärkereinheit **3** über das Filter **6** verbunden, und die zugeführte Spannung wird von dem FET **3d** verstärkt.

[0115] Dann wird die verstärkte Spannung als Ausgangsspannung, über das Filter **67** als ausgangsseitiges Filter, an den Verbindungspunkt zwischen dem Massewiderstand **624** und den gemeinsamen Verbindungspunkt **62N** angelegt, und zwar über die Kondensatoren **621**, **622** und **623**.

[0116] Im Übrigen ist die Konfiguration die gleiche wie bei der ersten Ausführungsform gemäß [Fig. 1](#). Daher sind die Komponenten, die denen der ersten Ausführungsform entsprechen, mit den gleichen Bezugszeichen und Symbolen bezeichnet, sodass eine erneute Beschreibung entbehrlich erscheint.

[0117] Durch die Einstellung der Verstärkung für jede Frequenz in dem Filter **6** kann eine Phaseninvertierungsfrequenz eingestellt werden, bei der die Phase der Ausgangsspannung V3 des nicht dargestellten Operationsverstärkers, die in der Spannungsverstärkereinheit **3** gespeichert ist, gegenüber der Phase der Gleichtakt-Spannung V1 invertiert wird, die von dem Gleichtakttransformator **1** detektiert wird.

[0118] Daher ist es möglich, die Frequenz einzustellen, bei der die Ausgangsphase der Spannungsverstärkereinheit **3** invertiert, und zwar aufgrund von Eigenschaften, wie z. B. der Verzögerungszeit des

Operationsverstärkers oder dergleichen. Da eine gewisse Toleranz bezüglich der Verstärkung des Operationsverstärkers für die Frequenz erhalten wird, bei der die Phase invertiert, kann die Verstärkung des Operationsverstärkers für Rauschen in einem Frequenzband, das nicht Ziel der Reduzierung ist, auf einen großen Wert gesetzt werden.

**[0119]** Wenn ferner bei dem Drei-Phasen-Stromversorgungssystem als Ziel der Rauschreduzierung eine der drei Phasen geerdet ist, dann kann die Spannung, welche der einen Phase des Drei-Phasen-Stromversorgungssystems entspricht, an den Ausgang der Spannungsverstärkereinheit **3** angelegt werden. Eine derartige Spannung beeinträchtigt den Betrieb der Spannungsverstärkereinheit in nachteiliger Weise.

**[0120]** Daher ist das Filter **67** mit der Ausgangsseite der Spannungsverstärkereinheit **3** verbunden, um auf diese Weise zu verhindern, dass die Spannung der einen Phase des Stromversorgungssystems über die Spannungsüberlagerungsschaltung **62** angelegt wird.

**[0121]** Es darf darauf hingewiesen werden, dass das Filter **67** aus einem Kondensator und einem Widerstand aufgebaut ist, um ein Hochpass-Filter zu bilden. Wenn die Ausgangsimpedanz der Spannungsverstärkereinheit **3** den Widerstand des Filters **67** ersetzen kann, so braucht das Filter **67** nur aus dem Kondensator zu bestehen.

**[0122]** Als Variation der Spannungsüberlagerungsschaltung **62** kann ein Kondensator als Impedanz anstelle des Massewiderstandes **624** vorgesehen werden.

**[0123]** Ein Phänomen der Spannungsverstärkereinheit **3**, die eine anormale Spannung abgibt, tritt auf bei einer Phaseninvertierungsfrequenz, bei der aufgrund von Eigenschaften, wie z. B. der Impedanz der Schaltung, an welche die Spannungsverstärkereinheit **3** angeschlossen ist, und der Verzögerungszeit des Operationsverstärkers (nicht dargestellt), die in der Spannungsverstärkereinheit **3** gespeichert ist, die Phase der Ausgangsspannung **V3** des Operationsverstärkers der Spannungsverstärkereinheit **3** gegenüber der Phase der Gleichtaktspannung **V1** invertiert, welche von dem Gleichtakttransformator **1** detektiert wird, oder bei einer Resonanzfrequenz der Leitungen.

**[0124]** Die Phaseninvertierungsfrequenz und die Resonanzfrequenz können jedoch eingestellt werden durch die Einstellung der Kapazitäten der Kondensatoren **621**, **622** und **623**. Somit können die Frequenzen, bei denen eine anormale Spannung in der oben beschriebenen Weise abgegeben wird, getrennt wer-

den von einer Frequenz, die Ziel der Reduzierung ist, definiert durch einen Rauschstandard.

**[0125]** Wie bereits erwähnt, weist bei der Hochfrequenzleckstrom-Reduzierungsvorrichtung **600** als Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung gemäß der vorliegenden Ausführungsform die Spannungsüberlagerungsschaltung **62** als Spannungsanlageeinrichtung eine Vielzahl von Kondensatoren **621** bis **623** als Spannungsüberlagerungskondensatoren auf, die jeweils ein Paar von Anschlüssen aufweisen.

**[0126]** Der eine Anschluss von dem Paar von Anschlüssen von jedem der Kondensatoren **621** bis **623** ist an die entsprechende Leitung von der Vielzahl von Verbindungsleitungen **93r**, **93s** bzw. **93t** angeschlossen, und der andere Anschluss ist gemeinsam an den gemeinsamen Verbindungspunkt **62N** angeschlossen. Der gemeinsame Verbindungspunkt **62N** ist über den Massewiderstand **624** als Impedanz geerdet.

**[0127]** Die Spannung **V4**, die von der Spannungsverstärkereinheit **3** abgegeben wird, wird zwischen dem gemeinsamen Verbindungspunkt **62N** und Masse angelegt, sodass eine angelegte Spannung auf den Verbindungsleitungen erzeugt wird, deren Phase im wesentlichen mit der Phase der abgetasteten Spannung übereinstimmt.

**[0128]** Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen bestehen die Wicklungen **11**, **12** und **13** sowie die Wicklung **14** des ersten Gleichtakttransformators **1** jeweils aus der gleichen Anzahl von Drahtwindungen, d. h. es sind fünf Drahtwindungen auf einen nicht dargestellten Eisenkern gewickelt. Ferner bestehen die Wicklungen **21**, **22** und **23** sowie die Wicklung **24** für das Anlegen der Gleichtaktspannung als Wicklung zum Spannungsanlagen des zweiten Gleichtakttransformators **2** jeweils aus der gleichen Anzahl von Drahtwindungen, d. h. fünf Drahtwindungen, die auf einen nicht dargestellten Eisenkern gewickelt sind.

**[0129]** Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt. Die Anzahl von Windungen der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabgabe kann das N-fache der Anzahl von Windungen der Wicklungen **11**, **12** und **13** ausmachen, wobei **N** eine ganze Zahl ist, die gleich 2 oder größer ist. In diesem Falle ist der Abtastwert der Gleichtaktspannung gegeben durch  $V1 \times N$ .

**[0130]** Wenn somit der Abtastwert der Gleichtaktspannung um N-fache erhöht wird, d. h. wenn die Anzahl von Windungen der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung so vorgegeben wird, dass sie größer ist als die Anzahl von Windungen der Wicklungen **11**, **12** und **13**, um die detektierte Spannung zu erhöhen, dann wird eine Induktivität, die  $(N \times G)$ -mal so groß ist wie die Induktivität des ersten Gleichtakt-

transformators, die Wicklung **24** des zweiten Gleichakttransformators **2** angelegt, wobei G wiederum die Verstärkung ist.

**[0131]** Daher können die Gleichtaktströme, die in den Verbindungsleitungen **91r** bis **91t** und den Wicklungen **21**, **22** und **23** fließen, weiter unterdrückt werden. In dem Fall, in welchem das Windungsverhältnis N auf einen großen Wert gesetzt wird, kann die Verstärkung G der Spannungsverstärkereinheit **3** auf einen relativ kleinen Wert gesetzt werden, sodass das Auftreten eines Verstärkungsfehlers oder eines Offsetfehlers in der Spannungsverstärkereinheit **3** unterdrückt werden kann.

**[0132]** Auch in einem Falle, in welchem ein erster Gleichakttransformator **1** mit verringerter Größe und verringerter Impedanz verwendet wird, kann dann, wenn das Windungsverhältnis N auf einen großen Wert gesetzt ist, eine ausreichend große Gleichtaktspannung detektiert werden. Da die Wicklung **24** auf die Abtastung einer Gleichtaktspannung gerichtet ist und ein darin fließender Strom nicht sehr groß ist, kann ein dünner Draht verwendet werden. Es ist daher relativ leicht, das Windungsverhältnis N mit einem großen Wert vorzugeben.

**[0133]** Außerdem kann bei dem ersten Gleichakttransformator **1** die Anzahl von Windungen für jede der Wicklungen **11**, **12** und **13** N-mal so groß sein wie die Anzahl von Windungen der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung, wobei N eine ganze Zahl ist, die gleich 2 oder größer ist.

**[0134]** Da in diesem Falle die Anzahl von Windungen der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung gleich  $1/N$  der Anzahl von Windungen von jeder der Wicklungen **11**, **12** und **13** ist, hat der Abtastwert der Gleichtaktspannung den Wert  $V1/N$ .

**[0135]** Wenn jedoch die Anzahl von Windungen für jede der Wicklungen **11**, **12** und **13** des ersten Gleichakttransformators **1** groß ist, kann die Anzahl von Windungen der Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung auf einen kleinen Wert gesetzt werden.

**[0136]** Damit wird der Effekt erreicht, dass die Installation der Wicklung **14** erleichtert wird. Es darf darauf hingewiesen werden, dass, obwohl der Abtastwert der Gleichtaktspannung den Wert  $V1/N$  besitzt, auch wenn die Verstärkung G der Spannungsverstärkereinheit **3** erhöht wird, ein gewünschter Leckstrom-Reduzierungseffekt erzielt werden kann.

**[0137]** Bei den oben beschriebenen Ausführungsformen bestehen die Wicklungen **11** bis **13**, **14**, **21** bis **23** sowie **24** bei dem ersten und dem zweiten Gleichakttransformator jeweils aus Draht, der auf einen Ei-

senkern gewickelt ist. Die Erfindung ist jedoch nicht hierauf beschränkt.

**[0138]** Beispielsweise können die Verbindungsleitungen **91r**, **91s** und **91t** auch ringförmige Eisenkerne durchdringen, und die Drähte können auf die ringförmigen Eisenkerne gewickelt sein, um die Wicklung **14** für die Gleichtakt-Spannungsabtastung sowie die Wicklung **24** für die Gleichtakt-Spannungsabgabe zu bilden. Auch in diesem Falle kann die gleiche Wirkung erzielt werden.

**[0139]** Bei dem Filter **6** können ein Filter oder eine Vielzahl von separaten Filtern verwendet werden; die Passfrequenzcharakteristik der separaten Filter kann eingestellt oder fixiert werden, und die separaten Filter können in Kombination in geeigneter Weise verwendet werden, unter Verwendung einer Parallelschaltung, einer Reihen-Parallel-Schaltung und dergleichen, um es zu ermöglichen, dass das Filter eine gewünschte Charakteristik besitzt.

**[0140]** Weiterhin kann das Filter **67** als zweites Filter gemäß [Fig. 10](#) anstelle des Kondensators **7** verwendet werden als ausgangsseitiges Filter gemäß [Fig. 1](#) und [Fig. 7](#). Das Filter **6** kann auch weggelassen werden.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 09-215341 A [0003]

**Patentansprüche**

1. Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung, die folgendes aufweist:

- eine Spannungsabtasteinrichtung;
- ein eingangsseitiges Filter;
- eine Spannungsverstärkereinheit;
- eine Spannungsanlegeeinrichtung,

wobei die Leckstrom-Reduzierungsvorrichtung über eine Verbindungsleitung zwischen einer ersten elektrischen Vorrichtung und einer zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen ist,

wobei die Spannungsabtasteinrichtung eine Hauptwicklung sowie eine Wicklung für die Leckstromabtastung aufweist,

wobei die Hauptwicklung über die Verbindungsleitung zwischen der ersten elektrischen Vorrichtung und der zweiten elektrischen Vorrichtung vorgesehen ist, sodass ein in der Verbindungsleitung fließender Leckstrom als Abtastspannung von der Wicklung für die Leckstromabtastung detektiert wird,

wobei die Abtastspannung in das eingangsseitige Filter eingegeben wird,

wobei die Spannungsverstärkereinheit eine von dem eingangsseitigen Filter abgegebene Spannung verstärkt und die verstärkte Spannung als Ausgangsspannung liefert, und

wobei die Spannungsanlegeeinrichtung auf der Verbindungsleitung eine Anlegespannung erzeugt, um auf der Basis der Ausgangsspannung den Leckstrom zu reduzieren.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Spannungsanlegeeinrichtung auf der Verbindungsleitung die Anlegespannung erzeugt, deren Phase im wesentlichen mit der Phase der Abtastspannung übereinstimmt, und zwar auf der Basis der Ausgangsspannung.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, wobei die Spannungsanlegeeinrichtung eine Hauptwicklung sowie eine Wicklung zum Spannungsanlegen aufweist,

wobei die Hauptwicklung der Spannungsabtasteinrichtung und die Hauptwicklung der Spannungsanlegeeinrichtung in Reihe miteinander geschaltet sind und zwischen der ersten elektrischen Vorrichtung und der zweiten elektrischen Vorrichtung über die Verbindungsleitung vorgesehen sind, und

wobei die Ausgangsspannung an die Wicklung zum Spannungsanlegen angelegt wird, sodass die Anlegespannung, deren Phase im wesentlichen mit der Phase der Abtastspannung übereinstimmt, auf der Hauptwicklung der Spannungsanlegeeinrichtung erzeugt wird.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, die ferner ein ausgangsseitiges Filter aufweist, wobei in der Spannungsanlegeeinrichtung die Ausgangs-

spannung über das ausgangsseitige Filter an die Wicklung zum Spannungsanlegen angelegt wird.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das eingangsseitige Filter bezüglich des Durchgangsfrequenzbereiches eingestellt werden kann.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das eingangsseitige Filter aus Filtern aufgebaut ist, die bezüglich ihrer jeweiligen Durchgangsfrequenzbereiche eingestellt werden können, wobei die Filter parallel zueinander oder in Reihe miteinander oder in Reihe miteinander sowie parallel zueinander in einer mehrstufigen Anordnung verbunden sind.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei das eingangsseitige Filter von den Frequenzkomponenten der detektierten Spannung eine Frequenzkomponente, deren Frequenz gleich einem oder höher als ein vorbestimmter Wert ist, begrenzt und

wobei der vorbestimmte Wert eine Frequenz ist, bei der die Phase der Ausgangsspannung gegenüber der Phase der detektierten Spannung invertiert.

8. Vorrichtung nach Anspruch 5, wobei das eingangsseitige Filter bezüglich seiner Konstanten eingestellt werden kann, sodass die Frequenz, bei der die Phase der Ausgangsspannung gegenüber der Phase der detektierten Spannung invertiert, eingestellt werden kann, indem die Konstante verändert wird.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei eine von der ersten elektrischen Vorrichtung und der zweiten elektrischen Vorrichtung ein Inverter vom Pulsbreiten-Modulationstyp ist, und wobei das eingangsseitige Filter von den Frequenzkomponenten der detektierten Spannung den Durchgang einer Frequenzkomponente, deren Frequenz gleich einer oder niedriger als eine Trägerfrequenz des Inverters ist, begrenzt.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste elektrische Vorrichtung eine Wechselstromversorgung ist und

wobei die zweite elektrische Vorrichtung ein Konverter ist, der den von der Wechselstromversorgung gelieferten Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erste elektrische Vorrichtung ein Konverter ist, der Wechselstrom in Gleichstrom umwandelt, und wobei die zweite elektrische Vorrichtung ein Inverter ist, der den vom Konverter abgegebenen Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4,

wobei die erste elektrische Vorrichtung ein Inverter ist, der Gleichstrom in Wechselstrom umwandelt, und wobei die zweite elektrische Vorrichtung eine vom Inverter angetriebene Last ist.

Es folgen 10 Blatt Zeichnungen





FIG. 2

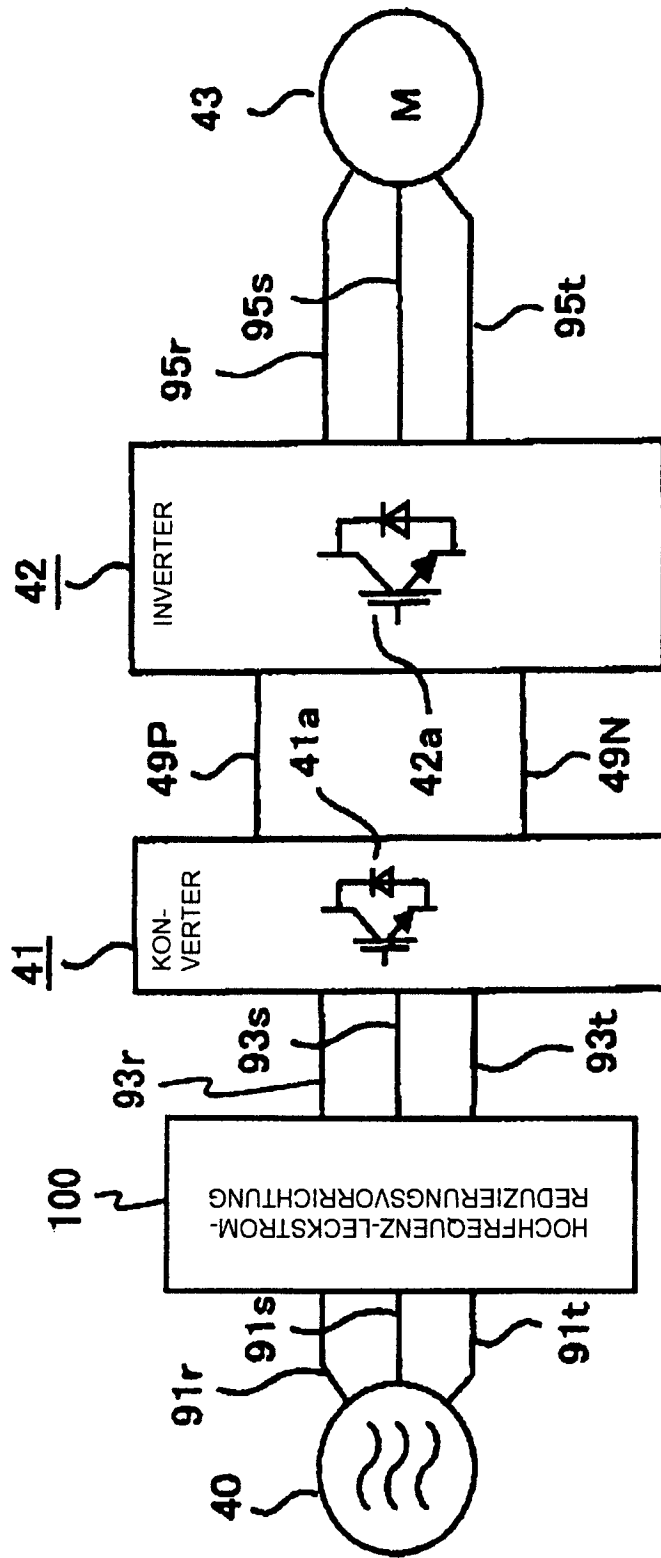


FIG. 3

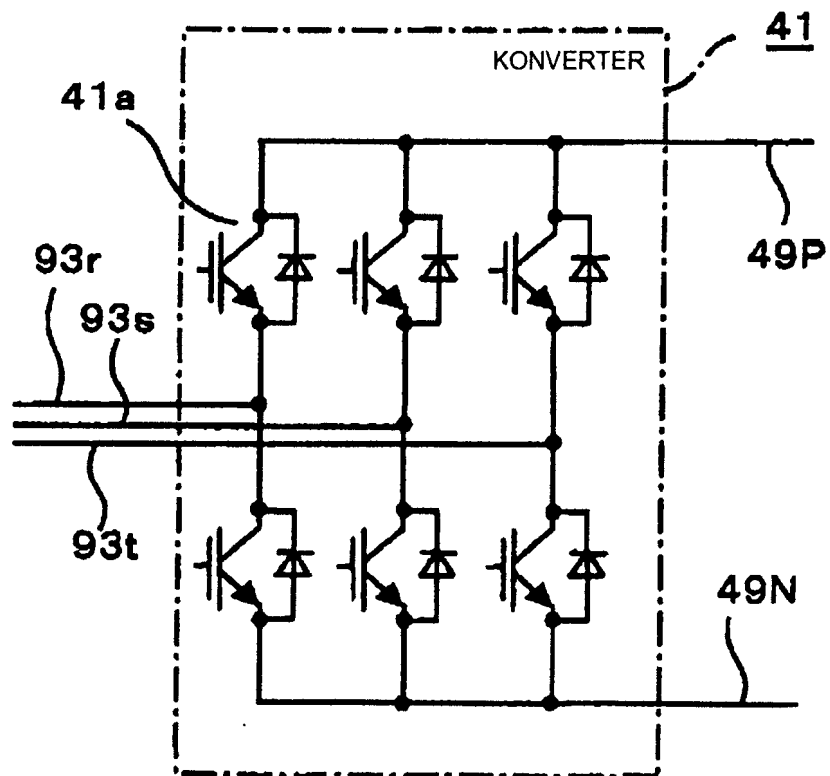


FIG. 4

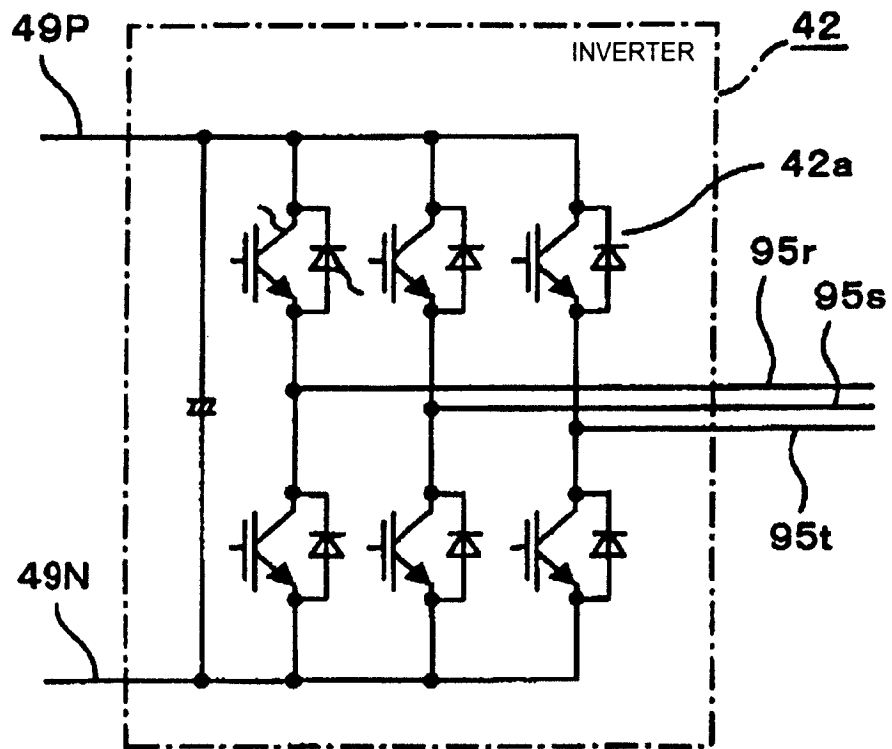


FIG. 5

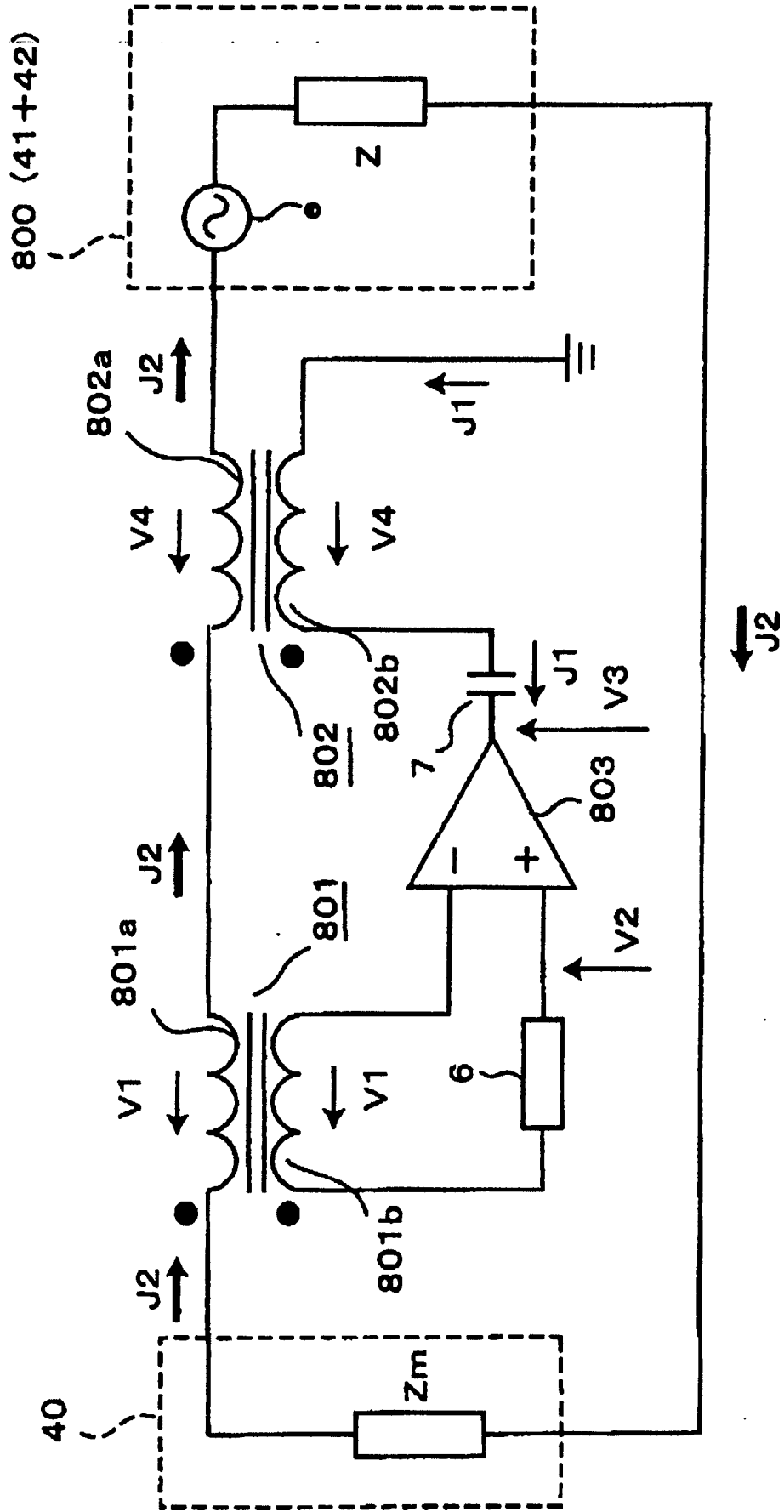






FIG. 8

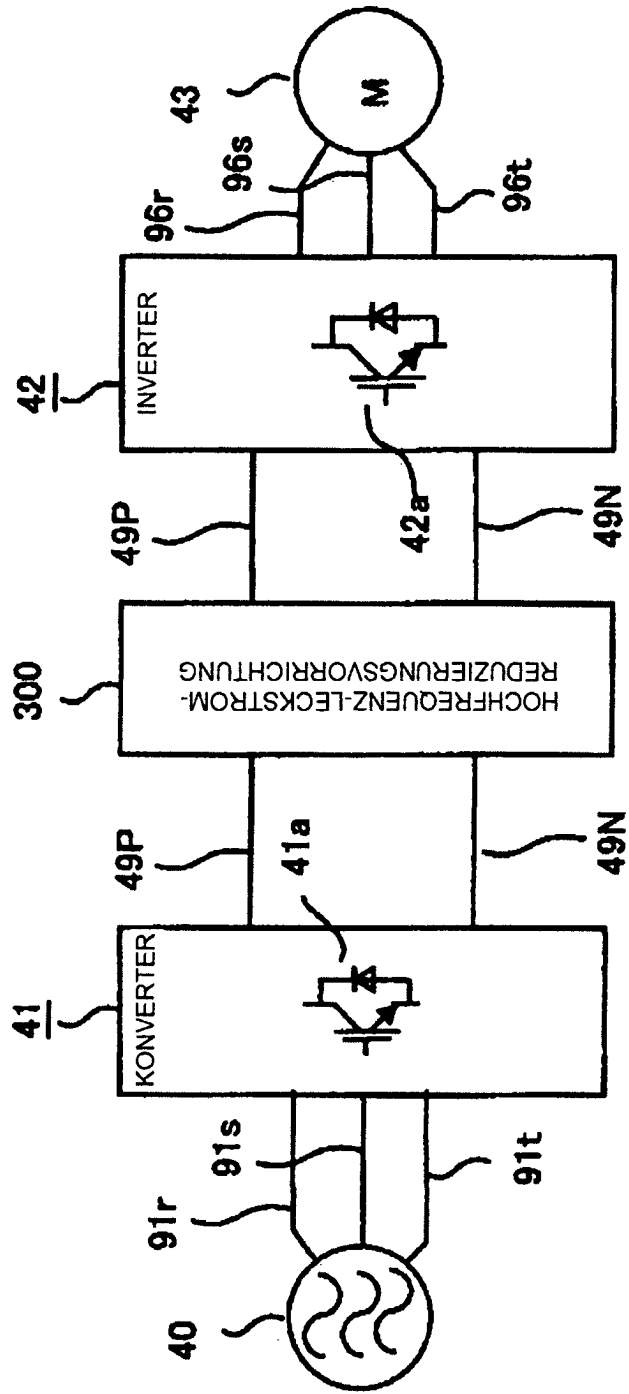


FIG. 9

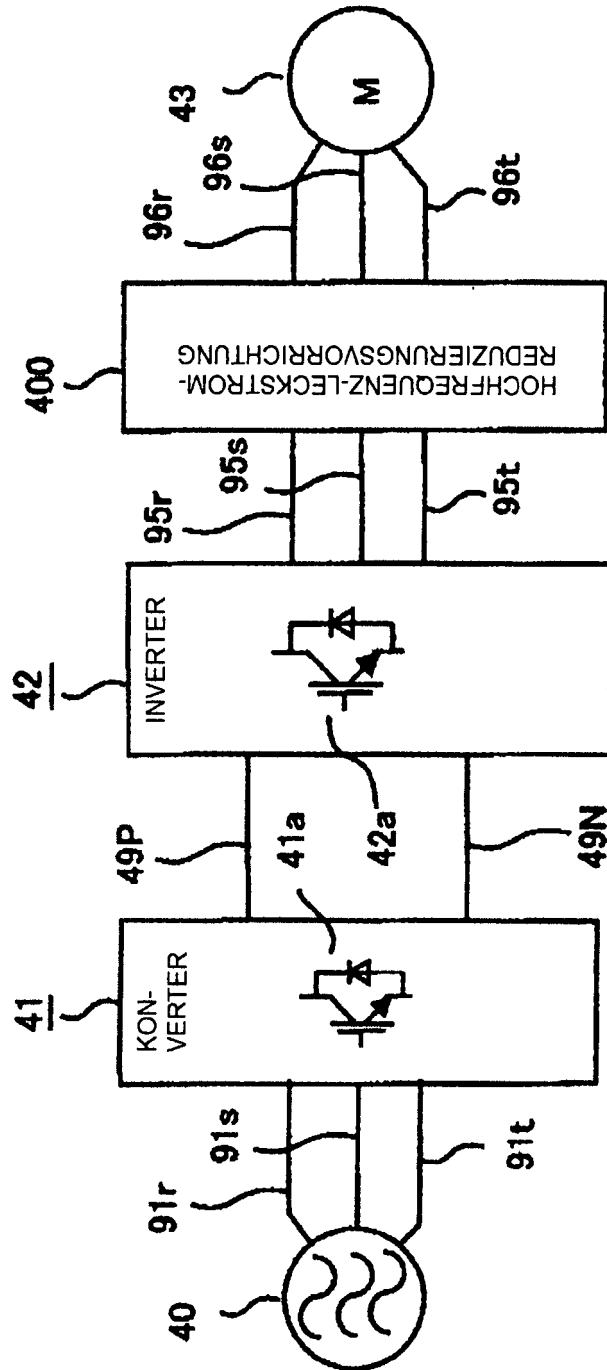




FIG. 10

