



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 11 2007 002 117 T5 2009.07.02

(12)

## Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der  
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2008/047616**  
in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2007 002 117.9**  
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2007/069529**  
(86) PCT-Anmeldetag: **01.10.2007**  
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **24.04.2008**  
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
in deutscher Übersetzung: **02.07.2009**

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02M 3/155 (2006.01)**  
**H02J 1/12 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2006-282580 17.10.2006 JP**

(74) Vertreter:  
**Kuhnen & Wacker Patent- und  
Rechtsanwaltsbüro, 85354 Freising**

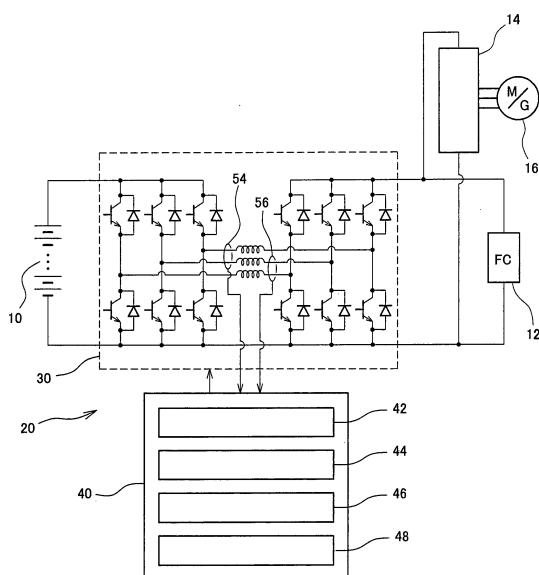
(71) Anmelder:  
**Toyota Jidosha Kabushiki Kaisha, Toyota-shi,  
Aichi-ken, JP**

(72) Erfinder:  
**Manabe, Kota, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;  
Hasegawa, Takahiko, Toyota-shi, Aichi-ken, JP;  
Imanishi, Hiroyuki, Toyota-shi, Aichi-ken, JP**

(54) Bezeichnung: **Umrichter-Steuervorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist und eine Konfiguration enthält, bei der Umrichter in einer Vielzahl von Phasen angeordnet sind, von denen jede eine Vielzahl von Schalterelementen und einen Reaktor enthält, und die eine Spannungsumsetzung in zwei Richtungen durchführen und die parallel geschaltet sind, und wobei die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den durch den Umrichter hindurch fließenden elektrischen Strom anzutreiben sind, geändert wird, wobei die Umrichter-Steuervorrichtung Folgendes aufweist:

eine Stromdetektoreinheit, die einen Strom detektiert, der durch den Reaktor fließt, und  
eine Einheit, die den elektrischen Strom ableitet, der durch einen angetriebenen Umsetzer fließt, und zwar auf der Grundlage des Stromes, der durch die Stromdetektoreinheit detektiert wird.



**Beschreibung****Hintergrund der Erfindung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Umrichter-Steuervorrichtung und spezieller eine Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist; welche ferner eine Konfiguration aufweist, bei der eine Vielzahl von Umrichtern, von denen jeder eine Vielzahl von Schaltelementen und ein Reaktor aufweist, parallel geschaltet sind, und welche eine Spannungsumsetzung in zwei Richtungen durchführt; und bei der die Zahl der Umrichterphasen geändert wird, die im Ansprechen auf den durch den Umrichter hindurchfließenden elektrischen Strom angetrieben werden.

**[0002]** In einem Stromversorgungssystem, welches eine Brennstoffzelle verwendet, wird der elektrische Strom dadurch zugeführt, indem ein Spannungsumrichter vorgesehen wird, der eine Ausgangsgröße einer Sekundärbatterie erhöht oder vermindert, und wobei der Spannungsumrichter an Ausgangsanschlüsse der Brennstoffzelle angeschlossen wird, um Lastschwankungen in den Griff zu bekommen, welche die elektrische Generierungskapazität der Brennstoffzelle überschreiten, um dadurch den System-Wirkungsgrad zu erhöhen und um regenerative elektrische Energie wieder zu gewinnen, wenn ein Motor als Last verwendet wird, der die Fähigkeit hat, die Regenerierung durchzuführen. In einem solchen Fall besteht der Spannungsumrichter aus einem Umrichter, der die Funktion eines Gleichstrom-Spannungs-Umrichters hat und auch als ein DC/DC(Gleichstrom/Gleichstrom)-Umrichter bezeichnet wird; und beispielsweise auch mit einem Spannungsumrichter, der aus Schaltelementen und Reaktoren zusammengesetzt ist. Es werden in Hinblick auf die Reduzierung der Nennkapazität des Schaltelements eine Vielzahl der Umrichter parallel geschaltet.

**[0003]** Beispielsweise offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 2006-33934, dass zu dem Zweck, um plötzliche Änderungen im Lastvolumen in den Griff zu bekommen, welche die Generierungskapazität einer Brennstoffzelle überschreiten, ein Spannungsumrichter, der in einer Vielzahl von Phasen arbeitet, zwischen die Brennstoffzelle und eine Batterie geschaltet wird, und wobei Änderungen in der Zahl der Phasen und im Tastverhältnis des Spannungsumrichters durch Abschätzen einer Änderung im Lastvolumen bestimmt werden. Es ist dann auch ausgeführt, dass allgemein ein Spannungsumrichter mit einer Vielzahl von Phasen vorgesehen wird, wobei ein Verlust der elektrischen Energie, die in dem Umrichter verloren geht, entsprechend einem Wert des durchfließenden elektrischen Stromes schwankt, der dem Eingangs- und Aus-

gangs-Umsetzenergievolumen und dem Operations-Arbeitsvolumen entspricht; wobei dann, wenn die hindurch fließende elektrische Energie oder der hindurch fließende elektrische Strom groß ist, der Verlust von einem Dreiphasenbetrieb, bei dem die Zahl der Phasen größer ist, kleiner ist als derjenige eines Einzelphasenbetriebes, und wobei dann, wenn der hindurch fließende elektrische Strom klein ist, der Verlust des Einzelphasenbetriebes kleiner ist als derjenige des Dreiphasenbetriebes. Das heißt, es werden die Gründe beschrieben, wann der Verlust bei einem Dreiphasen-Brücken-Umsetzer einen Reaktor-Kupferverlust einer Reaktorspule enthält, ferner einen Modulverlust durch Betreiben eines Schaltelements und einen Reaktor-Eisenverlust eines Reaktor-Magnetmaterials; dabei erhöht sich der Reaktor-Kupferverlust und der Modulverlust mit einer Zunahme des hindurch fließenden elektrischen Stromes oder der hindurch fließenden elektrischen Energie, und es sind der Reaktor-Kupferverlust und der Modulverlust bei dem Einzelphasenbetrieb größer als derjenige bei dem Dreiphasenbetrieb; dabei wird der Reaktor-Eisenverlust nicht in signifikanter Weise durch den hindurch fließenden elektrischen Strom beeinflusst, und der Reaktor-Eisenverlust bei dem Dreiphasenbetrieb ist größer als derjenige bei dem Einzelphasenbetrieb. Es wird dann auch beschrieben, dass der Einzelphasenbetrieb in einer Zone durchzuführen ist, in welcher der hindurch fließende elektrische Strom klein ist; der Dreiphasenbetrieb in einer Zone durchzuführen ist, in der der hindurch fließende elektrische Strom groß ist; und die Spannung, der Strom und die elektrische Leistung zeitweilig bei einer Proportional-Integral-Ableitungsrelegung (PID) schwankt, da ein effektiver Wert eines Wechselstromes für die Spannungsumsetzung schwankt, wenn eine Änderung von dem Dreiphasenbetrieb in den Einzelphasenbetrieb erfolgt; so dass daher das Tastverhältnis dazu gebracht wird, zeitweilig angehoben zu werden, und eine elektrische Energieverknappung kompensiert wird.

**[0004]** Ferner offenbart die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 2003-235252 ein Verfahren zum Maximieren des Umsetz-Wirkungsgrades in einem Fall, bei dem eine Vielzahl von Gleichstrom/Gleichstrom-Umsetzern zwischen einem Inverter und einer Batterie vorgesehen sind. In dieser Veröffentlichung wird auch beschrieben, dass ein Master-Slave-Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter, in welchem einer der Vielzahl der Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter als Master-Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter eingestellt ist, vorgesehen wird; der elektrische Eingangsstrom und der elektrische Ausgangsstrom des Master-Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichters ist als elektrischer Bezugsstrom eingestellt; es wird die Zahl der Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter, die den Master-Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter enthalten, die in Betrieb genommen werden sollen, spezifiziert; es wird dann die Aus-

gangsspannung des Master-Slave-Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichters erhöht und vermindert, und zwar innerhalb eines Bereiches, der eine maximal zulässige Ladespannung und den maximal zulässigen Ladestrom der Batterie nicht überschreitet, um dadurch den Umsetz-Wirkungsgrad zu berechnen; es wird die Ausgangsspannung so eingestellt, dass sie im Wesentlichen mit dem maximalen Umsetz-Wirkungsgrad koinzidiert. Darüber hinaus ist auch beschrieben, dass der Umsetz-Wirkungsgrad des Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichters einen primären Schaltungsverlust und einen Verlust aufweist, die von einem Vorwärts-Spannungsabfall einer sekundären Gleichrichterdiode abhängen; wobei der primäre Verlust zum Zeitpunkt des hohen elektrischen Eingangsstromes anwächst; und zu einem Zeitpunkt eines niedrigen elektrischen Eingangsstromes der primäre Verlust abnimmt und ein sekundärer Verlust dominierend wird.

**[0005]** Die ungeprüfte japanische Patentveröffentlichung Nr. 2003-111384 offenbart ein Verfahren, bei dem die Frequenz bzw. Häufigkeit der Verwendung eines spezifischen Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichters nicht zunimmt, und zwar im Falle, bei dem die Spannung der elektrischen Energie einer Haupt-Stromversorgung durch eine Vielzahl von Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichtern umgesetzt wird, die parallel geschaltet sind, und zu einer Hilfsbatterie zugeführt wird. In dieser Veröffentlichung ist ferner beschrieben, dass jede Anfangsreihenfolge der Vielzahl der Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter dazu gebracht wird, sich in Einklang mit einer vorbestimmten spezifizierten Reihenfolge zu ändern; auch werden für die vorbestimmte spezifizierte Reihenfolge die Spannungs-Strom-Eigenschaften der jeweiligen Gleichstrom/Gleichstrom-Umrichter gemessen, um diese in Einklang mit den Inhalten derselben einzustellen.

**[0006]** Wie oben beschrieben ist, wird bei der Konfiguration, die dadurch realisiert wird, indem eine Vielzahl der Umrichter parallel geschaltet wird, die Steuerung, durch die die Zahl der Umrichterphasen, die anzutreiben sind, im Ansprechen auf den hindurch fließenden elektrischen Strom geändert wird, durchgeführt. In einem solchen Fall kann der hindurch fließende elektrische Strom durch einen Berechnungsvorgang unter Verwendung eines Planes oder ähnlichem abgeleitet werden, um ein Beispiel zu nennen. Um ein Beispiel anzuführen, so kann der elektrische Ausgangsstrom einer Sekundärbatterie zu dem Umrichter anhand von Messwerten einer Ausgangsspannung und eines Ausgangsstromes der Sekundärbatterie erhalten werden, wobei ein Lastverlust davon abgezogen wird und die Berechnung dadurch ausgeführt wird, indem der Umsetz- oder Umricht-Wirkungsgrad des Umrichters multipliziert wird und demzufolge dann der hindurch fließende elektrische Strom des Umrichters erhalten wird. Da jedoch

bei einer derartigen Berechnung eine Berechnungsverzögerung oder ein Berechnungsfehler verursacht wird, kann der hindurch fließende elektrische Strom des Umrichters nicht in richtiger Weise erhalten werden, und es ist nicht ausreichend, eine adäquate Änderung in der Zahl der Phasen des Umrichters bei der nachfolgenden Schwankung in der Last durchzuführen. Wenn ferner eine Vielzahl von Phasen angetrieben wird, ist es nicht zu bevorzugen, dass der hindurch fließende elektrische Strom von jeder Phase schwankt.

#### Zusammenfassung der Erfindung

**[0007]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Umrichter-Steuervorrichtung zu schaffen, die in richtiger Weise einen elektrischen Durchflussstrom eines Umrichters ableiten kann. Ein anderes Ziel der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Umrichter-Vorrichtung zu schaffen, die den hindurch fließenden elektrischen Strom von jeder Phase in den Umrichtern ausgleichen kann, die mit einer Vielzahl von Phasen angetrieben werden.

**[0008]** Eine Umrichter-Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung besteht aus einer Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist; enthält eine Konfiguration, bei der Umrichter in einer Vielzahl von Phasen angeordnet werden, von denen jede eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor enthält, und wobei eine Zwei-Richtungs-Spannungsumsetzung durchgeführt wird und wobei diese Umrichter parallel geschaltet sind; und wobei bei dieser Vorrichtung die Zahl der Umrichterphasen, die anzutreiben sind, im Ansprechen auf den elektrischen durchfließenden Strom des Umrichters geändert wird. Die Umrichter-Steuervorrichtung enthält eine Strom-Detektoreinheit, die einen Strom detektiert, der durch den Reaktor fließt; und eine Einheit, die den elektrischen Strom ableitet, der durch den angetriebenen Umrichter hindurch fließt, und zwar auf der Grundlage des detektierten Stromes.

**[0009]** Ferner besteht eine Umrichter-Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung aus einer Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist; eine Konfiguration aufweist, bei der Umrichter, die in drei Phasen angeordnet sind, von denen jede eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor enthält und die eine Zwei-Richtungs-Spannungsumsetzung durchführen, parallel geschaltet sind; und bei der die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den elektrischen hindurch fließenden Strom des Umrichters anzutreiben sind, geändert wird. Eine solche Umrichter-Steuervorrichtung umfasst ein erstes Differenzial-Ampèremeter, welches zwischen einen gemeinsamen Reak-

tor von drei Reaktoren entsprechend den drei Phasen und einen Reaktor platziert ist, der einer von den verbleibenden zwei Reaktoren ist und welches eine Differenz zwischen einem Strom, der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, und einem Strom, der durch den einen Reaktor fließt, detektiert; mit einem zweiten Differenzial-Ampèremeter, welches zwischen dem gemeinsamen Reaktor und dem anderen Reaktor platziert ist, welche der andere der verbleibenden zwei Reaktoren ist, und welches eine Differenz zwischen dem Strom, der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, und einem Strom, der durch den anderen Reaktor fließt, detektiert; und mit einer Einheit, die den elektrischen Strom ableitet, der durch einen angetriebenen Reaktor hindurch fließt, und zwar auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters.

**[0010]** Es ist ferner auch zu bevorzugen, dass bei der Umrichter-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn die Zahl der Umrichterphasen, die anzutreiben sind, aus einer einzelnen Phase besteht, der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor fließt, auf der Grundlage des detektierten Wertes eines Differenzial-Ampèremeters abgeleitet wird, welches an dem angetriebenen Reaktor platziert ist, und zwar unter dem ersten Differenzial-Ampèremeter und dem zweiten Differenzial-Ampèremeter.

**[0011]** Darüber hinaus ist es auch zu bevorzugen, dass bei der Umrichter-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung dann, wenn die Zahl der Umrichterphasen, die anzutreiben sind, aus zwei Phasen besteht, eine Phase, die dem gemeinsamen Reaktor entspricht, gestoppt wird, und der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor hindurch verläuft, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters erhalten wird und auch des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters erhalten bzw. abgeleitet wird.

**[0012]** Es ist ferner zu bevorzugen, dass die Umrichter-Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine elektrische Energie-Ausgleichseinheit umfasst, die einen mittleren hindurch fließenden elektrischen Strom zum Zeitpunkt des Antriebs einer Vielzahl der Phasen ableitet und die jeweiligen elektrischen Phasenströme ausgleicht.

**[0013]** Es ist ferner auch zu bevorzugen, dass die elektrische Strom-Ausgleichseinheit eine Berechnungseinheit für den mittleren hindurch fließenden Strom umfasst, welche den mittleren hindurch fließenden Strom pro Phase berechnet, indem sie die Summe der hindurch fließenden Ströme ableitet, die durch eine Vielzahl der Phasen hindurch fließen, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten

Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters; und mit einer Antriebs-Tastverhältnis-Berechnungseinheit, die jedes Phasen-Antriebs-Tastverhältnis ableitet, um jeden elektrischen Phasenstrom von einer Differenz zwischen dem mittleren hindurch fließenden Strom und dem hindurch fließenden Strom durch jede Phase auszugleichen.

**[0014]** Darüber hinaus ist es auch zu bevorzugen, dass die elektrische Strom-Ausgleichseinheit einen Prozess ausführt, bei dem jeder elektrische Phasenstrom bei jedem Zyklus der Berechnung des Antriebs-Tastverhältnisses abgeglichen oder ausgeglichen wird.

**[0015]** Indem man wenigstens eine der oben erläuterten Konfigurationen verwendet, enthält die Umrichter-Steuervorrichtung eine Konfiguration, bei der Umrichter, die in den drei Phasen angeordnet sind, von denen jede eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor enthält und die eine Zwei-Richtungs-Spannungsumsetzung durchführen, parallel geschaltet sind, und bei der dann, wenn die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den hindurch fließenden elektrischen Strom des Umrichters angetrieben werden, geändert wird, ein Strom, der durch den Reaktor fließt, detektiert wird, und wobei der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Umrichter hindurch fließt, auf der Grundlage des detektierten Stromes erhalten bzw. abgeleitet wird. Es ist möglich, einen Strom zu detektieren, der durch den Reaktor fließt, und zwar in Realzeit, und indem man eine Spannung mit dem Strom multipliziert, um den elektrischen Strom bzw. die elektrische Energie zu ermitteln, die durch den Umrichter in Realzeit hindurch fließt. Es tritt daher eine geringere Berechnungsverzögerung, Berechnungsfehler oder ähnliches auf, und zwar verglichen mit der Berechnung, bei der ein Plan oder ähnliches verwendet wird, und es kann daher ein richtiger Wert für den hindurch fließenden elektrischen Strom bzw. die hindurch fließende elektrische Energie des Umrichters erhalten werden.

**[0016]** Ferner können zwei Differenzial-Ampèremeter zwischen drei Reaktoren vorgesehen sein, entsprechend jedem der Dreiphasen-Umrichter, und der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor hindurch fließt, kann auf der Grundlage der detektierten Werte der zwei Differenzial-Ampèremeter erhalten bzw. abgeleitet werden, wodurch es möglich wird, eine einfache Konfiguration zu verwenden, und zwar verglichen mit einer Konfiguration, bei der ein Stromdetektor an jedem der drei Reaktoren platziert ist.

**[0017]** Wenn ferner die Zahl der Umrichterphasen aus einer einzelnen Phase besteht, kann der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor

hindurch fließt, basierend auf dem detektierten Wert eines Differenzial-Ampèremeters detektiert werden, welches an dem angetriebenen Reaktor platziert ist, und zwar neben dem ersten Differenzial-Ampèremeter und dem zweiten Differenzial-Ampèremeter. Wenn ferner die Zahl der Umrichterphasen aus zwei Phasen besteht, wird eine Phase entsprechend dem gemeinsamen Reaktor gestoppt, und es wird dann der elektrische Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor hindurch fließt, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters erhalten. Selbst wenn, wie oben beschrieben ist, die Zahl der Phasen des Umrichters geändert wird, kann der elektrische Strom, der durch den angetriebenen Reaktor hindurch fließt, basierend auf den detektierten Werten der zwei Differenzial-Ampèremeter bestimmt werden.

**[0018]** Ferner kann ein mittlerer elektrischer hindurch fließender Strom zum Zeitpunkt des Antriebs einer Vielzahl von Phasen erhalten werden, und es werden die jeweiligen elektrischen Phasenströme in solcher Weise abgeglichen, dass die jeweiligen Lasten für die jeweiligen Umrichter unter der Vielzahl der Umrichter ausgeglichen oder abgeglichen werden können.

**[0019]** Ferner kann ein mittlerer hindurch fließender Strom pro Phase berechnet werden, indem die Summe der hindurch fließenden Ströme gebildet wird, die durch eine Vielzahl der Phasen hindurch fließen, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters, und es kann jedes Phasenverhältnis, welches jeden elektrischen Phasenstrom abgleicht, aus einer Differenz zwischen dem mittleren hindurch fließenden Strom und dem hindurch fließenden Strom, der durch jede Phase fließt, erhalten werden, um die Möglichkeit zu schaffen, dass jede Last für jeden Umrichter entsprechend jeder Phase abgeglichen wird.

**[0020]** Darüber hinaus kann ein Prozess, bei dem jeder elektrische Phasenstrom bei jedem Zyklus die Berechnung des Antriebs-Tastverhältnisses abgleicht, durchgeführt werden; wenn dies ausgeführt wird, kann eine Last für jeden einer Vielzahl der Umrichter fein abgeglichen werden, und zwar innerhalb sehr kurzer Zeitperioden.

#### Kurze Beschreibung der Zeichnungen

**[0021]** [Fig. 1](#) zeigt ein Diagramm, welches eine Konfiguration eines Fahrzeug-Stromversorgungssystems wiedergibt, mit einer Umrichter-Steuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0022]** [Fig. 2](#) ist ein Diagramm, um in typischer Wei-

se eine Beziehung zwischen dem elektrischen Strom, der durch eine Umrichter-Vorrichtung fließt, und dem Verlust der Umrichter-Vorrichtung zu erläutern, und zwar durch Einstellen der Zahl der Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung als Parameter bei der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0023]** [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) zeigen Diagramme, von denen jedes einen Zustand wiedergibt, bei dem der hindurch fließende Strom unter Verwendung von zwei Differenzial-Ampèremetern für jede der Anzahl der Antriebsphasen einer Umrichter-Vorrichtung erhalten wird, und zwar gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung;

**[0024]** [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, welches einen Zustand darstellt, bei dem ein mittlerer hindurch fließender Strom pro Phase berechnet wird, und zwar durch Bilden der Summe der hindurch fließenden Ströme, die durch drei Phasen hindurch fließen, auf der Grundlage eines detektierten Wertes eines ersten Differenzial-Ampèremeters und eines detektierten Wertes eines zweiten Differenzial-Ampèremeters bei der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung;

**[0025]** [Fig. 5](#) zeigt eine Ansicht, die einen Zustand wiedergibt, bei welchem eine Abweichung zwischen einem mittleren durchfließenden Stromwert pro Phase und einem Stromwert, der durch jede Phase der Umrichter-Vorrichtung fließt, bei der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung erhalten wird bzw. abgeleitet wird; und

**[0026]** [Fig. 6](#) zeigt eine Ansicht, die einen Zustand wiedergibt, bei dem das Antriebs-Tastverhältnis von jeder Phase der Umrichter-Vorrichtung geändert wird, damit eine Abweichung von einem mittleren durchfließenden Stromwert eines durchfließenden Stromwertes in jeder Phase reduziert wird, und zwar auf nahe Null reduziert wird, und zwar bei der Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung.

#### Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0027]** Es wird nun weiter unten eine Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung in Einzelheiten unter Hinweis auf die Zeichnungen beschrieben. Bei der nachfolgenden Beschreibung wird ein im Fahrzeug montiertes Stromversorgungssystem als ein Beispiel eines Stromversorgungssystems beschrieben, welches mit einem Motor/Generator verbunden ist, um ein Fahrzeug anzutreiben, bei welchem System eine Umrichter-Steuervorrichtung angewendet ist. Jedoch kann die vorliegende Erfindung auch in Form einer Umrichter-Steuervorrichtung konfiguriert werden, die für ein Stromversorgungssystem anders als demjenigen für Fahrzeuge angewendet

wird. Beispielsweise kann die vorliegende Erfindung bei einem Stromversorgungssystem angewendet werden, welches in einem Gebäude oder ähnlichem fest installiert ist. Ferner betrifft ein Beispiel, bei dem eine erste Stromversorgung aus einer Nickel-Hybrid-Sekundärbatterie und eine zweite Stromversorgung aus einer Festkörper-Polymermembran-Brennstoffzelle besteht, das als Stromversorgungssystem beschrieben ist, bei dem die Umrichter-Steuervorrichtung angewendet wird. Die vorliegende Erfindung kann auch bei anderen Typen von Stromversorgungen angewendet werden, wie beispielsweise einer solchen, bei der eine Lithium-Batterie als Sekundärbatterie verwendet wird und die Brennstoffzelle nicht aus einem Festkörper-Elektrolyttyp besteht. (Obgleich ferner ein Beispiel, bei dem eine erste Stromversorgung aus einer Nickel-Hydrid-Sekundärbatterie und eine zweite Stromversorgung aus einer Festkörper-Polymermembran-Brennstoffzelle besteht, als ein Stromversorgungssystem beschrieben wird, bei dem die Umrichter-Steuervorrichtung angewendet wird, kann die vorliegende Erfindung auch bei anderen Typen von Stromversorgungen angewendet werden, wie beispielsweise einer solchen, bei der eine Lithium-Batterie als Sekundärbatterie verwendet wird und die Brennstoffzelle nicht aus einem Festkörper-Elektrolyttyp besteht). Obwohl ferner eine als Beispiel gewählte Umrichter-Vorrichtung weiter unten beschrieben wird, die in solcher Weise konfiguriert ist, dass drei Umrichterschaltungen parallel geschaltet sind, kann auch die Zahl der Umrichterschaltungen, welche die Umrichter-Vorrichtung bilden, aus zwei oder vier oder noch mehr Schaltungen bestehen.

**[0028]** [Fig. 1](#) zeigt ein Diagramm, welches eine Konfiguration eines Fahrzeug-Stromversorgungssystems wiedergibt, welches eine Umrichter-Steuervorrichtung **20** enthält. Bei der dargestellten Konfiguration ist das Stromversorgungssystem mit einem Fahrzeugmotor-Generator **16** verbunden und umfasst eine Sekundärbatterie **10** als erste Stromversorgung, eine Brennstoffzelle **12** als zweite Stromversorgung und eine Umrichter-Vorrichtung **30**, die dazwischen vorgesehen ist. Die Umrichter-Steuervorrichtung **20** ist so konfiguriert, dass sie die Umrichter-Vorrichtung **30** und eine Steuereinheit **40** enthält, so dass ein Betrieb der Umrichter-Vorrichtung **30** durch die Steuereinheit **40** gesteuert wird.

**[0029]** Das Stromversorgungssystem ist mit dem Motor/Generator **16** über einen Inverter **14** verbunden. Der Inverter **14** wandelt die elektrische Gleichstromenergie des oben erwähnten Stromversorgungssystems in elektrische Dreiphasen-Wechselstromenergie um und arbeitet als eine Antriebsquelle eines Fahrzeugs, indem dieses elektrische Energie dem Motor/Generator **16** zuführt. Der Inverter **14** hat eine Funktion, gemäß welcher eine Regenerationsenergie umgewandelt wird und durch den Motor/Ge-

nerator **16** wieder gewonnen wird, und zwar in eine elektrische Gleichstromenergie umgewandelt wird, die dem Stromversorgungssystem in Form von elektrischer Ladungsenergie zugeführt wird, wenn das Fahrzeug gebremst wird.

**[0030]** Die Sekundärbatterie **10** besteht aus einem aufladbaren und entladbaren Hochspannungs-Stromversorgungspaket, welches dadurch konfiguriert ist, indem eine Vielzahl von elektrischen Zellen, wie eine elektrische Nickel-Hybrid-Zelle und eine elektrische Lithium-Zelle kombiniert werden, und kann eine gewünschte hohe Spannung zuführen. Beispielsweise kann die Sekundärbatterie **10** eine hohe Spannung von angenähert 200 V bis 400 V zwischen einer positiven Busleitung und einer negativen Busleitung zuführen.

**[0031]** Die Brennstoffzelle **12** besteht aus einer zusammengesetzten Batterie, die dadurch konfiguriert ist, indem eine Vielzahl an Zellen der Brennstoffzellen kombiniert werden, um eine erzeugte elektrische Energie mit einer gewünschten hohen Spannung zuführen, und wird auch als Brennstoffzellenstapel bezeichnet. Hierbei hat jede der Zellen der Brennstoffzellen die Funktion, bei der Wasserstoff der Anodenseite als Brennstoffgas zugeführt wird, und bei der Luft der Kathodenseite als Oxidationsgas zugeführt wird, und wobei elektrische Energie bzw. elektrischer Strom als Ergebnis einer chemischen Batterie-Reaktion erzeugt wird, und zwar über eine Elektrolyt-Membran, die aus einer Festkörper-Polymer-Membran besteht. Die Brennstoffzelle **12** kann eine hohe Spannung zuführen, wie beispielsweise angenähert 200 V bis 400 V, und zwar zwischen der positiven Busleitung und der negativen Busleitung.

**[0032]** Die Umrichter-Vorrichtung **30** umfasst eine Vielzahl von Umrichterschaltungen. Die Umrichterschaltung besteht aus einer Gleichspannungs-Umrichterschaltung mit einer Funktion, bei der eine Spannungsumsetzung zwischen der Sekundärbatterie, welche die erste Stromversorgung bildet, und der Brennstoffzelle **12**, welche die zweite Stromversorgung bildet, durchgeführt wird. Die Umrichter-Vorrichtung **30**, eine Vielzahl der Umrichterschaltungen, wird zu dem Zweck verwendet, um größere Lasten ohne Erhöhung der Nennkapazität der elektronischen Elemente handhaben zu können, welche die Umrichterschaltung bilden. Bei dem in [Fig. 1](#) gezeigten Beispiel ist eine Umrichter-Vorrichtung **30** aus drei Umrichterschaltungen zusammengesetzt, die parallel geschaltet sind. Bei einem solchen Beispiel kann die Last der Umrichterschaltungen durch eine Phasenverschiebung der drei Umrichterschaltungen in Bezug zueinander um 120° erleichtert werden, indem ein Dreiphasenantrieb durchgeführt wird.

**[0033]** Wenn beispielsweise die elektrische Generierungsleistung der Brennstoffzelle **12** nicht mit den

Lastschwankungen des Motors/Generators **16** oder ähnlichem fertig wird, hat die Umrichter-Vorrichtung **30** eine Funktion, gemäß welcher eine Spannungs-Umrichtung der elektrischen Energie der Sekundärbatterie **10** durchgeführt wird, wobei elektrische Energie der Brennstoffzellenseite **12** zugeführt wird, und wobei die Last des Motors/Generators **16** oder ähnlichem als das gesamte Stromversorgungssystem gehandhabt wird.

**[0034]** Die Umrichterschaltungen, welche die Umrichter-Vorrichtung **30** bilden, umfassen eine primäre Schalter-Schaltung, die eine Vielzahl an Schalterelementen und eine Vielzahl an Gleichrichtern enthält, die auf der ersten Stromversorgungsseite vorgesehen sind, eine sekundäre Schalter-Schaltung, die eine Vielzahl an Schalterelementen und eine Vielzahl an Gleichrichtern enthält, die auf der Sekundär-Stromversorgungsseite vorgesehen sind, und mit einem Reaktor, der zwischen der primären Schalter-Schaltung und der sekundären Schalter-Schaltung vorgesehen ist.

**[0035]** Die primäre Schalter-Schaltung kann durch zwei Schalterelemente konfiguriert werden, die zwischen der positiven Busleitung und der negativen Busleitung der Hochspannungsleitungen in Reihe geschaltet sind, und wobei zwei Gleichrichter je parallel zu jedem der Schalterelemente geschaltet sind. Das Schalterelement und ähnliches, welches mit der positiven Busleitungsseite verbunden ist, wird als oberer Seitenarm bezeichnet, und das Schalterelement und ähnliches, welches mit der negativen Busleitungsseite verbunden ist, wird als unterer Seitenarm bezeichnet. Die sekundäre Schalter-Schaltung kann auch in ähnlicher Weise konfiguriert werden. Als Schalterelement kann ein Hochspannungs-Hochleistungs-Schalterelement, beispielsweise ein isolierter Gate-Bipolar-Transistor (IGBT) verwendet werden, und es kann eine Hochleistungsdiode als Gleichrichter verwendet werden.

**[0036]** Der Reaktor besteht aus einem Element, wie beispielsweise einer Wicklung ohne Eisenkern bzw. einer Wicklung mit Luftkern oder einer Wicklung, die einen Kern aufweist, und welche dazu befähigt ist, magnetische Energie zu speichern oder zu entladen. Der Reaktor ist so vorgesehen, dass er einen Verbindungsknoten zwischen zwei Schalterelementen der primären Schalter-Schaltung und einen Verbindungsknoten zwischen zwei Schalterelementen der sekundären Schalter-Schaltung verbindet.

**[0037]** Die Umrichterschaltung bietet eine EIN/AUS-Steuerung zu geeigneten Zeitlagen, und zwar für jeden Arm gemäß dem oberen Seitenarm und dem unteren Seitenarm, welche die primäre Schalter-Schaltung darstellen, und auch für jeden Arm gemäß dem oberen Seitenarm und dem unteren Seitenarm, welche die sekundäre Schalter-Schaltung

bilden. Es wird demzufolge möglich, die elektrische Energie, die auf der ersten Stromversorgungsseite aus der elektrischen Energie erzeugt wird, in magnetische Energie umzuwandeln und diese Energie zeitweilig in dem Reaktor zu speichern. Die magnetische Energie in dem Reaktor kann dann erneut in elektrische Energie umgewandelt werden und kann der zweiten Stromversorgungsseite als elektrische Energie zugeführt werden. Durch Einstellen des EIN/AUS-Verhältnisses eines solchen Schaltvorganges, d. h. des Tastverhältnisses, wird es auch möglich, die Spannung der ersten Stromversorgungsseite zu der zweiten Stromversorgungsseite hin zu erhöhen oder zu vermindern. In ähnlicher Weise ist es auch möglich, die Spannung der elektrischen Energie der zweiten Stromversorgung umzuwandeln und diese Energie zu der ersten Stromversorgungsseite zuzuführen.

**[0038]** Zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56**, die an den Reaktoren platziert sind, haben die Funktion, den Strom zu detektieren, der durch die Reaktoren hindurch fließt. Um die Ströme zu detektieren, die durch die Reaktoren hindurch fließen, kann ein Strom-Detektionselement, wie beispielsweise eine Stromsonde oder ähnliches, an jedem der Reaktoren platziert sein. Bei dieser Ausführungsform ist eine Konfiguration, bei der das erste Differenzial-Ampèremeter **54** zwischen einem gemeinsamen Reaktor, der einer von den drei Reaktoren ist entsprechend den drei Phasen, und einem Reaktor, der der eine der verbleibenden zwei Reaktoren ist, platziert, und das zweite Differenzial-Ampèremeter **56** ist zwischen dem gemeinsamen Reaktor und dem anderen Reaktor, welcher der andere der verbleibenden zwei Reaktoren ist, platziert, angepasst, und demzufolge wird der Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung hindurch fließt, durch die zwei Differenzial-Ampèremeter detektiert. Als Differenzial-Ampèremeter kann eine Stromsonde vom Magnet-Detektionstyp oder ähnliches mit einer Wicklung verwendet werden, die das Magnetfeld detektiert, welches durch den Strom erzeugt wird.

**[0039]** Die Steuereinheit **40** besteht aus der Umrichter-Steuervorrichtung **20** in Verbindung mit der Umrichter-Vorrichtung **30** und hat speziell eine Funktion, gemäß welcher die Spannungs-Umsetzungsoperation der Umrichter-Vorrichtung **30** im Ansprechen auf eine Last gesteuert wird. Die Steuereinheit **40** kann durch einen im Fahrzeug montierten Computer konfiguriert sein. Die Steuereinheit **40** kann durch einen frei stehenden Computer konfiguriert sein, jedoch kann die Funktion der Steuereinheit **40** auch durch irgendeinen anderen im Fahrzeug montierten Computer vorgesehen werden. Wenn beispielsweise eine zentrale Hybrid-Verarbeitungseinheit (CPU) oder ähnliches in einem Fahrzeug vorgesehen ist, kann die Funktion der Steuereinheit **40** durch die Hybrid-CPU vorgesehen werden.

**[0040]** Die Steuereinheit **40** enthält einen Berechnungsmodul **42** für den durchfließenden elektrischen Strom, und diese berechnet den elektrischen Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung **30** fließt, enthält ferner einen Ausgleichsmodul **44** für den elektrischen Strom, der einen Ausgleich des durchfließenden elektrischen Stromes zwischen den jeweiligen Umrichter-Schaltungen durchführt, welche die Umrichter-Vorrichtung **30** bilden, und enthält einen Modul **46** zum Ändern der Zahl der Antriebsphasen, welcher die Zahl der Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung **30** im Ansprechen auf den durchfließenden elektrischen Strom ändert, und enthält einen Spannungsumsetz-Steuermodul **48**, der die Umrichter-Vorrichtung **30** steuert, um eine gewünschte Spannungsumsetzung auszuführen. Diese Funktionen können auch durch eine Software und spezieller durch ein entsprechendes Umsetz-Steuerprogramm ausgeführt werden und realisiert werden. Alternativ können einige dieser Funktionen auch durch eine Hardware realisiert werden.

**[0041]** Der Spannungsumsetz-Steuermodul **48** in der Steuereinheit **40** hat die Funktion, welche die EIN/AUS-Zeitsteuerung, das EIN/AUS-Tastverhältnis und ähnliches der jeweiligen Schaltelemente steuert, welche die Umrichter-Vorrichtung **30** bilden, und führt auch die gewünschte Spannungsumsetzung zwischen der Sekundärbatterie **10** und der Brennstoffzelle **12** durch. Es ist beispielsweise möglich, dass die Spannung der Sekundärbatterie **10** nach oben gestuft wird, und zwar durch Erhöhen des Tastverhältnisses und durch Zuführen derselben zur Brennstoffzellenseite **12**, und dass die Spannung der Sekundärbatterie **10** nach unten gestuft wird, und zwar durch Reduzieren des Tastverhältnisses und Zuführen derselben zur Brennstoffzellenseite **12**.

**[0042]** Der Modul **46** zum Ändern der Zahl der Antriebsphasen hat auch eine Funktion, gemäß welcher die Zahl der Antriebsphasen für drei Umrichterschaltungen geändert wird, welche die Umrichter-Vorrichtung **30** bilden, und zwar im Ansprechen auf den elektrischen Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung hindurch fließt. [Fig. 2](#) zeigt ein Diagramm zur Erläuterung einer typischen Beziehung zwischen dem elektrischen Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung **30** hindurch fließt, und einem Verlust der Umrichter-Vorrichtung **30**, durch Einstellen der Zahl der Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung **30** als Parameter. In [Fig. 2](#) ist auf der horizontalen Achse der durch den Umrichter fließende elektrische Strom aufgetragen, und auf der vertikalen Achse ist der Verlust der Umrichter-Vorrichtung **30** aufgetragen. Der durch den Umrichter fließende elektrische Strom wird als positiv (+) betrachtet, wenn ein Strom von der Sekundärbatterie-Seite zur Brennstoffzellenseite fließt, und wird als negativ (-) betrachtet, wenn der Strom von der Brennstoffzellenseite zur Sekundärbatterie-Seite hin fließt. In dieser Figur sind für die Umrich-

ter-Vorrichtung **30** eine charakteristische Verlustkurve **51** während eines Einzelphasenantriebs gezeigt, bei dem lediglich eine Umrichter-Schaltung angetrieben wird, ferner eine charakteristische Verlustkurve **52** während eines Zweiphasenantriebs, bei welchem zwei Umrichter-Schaltungen angetrieben werden, und eine charakteristische Verlustkurve **53** während des Dreiphasenantriebs, bei dem drei Umrichter-Schaltungen angetrieben werden.

**[0043]** Wie in der oben erwähnten ungeprüften japanischen Patentveröffentlichung Nr. 2006-33934 beschrieben ist, umfasst der Verlust in der Umrichter-Vorrichtung unter Verwendung der Schaltelemente und der Reaktoren einen Reaktor-Kupferverlust in der Reaktorwicklung, einen Modulverlust durch den Betrieb des Schaltelements und einen Reaktor-Eisenverlust des Reaktor-Magnetmaterials. Von diesen Verlusten nehmen der Reaktor-Kupferverlust und der Modulverlust mit einer Zunahme des hindurch fließenden elektrischen Stromes zu, und der Reaktor-Kupferverlust und der Modulverlust sind in der Einzelphasen-Betriebsweise größer als derjenige in der Dreiphasen-Betriebsweise, während der Reaktor-Eisenverlust nahezu unabhängig von dem hindurch fließenden elektrischen Strom ist und der Reaktor-Eisenverlust bei dem Dreiphasen-Betrieb größer ist als derjenige bei dem Einzelphasen-Betrieb. In [Fig. 2](#) ist ein solcher Zustand gezeigt. Das heißt, wenn der hindurch fließende elektrische Strom klein ist und in einem Bereich von „A“ liegt, zeigt die charakteristische Verlustkurve **51** des Einzelphasen-Antriebs den kleinsten Verlust. Wenn als nächstes der hindurch fließende Strom zunimmt und in einem Bereich von „B“ liegt, zeigt die charakteristische Verlustkurve **52** des Zweiphasen-Antriebs den kleinsten Verlust. Wenn ferner der hindurch fließende elektrische Strom zunimmt und in einem Bereich von „C“ liegt, zeigt die charakteristische Verlustkurve des Dreiphasen-Antriebs den kleinsten Verlust.

**[0044]** Auf der Grundlage der Ergebnisse, die in [Fig. 2](#) gezeigt sind, wählt der Modul **46** zum Ändern der Anzahl der Antriebsphasen der Steuereinheit **40** den Einzelphasen-Antrieb, wenn der hindurch fließende elektrische Strom in dem Bereich von „A“ liegt, wählt den Zweiphasen-Antrieb, wenn der hindurch fließende elektrische Strom in dem Bereich von „B“ liegt, und wählt den Dreiphasen-Antrieb, wenn der hindurch fließende elektrische Strom in dem Bereich von „C“ liegt, und zwar im Ansprechen auf den hindurch fließenden elektrischen Strom der Umrichter-Vorrichtung **30**.

**[0045]** In einem solchen Fall bildet ein Schnittpunkt zwischen der charakteristischen Verlustkurve **51** zum Zeitpunkt des Einzelphasen-Antriebs und der charakteristischen Verlustkurve **52** zum Zeitpunkt des Zweiphasen-Antriebs einen Verzweigungspunkt zwischen dem Bereich von „A“ und dem Bereich von „B“, und

ein Schnittpunkt zwischen der charakteristischen Verlustkurve **52** zum Zeitpunkt des Zweiphasen-Antriebs und der charakteristischen Verlustkurve **53** zum Zeitpunkt des Dreiphasen-Antriebs stellt einen Verzweigungspunkt zwischen dem Bereich „B“ und dem Bereich von „C“ dar. Da die charakteristischen Verlustkurven im Voraus erhalten oder abgeleitet werden können, bildet ein Wert des hindurch fließenden elektrischen Stroms bei einer Änderung zwischen dem Einzelphasen-Betrieb und dem Zweiphasen-Betrieb, d. h. ein Verzweigungspunkt zwischen dem Bereich von „A“ und dem Bereich von „B“, und ein Wert des hindurch fließenden elektrischen Stromes bei der Änderung zwischen dem Zweiphasen-Betrieb und dem Dreiphasen-Betrieb, d. h. der Verzweigungspunkt zwischen dem Bereich von „B“ und dem Bereich von „C“ einen voreingestellten Wert, d. h. der betreffende Wert kann jeweils voreingestellt werden. Wenn ein früherer absoluter Wert auf einen Schwellenwert  $P_{12}$  der Änderung zwischen der Einzelphase und den zwei Phasen eingestellt wird und wenn ein nachfolgender absoluter Wert auf einen Schwellenwert  $P_{23}$  der Änderung zwischen den zwei Phasen und den drei Phasen eingestellt wird, wird ein Absolutwert  $P$  des hindurch fließenden elektrischen Stromes der Umrichter-Vorrichtung **30** erhalten, und es kann eine Steuerung angewendet werden, und zwar in solcher Weise, dass dann, wenn  $P \leq P_{12}$  ist, der Einzelphasen-Antrieb verwendet werden kann, und wenn  $P_{12} < P < P_{23}$  ist, der Zweiphasen-Betrieb verwendet werden kann, und wenn  $P \geq P_{23}$  ist, der Dreiphasen-Antrieb verwendet werden kann.

**[0046]** Um nun erneut auf [Fig. 1](#) einzugehen, so berechnet der Berechnungsmodul **42** für den hindurch fließenden elektrischen Strom der Steuereinheit **40** den elektrischen Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung **30** hindurch fließt, und zwar in Realzeit unter Verwendung der detektierten Werte der zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56**, die an den Reaktoren vorgesehen sind.

**[0047]** Die [Fig. 3A](#), [Fig. 3B](#) und [Fig. 3C](#) sind Diagramme, von denen jedes einen Zustand wiedergibt, bei dem die hindurch fließenden Ströme unter Verwendung der zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56** erhalten werden, und zwar für jede Zahl von Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung **30**. Die Bezugssymbole, die in Verbindung mit [Fig. 1](#) verwendet wurden und beschrieben wurden, werden auch für diese Beschreibung verwendet. [Fig. 3A](#) zeigt ein Beispiel des Dreiphasen-Antriebs, d. h. einen Fall, bei dem die jeweiligen Ströme durch drei Reaktoren fließen, die jeweils den drei Umrichter-Schaltungen entsprechen. Wie in [Fig. 3A](#) gezeigt ist, sind die Ströme, die durch die drei Reaktoren hindurch fließen, welche den drei Phasen entsprechen, auf  $I_A$  bzw.  $I_B$  bzw.  $I_C$  eingestellt; und es ist der Reaktor, durch den  $I_B$  fließt, als ein gemeinsamer Reaktor eingestellt und verwendet. Die zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56** bil-

den Einheiten, welche die Ströme detektieren, welche durch die Reaktoren hindurch fließen. Das erste Differenzial-Ampèremeter **54** ist zwischen dem gemeinsamen Reaktor und einem Reaktor platziert, welcher der eine von den verbleibenden zwei Reaktoren ist und durch welchen der Strom  $I_A$  fließt. Daher kann das erste Differenzial-Ampèremeter **54** einen Differenzstrom  $X = I_A - I_B$  detektieren. Das zweite Differenzial-Ampèremeter **56** ist zwischen dem gemeinsamen Reaktor und dem anderen Reaktor platziert, welcher der andere der verbleibenden zwei Reaktoren ist und durch welchen der Strom  $I_C$  fließt. Daher kann das zweite Differenzial-Ampèremeter **56** einen Differenzstrom  $Y = I_C - I_B$  detektieren. Die Ströme  $I_A$ ,  $I_B$  und  $I_C$ , die durch jeden Reaktor fließen, können aus den detektierten Werten abgeleitet werden.

**[0048]** [Fig. 3B](#) zeigt ein Beispiel des Zweiphasen-Antriebs, d. h. einen Fall, bei dem die jeweiligen Ströme durch zwei Reaktoren fließen, die jeweils zwei der drei Umrichter-Schaltungen entsprechen. In diesem Fall wird ein Reaktor entsprechend einer Umrichter-Schaltung, die nicht angetrieben wird, als ein gemeinsamer Reaktor eingestellt, und es werden die zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56** vorgesehen. Das heißt, gemäß der Darstellung in [Fig. 3B](#) ist das erste Differenzial-Ampèremeter **54** zwischen dem gemeinsamen Reaktor, durch den kein Strom hindurch fließt, und einem Reaktor, durch den ein Strom  $I_A$  fließt, vorgesehen, und das zweite Differenzial-Ampèremeter **56** ist zwischen dem gemeinsamen Reaktor, durch den kein Strom hindurch fließt, und einem Reaktor, durch den ein Strom  $I_C$  fließt, vorgesehen. Daher kann das erste Differenzial-Ampèremeter **54** einen Differenzstrom  $X = I_A$  detektieren; und das zweite Differenzial-Ampèremeter **56** kann einen Differenzstrom  $Y = I_C$  detektieren.

**[0049]** Mit anderen Worten, wenn eine Änderung von dem Dreiphasenbetrieb in den Zweiphasenbetrieb stattfindet, kann der Antrieb der Umrichter-Schaltung entsprechend dem gemeinsamen Reaktor, in welchem die zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56** gemeinsam vorgesehen sind, verhindert werden. Indem dies durchgeführt wird, wird es möglich, direkt die Ströme zu detektieren, welche durch die angetriebenen Reaktoren fließen, und zwar bei Änderung der Zahl der Phasen der Umrichter-Vorrichtung **30**, ohne eine Änderung der Verbindungen oder Anschlüsse der zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56**.

**[0050]** [Fig. 3C](#) zeigt ein Beispiel eines Einzelphasen-Antriebs, d. h. einen Fall, bei dem ein Strom durch lediglich einen Reaktor fließt, der der einen der drei Umrichter-Schaltungen entspricht. In diesem Fall wird ein Differenzial-Ampèremeter verwendet, welches mit einem Reaktor verbunden ist, welcher einer angetriebenen Umrichter-Schaltung entspricht, um den durch den Reaktor fließenden Strom zu detektie-

ren. In [Fig. 3C](#) ist ein Beispiel gezeigt, bei dem ein Differenzstrom  $X = I_A$  durch das erste Differenzial-Ampèremeter **54** detektiert wird, wenn angenommen wird, dass ein Reaktor, durch den ein Strom  $I_A$  fließt, angetrieben wird. Bei einem anderen Beispiel, wenn eine Umrichterschaltung entsprechend einem Reaktor, durch den der Strom  $I_C$  fließt, wie in [Fig. 3A](#) dargestellt ist, angetrieben wird, kann ein Differenzstrom  $Y = I_C$  unter Verwendung des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56** detektiert werden. Wenn die Umrichter-Schaltung entsprechend dem gemeinsamen Reaktor angetrieben wird, kann der Differenzstrom  $X = -I_B$  oder der Differenzstrom  $Y = -I_B$  unter Verwendung des ersten Differenzial-Ampèremeters **54** oder des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56** detektiert werden.

**[0051]** Wie oben beschrieben ist, können die jeweiligen Ströme, die durch die Reaktoren entsprechend den angetriebenen Umrichterschaltungen fließen, in Realzeit aus den detektierten Werten der zwei Differenzial-Ampèremeter **54** und **56** bestimmt werden. Es kann daher der elektrische Strom, der durch die Umrichter-Vorrichtung **30** hindurch fließt, in Realzeit berechnet werden, und zwar unter Verwendung der detektierten Stromwerte und einer Spannung, die an die Umrichter-Vorrichtung **30** angelegt wird, d. h. der Spannung der Sekundärbatterie **10** oder der Brennstoffzelle **12**. Zusätzlich kann selbst dann, wenn die Umrichter-Vorrichtung **30** eine Vielzahl von Umrichter-Schaltungen anders als drei Umrichter-Schaltungen umfasst, der hindurch fließende elektrische Strom der Umrichter-Vorrichtung dennoch in Realzeit erhalten oder abgeleitet werden, da die Ströme, die durch die jeweiligen Reaktoren fließen, durch eine geeignete Anzahl von Strom-Detektoreinheiten detektiert werden können. Da ferner gemäß der obigen Beschreibung die Differenzial-Ampèremeter verwendet werden, kann der hindurch fließende elektrische Strom der Umrichter-Vorrichtung unter Verwendung einer Anzahl von Strom-Detektoreinheiten kleiner als diejenigen der Reaktoren erhalten werden.

**[0052]** Um erneut auf [Fig. 1](#) einzugehen, so hat der Abgleichmodul **44** für den elektrischen Strom bzw. die elektrische Energie der Steuereinheit **40** eine Funktion, gemäß welcher die Ströme abgeglichen oder ausgeglichen werden, die durch die jeweiligen Umrichter-Schaltungen fließen, welche die Umrichter-Vorrichtung **30** bilden, d. h. also eine Funktion, gemäß welcher die jeweiligen hindurch fließenden elektrischen Ströme zwischen den jeweiligen Umrichter-Schaltungen abgeglichen oder ausgeglichen werden. Spezifischer gesagt, hat der Abgleichmodul **44** für den elektrischen Strom die Funktion, um einen mittleren hindurch fließenden elektrischen Strom zu einem Zeitpunkt des Antriebs der drei Phasen abzuleiten und eine Änderung des Schalt-Tastverhältnisses in jeder Phase durchzuführen, so dass der elektrische Strom von jeder Phase zu 1/3 des mittleren

hindurch fließenden elektrischen Stromes wird. Es ist zu bevorzugen, dass diese Funktionen bei jedem Zyklus der Berechnung des Antriebs-Tastverhältnisses zu einem Zeitpunkt der Spannungsumsetzung durchgeführt werden. Indem dies so ausgeführt wird, kann der elektrische Strom, der durch jede Umrichter-Schaltung hindurch fließt, innerhalb von sehr kurzen Zeitperioden fein abgeglichen und ausgeglichen werden.

**[0053]** [Fig. 4](#) zeigt ein Diagramm, welches einen Zustand darstellt, bei dem der mittlere pro Phase hindurch fließende Strom berechnet wird, indem die Summe der hindurch fließenden Ströme gebildet wird, die durch die drei Phasen fließen, auf der Grundlage eines detektierten Wertes  $X$  des ersten Differenzial-Ampèremeters, und eines detektierten Wertes  $Y$  des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56**. Wenn, wie in [Fig. 3A](#) dargestellt ist, die Ströme, welche durch die drei Reaktoren fließen, mit  $I_A$  bzw.  $I_B$  bzw.  $I_C$  angegeben sind, beträgt der detektierte Wert des ersten Differenzial-Ampèremeters **54**  $X = I_A - I_B$ , und der detektierte Wert des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56** beträgt  $Y = I_C - I_B$ . Daher beträgt die gesamte Summe der hindurch fließenden Ströme, welche durch die drei Phasen fließen, gleich  $I_A + I_B + I_C = 3I_B + X + Y$ . In diesem Fall ist, wie an früherer Stelle beschrieben wurde,  $I_B$  der Strom, der durch den gemeinsamen Reaktor fließt. Aus diesem Grund wird der mittlere pro Phase hindurch fließende Strom zu einem Zeitpunkt des Antriebs der drei Phasen zu  $I_{ave} = I_B + (X + Y)/3$  und eine Ausgangsspannung  $V$  der Sekundärbatterie oder der Brennstoffzelle wird mit dem mittleren hindurch fließenden Strom multipliziert, und es kann somit der mittlere pro Phase hindurch fließende elektrische Strom bzw. die elektrische Energie erhalten werden.

**[0054]** [Fig. 5](#) zeigt eine Ansicht, die einen Zustand wiedergibt, bei welchem eine Abweichung zwischen einem mittleren hindurch fließenden Stromwert pro Phase und einem Wert des Stromes, der durch jede Phase fließt, erhalten wird. Beispielsweise wird eine Abweichung  $\square I_B$  von einem mittleren hindurch fließenden Stromwert  $I_{ave}$  des Stromwertes  $I_B$ , der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, zu  $\square I_B = I_{ave} - I_B = I_B + [(X + Y)/3] - I_B = (X + Y)/3$ ; es kann daher die Abweichung  $\square I_B$  mit Hilfe des detektierten Wertes  $X$  des ersten Differenzial-Ampèremeters **54** erhalten werden und anhand des detektierten Wertes  $Y$  des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56** erhalten werden. Abweichungen von den mittleren hindurch fließenden Stromwerten der Stromwerte, die durch die anderen Reaktoren fließen, können ebenfalls mit Hilfe des detektierten Wertes  $X$  des ersten Differenzial-Ampèremeters **54** und des detektierten Wertes  $Y$  des zweiten Differenzial-Ampèremeters **56** erhalten werden, wie in [Fig. 5](#) gezeigt ist.

**[0055]** [Fig. 6](#) zeigt eine Ansicht, die einen Zustand

wiedergibt, bei welchem das Antriebs-Tastverhältnis von jeder Phase geändert wird, damit die Abweichung von einem mittleren hindurch fließenden Stromwert des hindurch fließenden Stromwertes in jeder Phase, der in [Fig. 5](#) abgeleitet wird, nahe auf Null reduziert wird. Damit beispielsweise die Abweichung  $(X + Y)/3$  von dem mittleren durchfließenden Stromwert  $I_{ave}$  des Stromwertes  $I_B$ , der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, nahe auf Null reduziert wird, wird ein vorbestimmter Koeffizient mit einem Verhältnis der Abweichung in Bezug auf einen durchfließenden Nennstrom multipliziert, und es werden demzufolge frühere Tastverhältnisse korrigiert. Wenn gemäß der Darstellung in [Fig. 6](#) ein Antriebs-Tastverhältnis unmittelbar bevor das gegenwärtige eine auf das Tastverhältnis  $-B(\text{alt})$  gesetzt wird, ein durchfließender elektrischer Nennstrom oder eine Nennenergie auf  $P$  eingestellt wird, wird eine Spannung der Sekundärbatterie oder der Brennstoffzelle auf  $V$  gestellt, und es kann ein durchfließender Nennstrom pro Phase auf  $P/3V$  eingestellt werden. Es wird dann eine resultierende Größe, bei der ein Koeffizient  $K_B$  mit dem Verhältnis der Abweichung  $(X + Y)/3$  multipliziert worden ist, in Bezug auf den durchfließenden Nennstrom zu Tastverhältnis  $-B(\text{alt})$  ( $\text{Duty-}B(\text{old})$ ) hinzu addiert, wodurch dann das nächste Antriebs-Tastverhältnis „Duty- $B$ “ eingestellt wird. Das heißt, das nächste Antriebs-Tastverhältnis „Duty- $B$ “ wird auf  $\text{Duty-}B = \text{Duty-}B(\text{old}) + K_B[(X + Y)/3]/[P/3V]$  eingestellt, und demzufolge kann gemäß der Abweichung  $(X + Y)/3$  von dem mittleren durchfließenden Stromwert  $I_{ave}$  des Stromwertes  $I_B$ , der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, nahe auf Null reduziert werden. In ähnlicher Weise kann auch wie für die Durchfluss-Stromwerte der anderen Phasen ein Tastverhältnis-Änderungswert, der angenähert dem durchfließenden mittleren Strom  $I_{ave}$  entspricht, so weit wie möglich abgeleitet bzw. erhalten werden.

**[0056]** Wie oben beschrieben ist, werden die Ströme, welche durch die Reaktoren fließen, unter Verwendung der Differenzial-Ampèremeter erfasst, und es kann die durch die Umrichter-Vorrichtung hindurch fließende elektrische Energie in Realzeit basierend auf den detektierten Werten berechnet werden; selbst wenn darüber hinaus in den Strömen, die durch die jeweiligen Phasen fließen, wechselseitige Unterschiede auftreten, kann ein mittlerer durchfließender Strom oder kann eine mittlere durchfließende elektrische Energie pro Phase berechnet werden, und es kann der Korrekturbetrag des Antriebs-Tastverhältnisses in jeder Phase erhalten bzw. abgeleitet werden, der dazu dient, den durchfließenden Strom oder die durchfließende elektrische Energie zwischen den jeweiligen Phasen auszugleichen. Dies schafft die Möglichkeit, dass die Zahl der Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung in exakter Weise geändert werden kann, und zwar im Ansprechen auf Lastschwankungen oder ähnlichem, und schafft auch die Möglichkeit, die aktiven Zustände der jeweiligen

Phasen der Umrichter-Vorrichtung abzugleichen und auszugleichen.

### Industrielle Anwendbarkeit

**[0057]** Die vorliegende Erfindung wird für Umrichter-Steuervorrichtungen verwendet. Spezieller wird die vorliegende Erfindung für eine Umrichter-Steuervorrichtung verwendet, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist und eine Konfiguration aufweist, bei der eine Vielzahl von Umrichtern, von denen jeder eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor aufweist und welche eine Spannungsumsetzung in zwei Richtungen durchführen, parallel geschaltet sind und bei der die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den durch den Umrichter hindurch fließenden elektrischen Strom anzutreiben sind, geändert wird.

### Zusammenfassung

#### Umrichter-Steuervorrichtung

**[0058]** Eine Umrichter-Vorrichtung (30), die so konfiguriert ist, indem drei Umrichter-Schaltungen parallel geschaltet sind, ist zwischen einer Sekundärbatterie (10), die als eine erste Stromversorgung dient, und einer Brennstoffzelle (12), die als eine zweite Stromversorgung dient, vorgesehen. Es sind zwei Differenzial-Ampèremeter (54 und 56) an drei Reaktoren entsprechend den drei Umrichter-Schaltungen platziert. Eine Steuereinheit (40) enthält einen Berechnungsmodul (42) für den hindurch fließenden elektrischen Strom, welcher den elektrischen Strom berechnet, der durch die Umrichter-Vorrichtung (30) fließt, und zwar auf der Grundlage des detektierten Wertes der zwei Differenzial-Ampèremeter (54 und 56), enthält einen Ausgleichsmodul (44) für die elektrische Energie, der einen Abgleich oder Ausgleich des hindurch fließenden elektrischen Stromes zwischen den jeweiligen Umrichter-Schaltungen durchführt, welche die Umrichter-Vorrichtung (30) bilden, einen Modul (46) zum Ändern der Anzahl der Antriebsphasen, welcher die Zahl der Antriebsphasen der Umrichter-Vorrichtung (30) im Ansprechen auf den hindurch fließenden elektrischen Strom ändert, und enthält einen Spannungsumsetz-Steuermodul (48), der die Umrichter-Vorrichtung steuert und eine gewünschte Spannungsumsetzung durchführt.

**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 2006-33934 [[0003](#), [0043](#)]
- JP 2003-235252 [[0004](#)]
- JP 2003-111384 [[0005](#)]

**Patentansprüche**

1. Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist und eine Konfiguration enthält, bei der Umrichter in einer Vielzahl von Phasen angeordnet sind, von denen jede eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor enthält, und die eine Spannungsumsetzung in zwei Richtungen durchführen und die parallel geschaltet sind, und wobei die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den durch den Umrichter hindurch fließenden elektrischen Strom anzutreiben sind, geändert wird, wobei die Umrichter-Steuervorrichtung Folgendes aufweist:  
 eine Stromdetektoreinheit, die einen Strom detektiert, der durch den Reaktor fließt, und  
 eine Einheit, die den elektrischen Strom ableitet, der durch einen angetriebenen Umsetzer fließt, und zwar auf der Grundlage des Stromes, der durch die Stromdetektoreinheit detektiert wird.

2. Umrichter-Steuervorrichtung, die zwischen einer ersten Stromversorgung und einer zweiten Stromversorgung geschaltet ist und eine Konfiguration aufweist, bei der Umrichter in drei Phasen angeordnet sind, von denen jede eine Vielzahl von Schaltelementen und einen Reaktor enthält, und welche eine Zwei-Richtungs-Spannungsumsetzung durchführen, und parallel geschaltet sind und bei der die Zahl der Umrichterphasen, die im Ansprechen auf den durch den Umrichter hindurch fließenden elektrischen Strom anzutreiben sind, geändert wird, wobei die Umrichter-Steuervorrichtung Folgendes aufweist:  
 ein erstes Differenzial-Ampèremeter, welches zwischen einem gemeinsamen Reaktor von drei Reaktoren, welche den drei Phasen entsprechen, und einem Reaktor platziert ist, der einer von den zwei verbleibenden Reaktoren ist, und welches eine Differenz zwischen einem Strom, der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, und einem Strom, der durch den genannten einen Reaktor fließt, detektiert;  
 ein zweites Differenzial-Ampèremeter, welches zwischen dem gemeinsamen Reaktor und dem anderen Reaktor platziert ist, welcher der andere der verbleibenden zwei Reaktoren ist, und welches eine Differenz zwischen dem Strom, der durch den gemeinsamen Reaktor fließt, und einem Strom detektiert, der durch den anderen Reaktor fließt; und  
 eine Einheit, die den elektrischen Strom, der durch einen angetriebenen Reaktor fließt, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters und auf der Grundlage des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters ableitet.

3. Umrichter-Steuervorrichtung nach Anspruch 2, bei der dann, wenn die Zahl der Umrichterphasen, die anzutreiben sind, aus einer einzelnen Phase besteht, der durch einen angetriebenen Reaktor hin-

durch fließende elektrische Strom auf der Grundlage des detektierten Wertes des Differenzial-Ampèremeters ableitbar ist, welches an dem angetriebenen Reaktor platziert ist, und zwar von dem ersten Differenzial-Ampèremeter und dem zweiten Differenzial-Ampèremeter.

4. Umrichter-Steuervorrichtung nach Anspruch 2, bei der dann, wenn die Zahl der Umrichterphasen, die angetrieben werden sollen, aus zwei Phasen besteht, eine Phase entsprechend dem gemeinsamen Reaktor gestoppt wird, und der elektrische Strom, welcher durch einen angetriebenen Reaktor hindurch fließt, auf der Grundlage des detektierten Wertes des ersten Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters ableitbar bzw. erhalten wird.

5. Umrichter-Steuervorrichtung nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, ferner mit einer Ausgleichseinheit für die elektrische Energie, welche eine mittlere hindurch fließende elektrische Energie oder einen mittleren hindurch fließenden elektrischen Strom zu einem Zeitpunkt ableitet, zu welchem eine Vielzahl der Phasen angetrieben wird, und welche die jeweiligen elektrischen Phasenströme oder Phasenenergien ausgleicht.

6. Umrichter-Steuervorrichtung nach Anspruch 5, bei der die Ausgleichseinheit für die elektrische Energie Folgendes enthält:  
 eine Berechnungseinheit für einen mittleren hindurch fließenden Strom, welche einen mittleren hindurch fließenden Strom pro Phase berechnet, indem diese die Summe der hindurch fließenden Ströme ableitet, die durch eine Vielzahl der Phasen hindurch fließen, basierend auf dem detektierten Wert des ersten Differenzial-Ampèremeters und des detektierten Wertes des zweiten Differenzial-Ampèremeters; und  
 eine Berechnungseinheit für das Antriebs-Tastverhältnis, die für jede Phase das Antriebs-Tastverhältnis ableitet, um jeden elektrischen Phasenstrom gemäß einer Differenz zwischen einem mittleren durchfließenden Strom und dem hindurch fließenden Strom, welcher durch jede Phase fließt, auszugleichen und abzugleichen.

7. Umrichter-Steuervorrichtung nach Anspruch 6, bei der die Ausgleichseinheit für die elektrische Energie einen Prozess durchführt, bei dem jeder elektrische Phasenstrom bei jedem Berechnungszyklus des Antriebs-Tastverhältnisses ausgeglichen oder abgeglichen wird.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

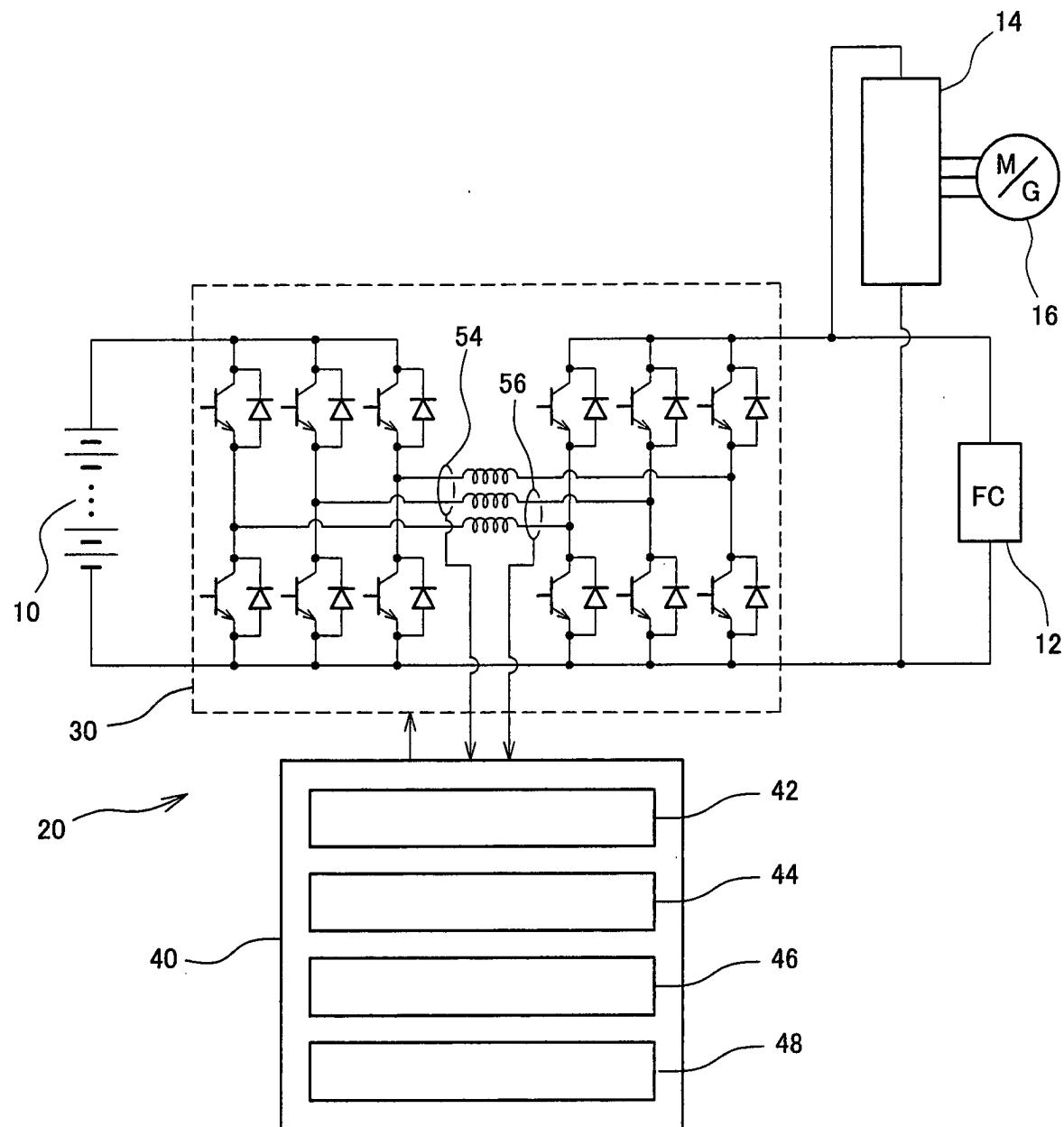


FIG. 1

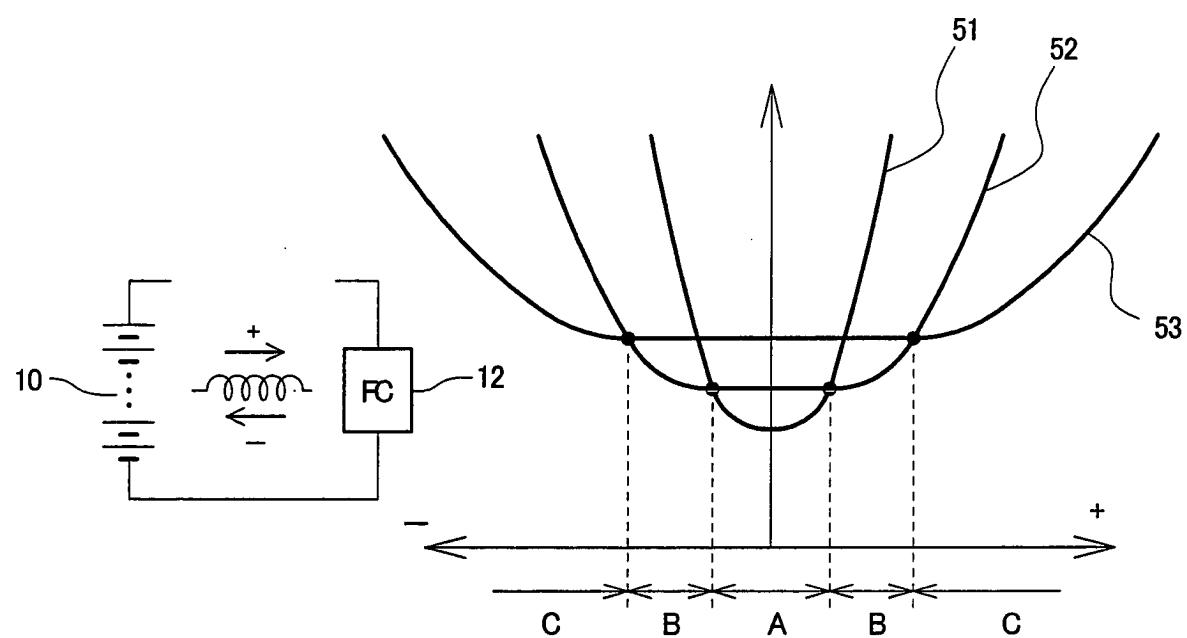
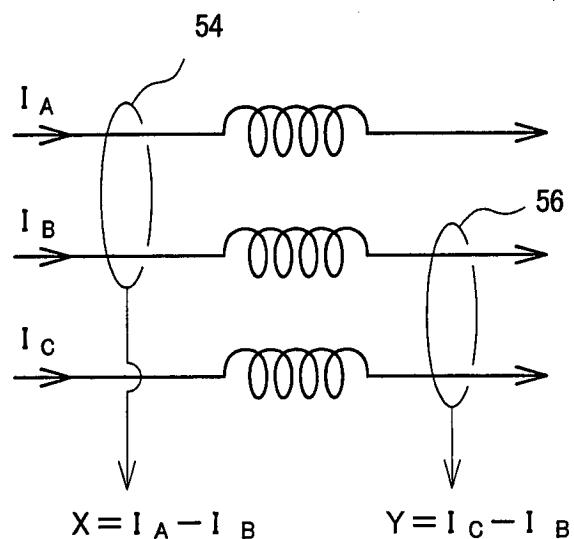
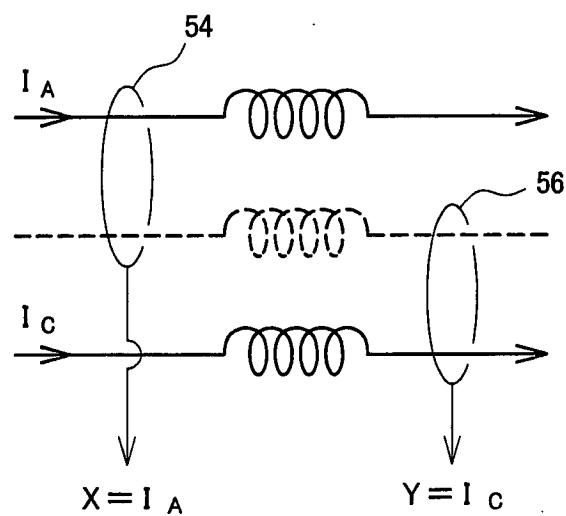
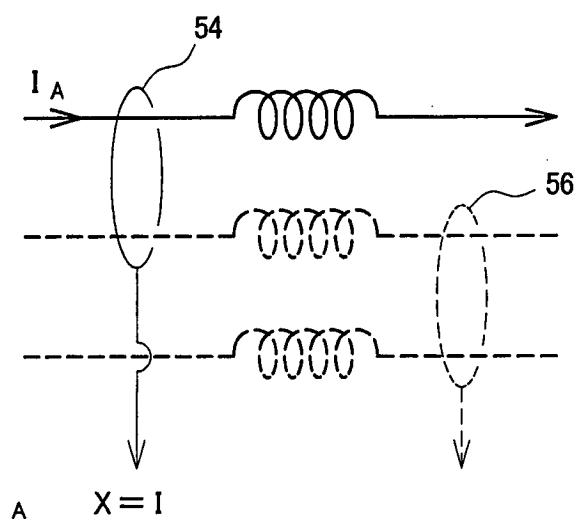
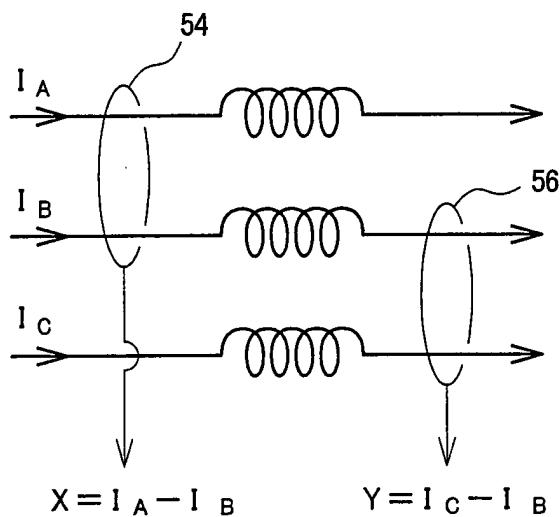


FIG. 2

**FIG. 3A****FIG. 3B****FIG. 3C**



$$\begin{aligned}
 I_A + I_B + I_C &= X + I_B + I_B + Y + I_B \\
 &= 3 I_B + X + Y
 \end{aligned}$$

$$I_{\text{ave}} = I_B + \frac{X + Y}{3}$$

FIG. 4

$$\begin{aligned}\Delta I_A &= I_{ave} - I_A \\ &= I_B + \frac{X + Y}{3} - (X + I_B) \\ &= \frac{Y - 2X}{3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta I_B &= I_{ave} - I_B \\ &= I_B + \frac{X + Y}{3} - I_B \\ &= \frac{X + Y}{3}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\Delta I_C &= I_{ave} - I_C \\ &= I_B + \frac{X + Y}{3} - (Y + I_B) \\ &= \frac{X + 2Y}{3}\end{aligned}$$

FIG. 5

$$\begin{aligned}
 \text{Duty - A} &= \text{Duty - A (old)} + K_A \frac{\frac{Y - 2X}{3}}{\frac{P}{3V}} \\
 &= \text{Duty - A (old)} + K_A \frac{(Y - 2X) V}{P} \\
 \\
 \text{Duty - B} &= \text{Duty - B (old)} + K_B \frac{\frac{X + Y}{3}}{\frac{P}{3V}} \\
 &= \text{Duty - B (old)} + K_B \frac{(X + Y) V}{P} \\
 \\
 \text{Duty - C} &= \text{Duty - C (old)} + K_C \frac{\frac{X - 2Y}{3}}{\frac{P}{3V}} \\
 &= \text{Duty - C (old)} + K_C \frac{(X - 2Y) V}{P}
 \end{aligned}$$

FIG. 6