



(10) **DE 10 2015 218 732 A1** 2016.03.31

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 218 732.2**

(22) Anmeldetag: **29.09.2015**

(43) Offenlegungstag: **31.03.2016**

(51) Int Cl.: **H02P 27/08 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2014-198238 29.09.2014 JP**

(71) Anmelder:  
**Hitachi Automotive Systems, Ltd., Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP**

(74) Vertreter:  
**MERH-IP Matias Erny Reichl Hoffmann  
Patentanwälte PartG mbB, 80336 München, DE**

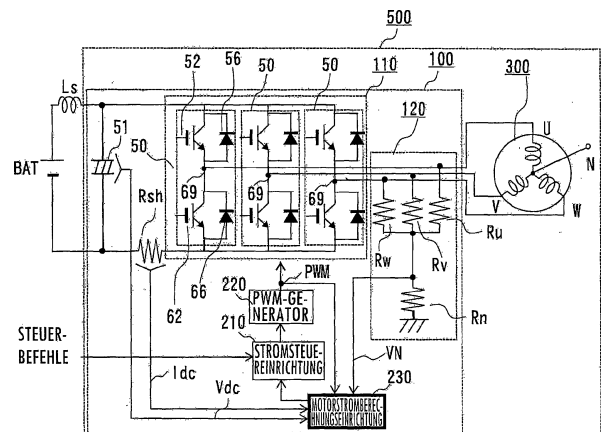
(72) Erfinder:  
**Ajima, Toshiyuki, Tokyo, JP; Sasaki, Mitsuo, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP; Aoyagi, Shigehisa, Tokyo, JP; Koseki, Tomonobu, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP; Sakashita, Tomio, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Elektromotorantriebssteuervorrichtung, elektrisch betriebene Servolenkungsvorrichtung, elektrisch betriebene Bremsvorrichtung und elektrisch betriebene Pumpvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung umfasst: eine Wechselrichterschaltung, die über einen Gleichstrombus zugeführte Gleichstromleistung in Mehrphasen-Wechselstromleistung umwandelt und die Mehrphasen-Wechselstromleistung an einen Elektromotor ausgibt; einen Stromdetektor, der einen Gleichstrom erfasst, der in dem Gleichstrombus fließt; einen PWM-Generator, der PWM-Signale erzeugt und die PWM-Signale an die Wechselrichterschaltung ausgibt; eine Stromberechnungseinrichtung, die einen Stromwert für jede der Phasen auf der Grundlage eines Werts des von dem Stromdetektor erfassten Gleichstroms und der PWM-Signale berechnet, die dem Elektromotor zuzuführen sind; und eine Stromsteuereinrichtung, die ein Befehlssignal auf der Grundlage des Stromwerts erzeugt und das Befehlssignal an den PWM-Generator ausgibt, wobei: wenn eine der Phasen der Wechselstromleistung verloren gegangen ist, die Stromberechnungseinrichtung bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, und Stromwerte für andere Phasen berechnet.



**Beschreibung**

## AUFNAHME DURCH BEZUGNAHME

**[0001]** Die Offenbarung der folgenden Prioritätsanmeldung ist hierin durch Bezugnahme aufgenommen: Japanische Patentanmeldung Nr. 2014-198238, angemeldet am 29. September 2014.

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0002]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung und auf eine elektrisch betriebene Servolenkungs- vorrichtung, eine elektrisch betriebene Bremsvorrichtung und eine elektrisch betriebene Pumpvorrichtung, die eine solche Elektromotorantriebssteuervorrichtung verwenden.

## 2. Beschreibung verwandter Technik

**[0003]** Im Allgemeinen umfasst eine Elektromotorantriebsvorrichtung zum Steuern des Antriebs eines Elektromotors eine Leistungswandlungs- vorrichtung, die Gleichstromleistung von einer Gleichstromleistungs- zufuhr empfängt und Wechselstromleistung erzeugt, und eine Steuervorrichtung zum Steuern dieser Leistungswandlungs- vorrichtung. Die Wechselstromleistung, die von der Leistungswandlungs- vorrichtung erlangt wird, wird dem Elektromotor zugeführt (dies kann beispielsweise ein synchroner Drei- Phasen-Elektromotor sein) und der Elektromotor erzeugt ein Drehmoment gemäß dieser ihm zugeführten Wechselstromleistung.

**[0004]** Dieser Typ von Elektromotorantriebs- vorrichtung kann beispielsweise zum Steuern des Antriebs eines Elektromotors von einem Typ verwendet werden, der in einem Automobil montiert ist. Als Beispiel dafür kann eine Elektromotorantriebs- vorrichtung, die verwendet wird, um einen Elektromotor in einer elektrisch betriebenen Servolenkungs- vorrichtung anzutreiben, die die Lenktätigkeit des Automobils ergänzt, oder die einem oder mehreren Fahrzeu- grädern Leistung zuführt, um das Automobil vorwärts zu bewegen, oder Ähnliches angeordnet sein, um den Antrieb einer solchen Systemvorrichtung durch Umwandeln von Gleichstromleistung, die von einer in dem Auto- mobil montierten Sekundärbatterie empfangen wird, in Wechselstromleistung und Zuführen dieser Wechselstromleistung zu dem entsprechenden Elektromotor zu steuern. Da diese Anwendungen an sich gut bekannt sind, werden sie hier nicht weiter erläutert.

**[0005]** Mit einer Elektromotorantriebs- vorrichtung vom vorstehend beschriebenen Typ ist es, wenn an einer der Ausgabeleitungen, die sowohl die Verdrahtung von den Schaltelementen der Leistungs-

wandlungs- vorrichtung zum Elektromotor als auch die Wicklungen des Elektromotors umfasst, eine Anomalie auftritt, wünschenswert, diese Anomalie geeignet zu erfassen und den Betrieb des Elektromotors und der Leistungswandlungs- vorrichtung sicher zu stoppen. Zur Erfüllung dieser Anforderung wird in der nachstehend beschriebenen offengelegten japanischen Patentveröffentlichung Nr. 2013-247754 eine Technik zum Erfassen einer Anomalie, wie zum Beispiel eines Massefehlers oder Ähnlichem, auf einer Ausgabeleitungs- durch Erfassen der Neutralpunktspannung des Elektromotors und durch Vergleichen dieser erfassten Neutralpunktspannung mit einem vorbestimmten Schwellenwert.

## KURZBESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0006]** Mit der in der offengelegten japanischen Patentveröffentlichung Nr. 2013-247754 offenbarten Technik ist es, wenn eine Anomalie, wie beispielsweise ein Massefehler oder Ähnliches, in einer der Drei- Phasen- Ausgabeleitungen, die so vorgesehen sind, dass sie den drei Phasen des Elektromotors entsprechen, aufgetreten ist, obwohl es möglich ist, diese Tatsache zu erfassen, dann schwierig, den Antrieb des Elektromotors sicher fortzusetzen. Insbesondere tritt bei einer Elektromotorantriebs- vorrichtung wie zum Beispiel der in der offengelegten japanischen Patentveröffentlichung Nr. 2013-247754 beschriebenen, in der der Elektromotorantrieb durch Berechnen der in jeder der drei Phasen des Dreiphasen- Elektromotors fließenden Ströme aus dem Gleichstrom in Impulsform, der zur Leistungsumwandlungs- vorrichtung fließt, gesteuert wird, dann, wenn eine Phase verloren geht, weil eine der Ausgabeleitungen für eine der drei Phasen in den offenen Zustand oder Ähnliches geht, eine Diskrepanz zwischen dem von der Steuervorrichtung an die Leistungswandlungs- vorrichtung ausgegebenen PWM- Impulsmuster und dem tatsächlichen Stromweg auf. Aus diesem Grund wird es unmöglich, die Ströme für den Elektromotor korrekt zu berechnen, und wird es unmöglich, den Antrieb des Elektromotors sicher fortzusetzen.

**[0007]** Die vorliegende Erfindung wurde erdacht, um Probleme wie die oben in Verbindung mit dem Stand der Technik beschriebenen zu lösen. Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht somit darin, eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung bereitzustellen, die beim Antrieb eines Elektromotors, der durch den Empfang von Mehrphasen- Wechselstromleistung angetrieben wird, in der Lage ist, den Antrieb des Elektromotor selbst dann, wenn eine der Phasen verloren gegangen ist, sicher fortzusetzen.

**[0008]** Gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung steuert eine Elektromotorantriebs- steuervorrichtung den Betrieb eines Elektromotors und weist auf: eine Wechselrichterschaltung, die über einen Gleichstrombus zugeführte Gleichstromleis-

tion in Mehrphasen-Wechselstromleistung umwandelt und die Mehrphasen-Wechselstromleistung an den Elektromotor ausgibt, einen Stromdetektor, der einen in dem Gleichstrombus fließenden Gleichstrom erfasst; einen PWM-Generator, der PWM-Signale zum Steuern der Wechselrichterschaltung erzeugt und die PWM-Signale an die Wechselrichterschaltung ausgibt; eine Stromberechnungseinrichtung, die einen Stromwert für jede der dem Elektromotor zuzuführenden Phasen auf der Grundlage eines Werts des von dem Stromdetektor erfassten Gleichstroms und der PWM-Signale berechnet, und eine Stromsteuereinrichtung, die ein Befehlssignal zum Steuern des PWM-Generators auf der Grundlage des Stromwerts für jede der von der Stromberechnungseinrichtung berechneten Phasen erzeugt und das Befehlssignal an den PWM-Generator ausgibt, wobei: wenn eine der Phasen der Wechselstromleistung verloren gegangen ist, die Stromberechnungseinrichtung bestimmt, welche Phase verloren gegangen ist, und Stromwerte für andere Phasen berechnet.

**[0009]** Gemäß dem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist eine elektrisch betriebene Servolenkungsrichtung auf: eine vorstehend beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung; einen Übertragungsmechanismus, der Lenkbetätigung von einem Fahrer eines Fahrzeugs auf ein gelenktes Rad des Fahrzeugs überträgt; und einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zur Unterstützung der Lenkbetätigung erzeugt.

**[0010]** Gemäß dem dritten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist eine elektrisch betriebene Bremsvorrichtung auf: eine vorstehend beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung; einen Übertragungsmechanismus, der Bremsbetätigung von einem Fahrer eines Fahrzeugs mittels eines Arbeitsfluids auf einen Bremsmechanismus des Fahrzeugs überträgt; und einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zur Unterstützung der Lenkbetätigung, zum Erhöhen eines Drucks des Arbeitsfluids gemäß der Bremsbetätigung erzeugt.

**[0011]** Gemäß dem vierten Aspekt der vorliegenden Erfindung weist eine elektrisch betriebene Pumpvorrichtung auf: eine vorstehend beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung; eine Pumpe, die einen Druck eines Arbeitsfluids erhöht; und einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zum Betreiben der Pumpe erzeugt.

#### KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0012]** Fig. 1 ist eine Figur, die die Struktur einer Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß einer

ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0013]** Fig. 2 ist eine Figur, die Ausgangsspannungsvektoren einer Wechselrichterschaltung zeigt;

**[0014]** Fig. 3 ist ein Wellenformdiagramm zur Erläuterung eines Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetriebs in dieser ersten Ausführungsform;

**[0015]** Fig. 4 ist eine Listentabelle, die die Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und der Neutralpunktspannung während normalen Bedingungen und auch, wenn jede der Phasen verloren gegangen ist, zeigt;

**[0016]** Fig. 5 ist ein Ablaufdiagramm, das einen Steuerablauf für Anomaliebestimmung zeigt;

**[0017]** Fig. 6 ist eine Figur, die ein Beispiel der Wellenform eines Impulsform-Gleichstroms zeigt, der zur Wechselrichterschaltung fließt, wenn keine Impulsverschiebung ausgeführt wird;

**[0018]** Fig. 7 ist eine Figur, die ein Beispiel der Wellenform des Impulsform-Gleichstroms zeigt, der zur Wechselrichterschaltung fließt, wenn Impulsverschiebung ausgeführt wird;

**[0019]** Fig. 8 ist eine Figur, die ein Beispiel der Wellenform des Impulsform-Gleichstroms zeigt, der zur Wechselrichterschaltung fließt, wenn in dem Zustand, in dem Impulsverschiebung ausgeführt wird, die V-Phase verloren gegangen ist;

**[0020]** Fig. 9 ist eine Listentabelle, die die Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und dem Gleichstrom unter normalen Bedingungen und auch, wenn eine der Phasen verloren gegangen ist, zeigt;

**[0021]** Fig. 10 ist ein Wellenformdiagramm zur weiteren Erläuterung des Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetriebs in der ersten Ausführungsform;

**[0022]** Fig. 11 ist ein Wellenformdiagramm zur noch weiteren Erläuterung des Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetriebs in der ersten Ausführungsform;

**[0023]** Fig. 12 ist eine Figur, die die Struktur einer Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

**[0024]** Fig. 13 ist eine Figur, die ein Beispiel für ein von einer Phasenspannungserfassungsschaltung ausgegebenes U-Phasen-Ausgangssignal zeigt;

**[0025]** Fig. 14 ist eine Figur, die die Struktur eines Lenksystems zeigt, das eine elektrisch betriebene

Servolenkungsrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst;

**[0026]** Fig. 15 ist eine Figur, die die Struktur einer elektrisch betriebenen Bremsvorrichtung gemäß einer vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

**[0027]** Fig. 16 ist eine Figur, die die Struktur einer elektrisch betriebenen Pumpvorrichtung gemäß einer fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

#### BESCHREIBUNG VON AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0028]** Nachstehend werden Ausführungsformen der Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen ausführlich beschrieben.

##### Ausführungsform 1

**[0029]** Fig. 1 ist eine Figur, die die Struktur einer Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Hier ist als ein Beispiel für eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung die Struktur einer Elektromotorantriebssteuervorrichtung gezeigt, die in einer elektrisch betriebenen Servolenkungsrichtung für ein Fahrzeug verwendet wird.

**[0030]** In Fig. 1 weist die elektrisch betriebene Servolenkungsrichtung **500** einen Elektromotor **300** und eine Wechselrichtervorrichtung **100** auf, die als eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung fungiert, die den Betrieb des Motors **300** steuert.

**[0031]** In dieser Ausführungsform erfasst die Wechselrichtervorrichtung **100** durch Beobachten der Neutralpunktspannung des Motors **300** jegliche Anomalie in den Ausgabeleitungen, einschließlich der Verdrahtung zu dem Motor **300** von den Schaltelementen der Wechselrichtervorrichtung **100** und der Wicklungen des Motors **300**. Es sollte zu verstehen sein, dass für die Struktur der elektrisch betriebenen Servolenkungsrichtung **500** in Fig. 1 die Wechselrichtervorrichtung **100** und der Elektromotor **300** gezeigt sind, aber andere mechanische Komponenten etc., die das Fahrzeuglenksystem bilden, nicht gezeigt sind, da sie nicht in direktem Zusammenhang mit dem Betrieb der Wechselrichtervorrichtung **100** stehen.

**[0032]** Die Wechselrichtervorrichtung **100** weist eine Stromsteuereinrichtung **210**, einen PWM-Generator **220**, eine Wechselrichterschaltung **110**, eine Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** und eine Motorstromberechnungseinrichtung **230** auf. Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bestimmt, ob eine Anomalie an den Ausgabeleitungen vorhanden ist, und gibt das Ergebnis der Berechnung des Mo-

torstroms bei normalen Bedingungen aus, wenn keine Anomalie vorhanden ist. Andererseits bestimmt, wenn eine Anomalie vorhanden ist, die Motorstromberechnungseinrichtung **230**, welche die Phase ist, die anomal ist, und wird zusammen mit dem Ausgeben von Berechnungsergebnissen des Motorstroms, in dem korrigierte Ströme unter Berücksichtigung der Tatsache berechnet werden, dass diese Phase anomal ist etc., auch ein Betrieb ausgeführt, um an den Benutzer eine Mitteilung auszugeben.

**[0033]** Eine Batterie **BAT**, die eine Gleichspannung **VB** ausgibt, ist mit der Wechselrichtervorrichtung **100** als eine Gleichstromzufuhr verbunden. Die der Wechselrichtervorrichtung von der Batterieleistungszufuhr **BAT 100** über Gleichstrombusse (Busschienen) zugeführte Gleichstromleistung wird von der Wechselrichterschaltung **110** in Drei-Phasen-Wechselstromleistung mit variabler Spannung und variabler Frequenz umgewandelt und an den Elektromotor **300** ausgegeben.

**[0034]** Der Elektromotor **300** ist ein Drei-Phasen-Elektromotor, der von der von der Wechselrichterschaltung **110** zugeführten Drei-Phasen-Wechselstrom-Leistung drehmäßig angetrieben wird. Es kann jeglicher Wechselstrom-Elektromotor von verschiedenen Typen als dieser Elektromotor **300** verwendet werden; beispielsweise ein synchroner Permanentmagnetmotor, ein Induktionsmotor, ein SR-Motor (Motor mit geschalteter Redundanz) oder Ähnliches.

**[0035]** Die Wechselrichtervorrichtung **100** hat eine Stromsteuerfunktion zum Steuern der Drehausgabe des Elektromotors **300**. Wie in Fig. 1 gezeigt, wird dem Minusseiten-Gleichstrom-Bus der Wechselrichtervorrichtung **100** ein Stromdetektor **Rsh** zum Erfassen des Gleichstroms, der in diesem Gleichstrombus fließt, bereitgestellt. Es sollte zu verstehen sein, dass dieser Stromdetektor **Rsh** alternativ dem Plusseiten-Gleichstrom-Bus anstatt dem Minusseiten-Gleichstrom-Bus bereitgestellt werden kann. Der von diesem Stromdetektor **Rsh** erfasste Gleichstromwert **Idc** wird der Motorstromberechnungseinrichtung **230** zugeführt.

**[0036]** Von dem PWM-Generator **220** ausgegebene PWM-Signale werden der Motorstromberechnungseinrichtung **230** zum Treiben der Schaltelemente der Wechselrichterschaltung **110** zugeführt. Auf der Grundlage dieser PWM-Signale und des von dem Stromdetektor **Rsh** zugeführten Gleichstromwerts **Idc** berechnet und erlangt die Motorstromberechnungseinrichtung **230** Stromwerte ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) für die U-Phase, die V-Phase und die W-Phase, die dem Elektromotor **300** zuzuführen sind, und gibt die Ergebnisse dieser Berechnungen an die Stromsteuereinrichtung **210** aus.

**[0037]** Es sollte zu verstehen sein, dass die Motorstromsteuereinrichtung **230** zusätzlich zu der vorstehend beschriebenen Stromberechnungsfunktion auch eine Funktion, wenn eine der drei Phasen der von der Wechselrichterschaltung **110** an den Elektromotor **300** ausgegebenen Drei-Phasen-Wechselstromleistung verloren gegangen ist, des Bestimmens der verlorenen Phase und des Berechnens von Stromwerten für die anderen zwei Phasen hat. Dieses Merkmal wird später ausführlich beschrieben. Es sollte zu verstehen sein, dass die fehlende Phase bedeutet, dass die Phase verschwunden ist oder aufgrund eines offenen Zustands oder Ähnlichem Null geworden ist. Die fehlende Phase kann auch als „defizitäre Phase“ oder „Phasendefizienz“ bezeichnet werden.

**[0038]** Auf der Grundlage der von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** berechneten Drei-Phasen-Stromwerte  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  erzeugt die Stromsteuereinrichtung **210** Befehlssignale zum Steuern des PWM-Generators **220** und gibt diese Befehlssignale an den PWM-Generator **220** aus. Konkret erlangt die Stromsteuervorrichtung **203** Drei-Phasen-Spannungsbefehlswerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$ ), so dass die entsprechenden Differenzen zwischen den Drei-Phasen-Stromwerten  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  und die der Steuerbefehle, wie zum Beispiel von externen Vorrichtungen eingegebenen Stromsteuerbefehlen oder Ähnlichem, alle Null werden, erzeugt Befehlssignale, die diese Spannungsbefehlswerte spezifizieren, und gibt diese Befehlssignale an den PWM-Generator **220** aus. Es sollte zu verstehen sein, dass es anstatt der Verwendung von Drei-Phasen-Stromwerten  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  ebenso akzeptabel wäre, dass die Stromsteuereinrichtung **210** Befehlssignale an den PWM-Generator **220** durch Verwendung von Stromwerten ( $I_d$ ,  $I_q$ ) erzeugt, die von den Stromwerten  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  durch Verwendung der Drehposition  $\theta$  des Elektromotors **300** gleichstromgewandelt werden.

**[0039]** Auf der Grundlage der Drei-Phasen-Spannungsbefehlswerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$ ), die von dem von der Stromsteuereinrichtung **210** zugeführten Befehlssignal spezifiziert werden, erzeugt der PWM-Generator **220** PWM-Signale zum Steuern der Wechselrichterschaltung **110** und gibt diese PWM-Signale an die Wechselrichterschaltung **110** aus. Konkret erlangt der PWM-Generator **220** Pulsweiten für die verschiedenen Phasen, die den Spannungsbefehlswerten ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$ ) entsprechen, erzeugt PWM-Signale, die diesen Pulsweiten entsprechen, und gibt diese PWM-Signale an Schaltelemente der entsprechenden Phasen in der Wechselrichterschaltung **110** aus. Dadurch werden Schaltelemente in der Wechselrichterschaltung **110** für jede der Phasen EIN- und AUS-gesteuert und werden dadurch die Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung **110** angepasst.

**[0040]** Als Nächstes wird die schematische Struktur der Wechselrichterschaltung **110** erläutert. Es sollte zu verstehen sein, dass es, während nachstehend ein Beispiel erläutert wird, in dem Bipolartransistoren mit isolierter Gate-Elektrode (d. h. IGBT) als Leistungsschalt-Halbleiterelemente für die Wechselrichterschaltung **110** verwendet werden, auch akzeptabel wäre, anstatt von IGBT MOSFET oder Ähnliches zu verwenden.

**[0041]** Reihenschaltungen **50** in der Wechselrichterschaltung **110**, von denen jede aus einem oberen Arm und einem unteren Arm gebildet ist, umfassen LIGBT **52** und Dioden **56**, die als die oberen Arme fungieren, und IGBT **62** und Dioden **66**, die als die unteren Arme fungieren. Die Wechselrichterschaltung **110** weist drei dieser Reihenschaltungen **50** auf, die der U-Phase, der V-Phase und der W-Phase der auszugebenden Drei-Phasen-Wechselstromleistung entsprechen.

**[0042]** Die Reihenschaltung **50** für jede dieser Phasen entspricht einer für jede Phase vorgesehenen entsprechenden Ankerwicklung des Elektromotors **300** und gibt Wechselstrom von ihrer entsprechenden Zwischenelektrode **69** aus. Die Zwischenelektroden **69** sind über Wechselstromanschlüsse elektrisch mit den entsprechenden Phasenwicklungen des Elektromotors **300** verbunden. Nachstehend werden diese Leitungen, die diese Verbindungen von den Zwischenelektroden **69** jeder Phase zu der entsprechenden Wicklung umfassen, als „Ausgabeleitungen“ bezeichnet.

**[0043]** In der Reihenschaltung **50** für jede der Phasen ist die Steuerelektrode des IGBT **52** des oberen Arms über einen positiven Anschluss elektrisch mit der positiven Elektroden­seite der Batterie­leistungszufuhr BAT verbunden und ist außerdem die Emitterelektrode des IGBT **62** des unteren Arms über einen negativen Anschluss elektrisch mit der negativen Elektroden­seite der Batterie­leistungszufuhr BAT verbunden. Jeder der IGBT **52** und **62** des oberen Arms und des unteren Arms für jede der Phasen wird von einem entsprechenden von dem PWM-Generator **220** erzeugten EIN/AUS-Signal (das heißt einem PWM-Signal) antriebsgesteuert. Folglich wird die von der Batterie­leistungszufuhr BAT zugeführte Gleichstromleistung in Drei-Phasen-Wechselstromleistung umgewandelt, die an die Wicklungen des Elektromotors **300** ausgegeben wird, die jeder der Phasen entsprechen, so dass der Elektromotor **300** angetrieben wird und sich dreht.

**[0044]** Obwohl die schematische Struktur der Wechselrichterschaltung **110** in der vorstehenden Beschreibung nur überblicksmäßig dargestellt ist, wird sie nicht weiter erläutert, da dieser Typ von Struktur an sich gut bekannt ist.

**[0045]** Es sollte zu verstehen sein, dass es beim Steuern der Drehzahl des Elektromotors **300** akzeptabel ist, Rückmeldungssteuerung durch Erzeugen von Spannungsbefehlen oder Strombefehlen auszuführen, so dass die Drehzahl  $\omega$  des Elektromotors mit einem Geschwindigkeitsbefehl übereinstimmt, der von einer Steuereinrichtung höherer Ebene gesendet wird.

**[0046]** Als Nächstes wird nachstehend der Betrieb der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** und der Anomalieerfassung und der von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** ausgeführten Berechnung von korrigierten Strömen, die die speziellen Merkmale der vorliegenden Erfindung darstellen, erklärt.

**[0047]** Die Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** ist eine Schaltung zum Einstellen eines virtuellen Neutralpunkts, dessen elektrisches Potenzial äquivalent zu dem Neutralpunkt des Elektromotors **300** auf der Grundlage der Drei-Phasen-Ausgangsspannung der Wechselrichterschaltung **110** ist, und zum Erfassen der Neutralpunktspannung VN des Elektromotors **300** durch Erfassen der Spannung dieses virtuellen Neutralpunkts. Konkret wird, wie in **Fig. 1** gezeigt, diese Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** durch Schalten, an der Ausgabeleitung für jede dieser Phasen, des einen Endes eines entsprechenden Widerstands  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  zwischen die Zwischenelektrode **69** für diese Phase und die entsprechende Wicklung des Elektromotors **300** und durch Verbinden der anderen Enden dieser Widerstände mit der Masse über einen gemeinsamen Widerstand  $R_n$  gebildet. Mit dieser Struktur wird es möglich, die Neutralpunktspannung VN des Elektromotors **300** aufgrund einer Spannung zu erfassen, die das Mittel der Ausgangsspannungen der drei Phasen ist, die von den Widerständen  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  und dem Widerstand  $R_n$  spannungsgeteilt werden. Der Wert dieser Spannung VN, der von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfasst wird, wird in die Motorstromberechnungseinrichtung **230** eingegeben und wird bei der von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** ausgeführten Anomalieerfassung verwendet.

**[0048]** Es sollte zu verstehen sein, dass dies in dieser Ausführungsform, da die Wechselrichtervorrichtung **100** mit der elektrisch betriebenen Servolenkungsvorrichtung **500** versehen ist, und dementsprechend die Spannung der Batterieleistungszufuhr BAT 12 V ist, vergleichsmäßig niedrig ist. Dadurch sind, wie in **Fig. 1** gezeigt, die Widerstände  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** direkt mit den Ausgabeleitungen der entsprechenden Phasen verbunden. Die vorliegende Erfindung könnte jedoch auch auf den Antrieb eines Elektromotors zur Versorgung eines Fahrzeugrades mit Leistung verwendet werden, wie zum Beispiel im

Fall einer Wechselrichtervorrichtung, die in einem Hybridfahrzeug montiert ist, in dem ein solcher Motor mit einer verhältnismäßig hohen Spannung angetrieben wird. In diesem Fall ist es wünschenswert, die Neutralpunktspannung indirekt durch Verwendung einer Isolierungsschaltung oder Ähnliches zu erfassen.

**[0049]** Ferner ist es wünschenswert, dass die von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfasste Neutralpunktspannung VN der Motorstromberechnungseinrichtung **230** zugeführt wird, nachdem sie auf einen vorbestimmten Spannungspegel standardisiert wurde, so dass sie von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** verarbeitet werden kann. Wenn die Neutralpunktspannung VN beispielsweise von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** digital zu verarbeiten ist, sollte die Ausgangsspannung für jede Phase von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** derart geteilt werden, dass sie auf den Pegel von 0~5 V gebracht wird, was ein typischer Eingangspegel für einen A/D-Wandler ist. Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** erlangt die Neutralpunktspannung VN durch Modifizieren dieses Spannungssignals, das geteilt wurde, und verwendet sie zur Anomaliebestimmung. Außerdem gäbe es auch kein Problem, wenn eine Spannung, die von einem Funktionsverstärker verstärkt und dann Impedanz-gewandelt wurde, als die Neutralpunktspannung VN verwendet wird.

**[0050]** Die vorstehend beschriebene geeignete Neutralpunktspannung VNR wird von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** auf der Grundlage des Impulsmusters der von dem PWM-Generator **220** ausgegebenen PWM-Signale erlangt. Konkret wird, wie in **Fig. 1** gezeigt, die Spannung  $V_{dc}$  zwischen den zwei Enden eines Glättungskondensators **51**, der parallel zu der Batterieleistungszufuhr BAT geschaltet ist, erfasst und wird diese Spannung  $V_{dc}$  der Motorstromberechnungseinrichtung **230** zugeführt. Und auf der Grundlage dieser Spannung  $V_{dc}$ , die zugeführt wurde, ist die Motorstromberechnungseinrichtung **230** in der Lage, die Spannung VB der Batterieleistungszufuhr BAT (das heißt, der Batteriespannung) zu erlangen und die geeignete Neutralpunktspannung VNR durch Anpassen dieser Batteriespannung VB gemäß dem Impulsmuster der PWM-Signale anzupassen. Beispielsweise kann die Motorstromberechnungseinrichtung **230** den Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung **110** auf der Grundlage des Impulsmusters der PWM-Signale spezifizieren und kann gemäß diesem Ausgangsspannungsvektor wählen, ob sie die Batteriespannung VB mit einer Einheit, zwei Dritteln oder einem Drittel multipliziert. Es ist der Motorstromberechnungseinrichtung **230** möglich, die geeignete Neutralpunktspannung VNR durch Multiplizieren der Batteriespannung VB mit einem auf diese Weise ausgewählten Faktor zu erlangen. Es sollte zu verstehen

sein, dass dieser Punkt nachstehend ausführlicher erläutert wird.

**[0051]** Als Nächstes werden Ausgangsspannungsvektoren, die die Ausgabe von der Wechselrichterschaltung **110** gemäß der ersten Ausführungsform spezifizieren, mit Bezugnahme auf **Fig. 2** erläutert. Außerdem wird der Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetrieb in dieser ersten Ausführungsform mit Bezugnahme auf **Fig. 3** erläutert. Ferner wird der Vorgang in dieser ersten Ausführungsform zur Erfassung, wenn die Ausgabelleitung im offenen Zustand ist, mit Bezugnahme auf **Fig. 4** erläutert.

**[0052]** Mit dem Ausgangsspannungsvektor der in **Fig. 2** gezeigten Wechselrichterschaltung **110** wird für die U-Phase, die V-Phase und die W-Phase „1“ gezeigt, wenn der IGBT **52**, der das Schaltelement des oberen Arms ist, EIN ist, und „0“ gezeigt, wenn der IGBT **62**, der das Schaltelement des unteren Arms ist, EIN ist. Wie in **Fig. 2** gezeigt, ändert sich der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung **110** von dem Vektor  $V_0$  zu dem Vektor  $V_7$ . Zwei Kombinationen von diesen, d. h.  $V_0$  (0,0,0) und  $V_7$  (1, 1, 1), sind Nullvektoren, für die die zum Elektromotor **300** fließenden Ströme Null sind.

**[0053]** Der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung **110** wird gemäß dem Impulsmuster der von dem PWM-Generator **200** ausgegebenen PWM-Signale bestimmt. In dieser Ausführungsform ist, wie vorstehend beschrieben, vorgesehen, dass die Motorstromberechnungseinrichtung **230** den Ausgangsspannungsvektor von dem Impulsmuster der PWM-Signale spezifiziert und die geeignete Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  als einen Schwellenwert für die vorstehend beschriebene Neutralpunktspannung  $V_N$  bestimmt. Mit anderen Worten ist vorgesehen, dass die Motorstromberechnungseinrichtung **230** als den Pegel zum Einstellen eines Schwellenwerts einen der folgenden verwendet: die von dem Vektor  $V_7$  bestimmte Spannung; die von den Vektoren  $V_2$ ,  $V_4$  und  $V_6$  bestimmte Spannung, die von den Vektoren  $V_1$ ,  $V_3$  und  $V_5$  bestimmte Spannung und die von dem Vektor  $V_0$  bestimmte Spannung.

**[0054]** Die Neutralpunktspannung  $V_N$ , die aufgrund des Betriebs des Elektromotors **300** auftritt, ändert sich notwendigerweise schrittweise synchron mit den PWM-Impulsmustern. Dementsprechend ist es, wenn die Neutralpunktspannung  $V_N$ , die von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** aus den Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung **110** erfasst wird, und die geeignete Neutralpunktspannung  $V_{NR}$ , die aus dem Impulsmuster der PWM-Signale bestimmt wird, miteinander verglichen werden, möglich, zu bestimmen, ob die drei Ausgabeleitungen für die drei Phasen alle normal sind oder ob eine Anomalie in einer der drei Phasen vorliegt.

**[0055]** Wenn der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung **110** der Vektor  $V_2$ , der Vektor  $V_4$  oder der Vektor  $V_6$  ist, sind die Ausgangsspannungen von zwei der drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** die Batteriespannung  $V_B$ , während die Ausgangsspannung der anderen Phase 0 V ist. Dementsprechend wird der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  in diesem Fall  $V_{NR} = V_B \times 2/3$ .

**[0056]** Außerdem ist, wenn der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung **110** der Vektor  $V_1$ , der Vektor  $V_3$  oder der Vektor  $V_5$  ist, die Ausgangsspannung einer der drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** die Batteriespannung  $V_B$ , während die Ausgangsspannungen der anderen zwei Phasen 0 V sind. Dementsprechend wird der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  in diesem Fall  $V_{NR} = V_B \times 1/3$ .

**[0057]** Wenn der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung der Vektor  $V_0$  ist, sind die Ausgangsspannungen aller drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** 0 V. Dementsprechend wird der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  in diesem Fall  $V_{NR} = 0$ .

**[0058]** Auf ähnliche Weise sind, wenn der Ausgangsspannungsvektor der Wechselrichterschaltung der Vektor  $V_7$  ist, die Ausgangsspannungen aller drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** die Batteriespannung  $V_B$ . Dementsprechend wird der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  in diesem Fall  $V_{NR} = V_B$ .

**[0059]** In dem in **Fig. 3** gezeigten Wellenformdiagramm sind mit den bei (a) gezeigten Drei-Phasen-Spannungsbefehlswerten alle modulierten Wellen (d. h. Spannungsbefehlswerte)  $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$  der drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** Wellenformen, die dritte Harmonische umfassen (wobei das Modulationsverhältnis 1,15 ist). Es sollte zu verstehen sein, dass ein PWM-Dreieckswellenträger  $Carry$ , der die Trägerwelle ist, auch bei (a) gezeigt ist. Folglich wird die bei (b) gezeigte Nullphasenspannung eine Wellenform, die eine dritte Harmonische umfasst, und wird auch die Nullphasenspannung von (b) der bei (d) gezeigten Neutralpunktspannungswellenform überlagert.

**[0060]** Die Wellenform des in den oberen Arm der U-Phase eingegebenen PWM-Signals ist in **Fig. 3** bei (c) gezeigt. Dies ist das Signal, das den IGBT **52** antreibt, der das Schaltelement des oberen Arms der U-Phase der Wechselrichterschaltung **110** ist. Es sollte zu verstehen sein, dass das PWM-Signal für den unteren Arm der U-Phase das Komplementärsignal (d. h., das inverse Signal) zu dem PWM-Signal für den bei (c) gezeigten oberen Arm der U-Phase ist.

**[0061]** Wie bei (c) gezeigt, wird, wenn der Wert des PWM-Signals für den oberen Arm der U-Phase  $V_{ga}$  (hoher Pegel) ist, der IGBT **52** des oberen Arms der U-Phase EIN und wird die U-Phasen-Ausgangsspannung der Wechselrichterschaltung **110** VB. Umgekehrt wird, wenn der Wert des PWM-Signals für den oberen Arm der U-Phase 0 ist (niedriger Pegel), der IGBT **62** des unteren Arms der U-Phase EIN und wird die U-Phasen-Ausgangsspannung der Wechselrichterschaltung **110** 0 Volt.

**[0062]** Eine Änderung der Neutralpunktspannung  $V_N$  synchron mit dem PWM-Träger Carry von (a) ist in **Fig. 3** bei (d) gezeigt. Diese Neutralpunktspannung  $V_N$  gibt die Spannungswerte an dem Neutralpunkt des Motors **300** von dem Vektor  $V_0$  zum Vektor  $V_7$  in der Reihenfolge an. Dies ist ein kombinierter Spannungswert, der der Mittelwert der Ausgangsspannungen  $V_u$ ,  $V_v$  und  $V_w$  der drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** ist und durch folgende Gleichung (1) gegeben ist. Dies ist äquivalent zu dem Wert der von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfassten Neutralpunktspannung  $V_N$ .

$$V_N = (V_u + V_v + V_w)/3 \quad (1)$$

**[0063]** Der Wert der von der vorstehenden Gleichung (1) gegebenen Neutralpunktspannung  $V_N$  kann als von der vorstehend beschriebenen Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfasst betrachtet werden und diese Neutralpunktspannung  $V_N$  ist eine Spannung, die sich schrittweise synchron mit dem Impulsmuster der PWM-Signale ändert.

**[0064]** Als Nächstes wird der Fall betrachtet, in dem eine der Ausgabeleitungen der Wechselrichterschaltung **100** für eine der drei Phasen in den offenen Zustand geht (diese Phase wird nachstehend als „fehlende Phase“ bezeichnet). In diesem Fall kann die Neutralpunktspannung, wenn die Phase verloren geht, wie nachstehend beschrieben, durch Verwendung der in der Tabelle von **Fig. 4** gezeigten Listen erfasst werden. **Fig. 4** ist eine Listentabelle, die die Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und der Neutralpunktspannung  $V_N$  sowohl unter normalen Bedingungen als auch, wenn eine der Phasen verloren gegangen ist, zeigt.

**[0065]** Unter normalen Bedingungen, wenn keine Phase verloren gegangen ist, ist, wie in **Fig. 4** gezeigt, die Neutralpunktspannung  $V_N$   $VB \times 1/3$  oder  $VB \times 2/3$  für die Vektoren  $V_1$  bis  $V_6$ , 0 für den Vektor  $V_0$  und  $VB$  für den Vektor  $V_7$ . Andererseits wird dann, wenn die Phase auf einer der Ausgabeleitungen verloren gegangen ist, wie in **Fig. 4** gezeigt, die Neutralpunktspannung  $V_N$  für die Vektoren  $V_1$  bis  $V_6$  eines von 0,  $VB/2$  oder  $VB$  werden. Dementsprechend ist es, wenn der Wert der von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfassten Neutralpunktspannung  $V_N$  jemals  $V_N = VB/2$  wird, mög-

lich, zu bestimmen, dass eine der Phasen verloren gegangen ist.

**[0066]** Wenn durch das vorstehend beschriebene Vorgehen bestimmt wurde, dass eine der Phasen verloren gegangen ist, ist es dann möglich, eine Entscheidung zu treffen, welche der Phasen diejenige ist, die verloren gegangen ist, durch Spezifizieren, welcher von den Vektoren  $V_1$  bis  $V_6$  der Vektor oder die Vektoren sind, für die der Wert der Neutralpunktspannung  $V_N$  0 oder  $VB$  wird. Konkret ist es, wenn von den Ausgangsspannungsvektoren  $V_1$ ,  $V_3$  und  $V_5$ , für die nur eine der Phasen EIN ist (1), während die anderen zwei Phasen AUS sind (0), die Neutralpunktspannung  $V_N$  für eine davon Null geworden ist, möglich, zu bestimmen, dass diejenige Phase, für die der Ausgangsspannungsvektor EIN ist, diejenige Phase ist, die verloren gegangen ist. Mit anderen Worten ist es möglich, zu entscheiden, dass die U-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = 0$  für den Vektor  $V_1$ , ist es möglich, zu entscheiden, dass die V-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = 0$  für den Vektor  $V_3$ , und ist es möglich, zu entscheiden, dass die W-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = 0$  für den Vektor  $V_5$ .

**[0067]** Außerdem ist es, wenn von den Ausgangsspannungsvektoren  $V_2$ ,  $V_4$  und  $V_6$ , für die nur eine der Phasen AUS ist (0), während die anderen zwei Phasen EIN sind (1), die Neutralpunktspannung  $V_N$  für eine davon  $VB$  geworden ist, es möglich, zu bestimmen, dass diejenige Phase, für die der Ausgangsspannungsvektor AUS ist, diejenige Phase ist, die verloren gegangen ist. Mit anderen Worten ist es möglich, zu entscheiden, dass die W-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = VB$  für den Vektor  $V_2$ , ist es möglich, zu entscheiden, dass die U-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = VB$  für den Vektor  $V_4$ , und ist es möglich, zu entscheiden, dass die V-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, wenn  $V_N = VB$  für den Vektor  $V_6$ .

**[0068]** Es sollte zu verstehen sein, dass, unabhängig davon, welche Phase verloren gegangen ist, der Wert der Neutralpunktspannung  $V_N$  für den Vektor  $V_0$  0 wird, was die gleiche wie die geeignete Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  ist, und außerdem der Wert der Neutralpunktspannung  $V_N$  für den Vektor  $V_7$   $VB$  wird, was die gleiche wie die geeignete Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  ist. Dementsprechend ist es durch Erfassen der Neutralpunktspannungen für den Vektor  $V_0$  und für den Vektor  $V_7$  möglich, den Fall eines Massefehlers, in dem die Neutralpunktspannung  $V_N$  für den Vektor  $V_7$  niedriger als  $VB$  wird, und den Fall eines Leistungsleitungsfehlers, in dem die Neutralpunktspannung  $V_N$  für den Vektor  $V_0$  höher als Null wird, von dem Fall einer fehlenden Phase zu unterscheiden. Es sollte zu verstehen sein, dass der

Massefehler einen Fehler bedeutet, in dem eine Phase einen Kurzschluss auf den Massepegel erfährt, und der Leistungsleitungsfehler einen Fehler bedeutet, bei dem eine Phase einen Kurzschluss auf den Batteriespannungspegel VB erfährt.

**[0069]** In dieser Ausführungsform kann eine Anomalie auf der Ausgabeleitung für eine der drei Phasen von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** durch Verwendung eines wie vorstehend beschriebenen Verfahrens erfasst werden.

**[0070]** Fig. 5 ist eine Figur, die den Steuerablauf für von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** ausgeführte Anomaliebestimmung zeigt. Dieser Steuerablauf aus Fig. 5 wird jetzt im Folgenden erläutert. Es sollte zu verstehen sein, dass der Steuerablauf aus Fig. 5 von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** ausgeführt wird, die aus einem Computer, wie zum Beispiel einem Mikrocomputer oder Ähnlichem, gebildet ist. Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** führt Berechnungen wie nachstehend beschrieben durch und führt Anomaliebestimmung mittels eines Programms aus, das diesen Steuerablauf implementiert, der bei einem vorbestimmten Zeitintervall wiederholt gestartet wird.

**[0071]** Nach dem Start des Steuerablaufs aus Fig. 5 erfasst in Schritt S40 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** das Impulsmuster der gegenwärtigen PWM-Signale. Wie vorstehend beschrieben, ändert sich das Impulsmuster der PWM-Signale synchron mit dem PWM-Träger Carry. Dadurch ist es möglich, das Impulsmuster der PWM-Signale durch Erfassen der PWM-Signale für jede von dem PWM-Generator **220** ausgegebene Phase zu mit dem PWM-Träger Carry synchronisierten Zeiten zu erfassen. Dadurch ist es wiederum möglich, auszuwählen, welcher Wert für die geeignete Neutralpunktspannung VNR als ein Schwellenwert übernommen werden sollte.

**[0072]** Wenn das Impulsmuster der PWM-Signale in Schritt S40 erfasst wurde, berechnet im nächsten Schritt S41 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** die Spannungen für die entsprechenden Phasen, um die geeignete Neutralpunktspannung VNR zu erlangen, die dem erfassten Impulsmuster entspricht. Hier werden, wie nachstehend beschrieben, die Spannungen Vu, Vv und Vw für die entsprechenden Phasen durch Multiplizieren der Leistungszufuhrspannung VB mit Spannungskoeffizienten für die entsprechenden Phasen auf der Grundlage des erfassten Impulsmusters der PWM-Signale berechnet.

**[0073]** Konkret sind, wenn das erfasste Impulsmuster der PWM-Signale der Vektor V7 ist, die Spannungskoeffizienten für alle drei Phasen 1/3. Außerdem sind, wenn das erfasste Impulsmuster der PWM-Signale der Vektor V2, der Vektor V4 oder der Vektor V6 ist, die Spannungskoeffizienten für zwei der Pha-

sen 1/3, während der Spannungskoeffizient für die übrige Phase 0 ist. Und wenn das erfasste Impulsmuster der PWM-Signale der Vektor V1, der Vektor V3 oder der Vektor V5 ist, ist der Spannungskoeffizient für eine der Phasen 1/3, während die Spannungskoeffizienten für die übrigen zwei Phasen 0 sind. Ferner sind, wenn das erfasste Impulsmuster der PWM-Signale der Vektor V0 ist, die Spannungskoeffizienten für alle drei Phasen 0.

**[0074]** Nach dem Erlangen der Spannungen für die entsprechenden Phasen, die dem PWM-Impulsmuster entsprechen, in Schritt S41 berechnet als Nächstes in Schritt S42 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** den Wert der geeigneten Neutralpunktspannung VNR. Hier wird der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung VNR durch Addieren der Spannungen für die in S41 erlangten Phasen berechnet. Mit anderen Worten kann der Wert der geeigneten Neutralpunktspannung VNR auf der Grundlage der Spannungen Vu, Vv und Vw für die entsprechenden in Schritt S41 erlangten Phasen unter Berücksichtigung deren Spannungskoeffizienten gemäß der folgenden Gleichungen erlangt werden:

$$VNR = (Vu + Vv + Vw)/3$$

**[0075]** Wie bei (d) in Fig. 3 gezeigt, ist der durch die vorstehende Gleichung gegebene Wert für die geeignete Neutralpunktspannung VNR 0 V für den Vektor V0,  $2/3 \times VB$  Volt für die Vektoren V2, V4 und V6,  $1/3 \times VB$  Volt für die Vektoren V1, V3 und V5 und VB Volt für den Vektor V7. Die auf diese Weise erlangte geeignete Neutralpunktspannung VNR wird in der folgenden Berechnung als ein Schwellenwert verwendet, der dem PWM-Muster entspricht.

**[0076]** Als Nächstes liest in Schritt S43 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** den Wert der Neutralpunktspannung VN von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** ein und speichert ihn. Hier wird der von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfasste Wert als der Wert der Neutralpunktspannung VN bezogen, der dem in Schritt S40 erfassten PWM-Impulsmuster entspricht.

**[0077]** Dann führt in Schritt S44 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** Anomaliebestimmung für die Ausgabeleitungen auf der Grundlage der in Schritt S42 erlangten geeigneten Neutralpunktspannung VNR und der in Schritt S43 bezogenen Neutralpunktspannung VN aus. Hier wird der Wert der Neutralpunktspannung VN mit dem Wert der geeigneten Neutralpunktspannung VNR verglichen und wird auf der Grundlage dieses Vergleichsergebnisses bestimmt, ob eine der Phasen verloren gegangen ist oder nicht. Konkret wird durch Subtrahieren der Neutralpunktspannung VN von der geeigneten Neutralpunktspannung VNR die Differenz zwischen ihnen berechnet und wird, wenn diese Differenz kleiner als

ein vorbestimmter Wert ist, entschieden, dass die Situation normal ist, mit anderen Worten, dass keine Phase verloren gegangen ist. Mit anderen Worten werden, wenn die Differenz kleiner als der vorbestimmte Wert ist, die geeignete Neutralpunktspannung VNR und die tatsächliche Neutralpunktspannung VN im Wesentlichen äquivalent zueinander und wird dementsprechend entschieden, dass normaler Betrieb durchgeführt wird. Andererseits wird, wenn die berechnete Differenz größer als der vorbestimmte Wert ist, entschieden, dass eine Anomalie vorliegt, mit anderen Worten, dass eine der Phasen verloren geht. Anders ausgedrückt schwankt, wenn die Differenz größer als der vorbestimmte Wert ist, die tatsächliche Neutralpunktspannung VN bezüglich der geeigneten Neutralpunktspannung VNR, so dass entschieden wird, dass ein anomaler Betrieb durchgeführt wird. Es sollte zu verstehen sein, dass, wenn die Berechnung der Differenz die Differenz mit hinzugefügtem Vorzeichen, d. h., die Differenz mit einem „+“ oder einem „-“, Vorzeichen erlangt, es auch möglich ist, zwischen einem Fehler einer fehlenden Phase und einem Massefehler oder einem Leistungsleitungsfehler gemäß dem PWM-Impulsmuster zu diesem Zeitpunkt zu unterscheiden.

**[0078]** Wenn die in Schritt S44 berechnete Differenz zwischen der geeigneten Neutralpunktspannung VNR und der Neutralpunktspannung VN unter dem vorbestimmten Wert liegt, fährt der Steuerablauf mit Schritt S45 fort, in dem die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bestimmt, dass normaler Betrieb durchgeführt wird, in dem keine Phase auf einer der Ausgabeleitungen fehlt. Dann führt in Schritt S46 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** Stromberechnungsverarbeitung für normale Bedingungen durch und endet die in dem Ablaufdiagramm in **Fig. 5** gezeigte Verarbeitung schließlich.

**[0079]** Andererseits fährt, wenn in Schritt S44 die berechnete Differenz zwischen der geeigneten Neutralpunktspannung VNR und der Neutralpunktspannung VN groß oder gleich dem vorbestimmten Wert ist, der Steuerablauf mit Schritt S47 fort, in dem die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bestimmt, dass eine Anomalie aufgetreten ist, in der eine der Phasen auf einer der Ausgabeleitungen verloren gegangen ist. Dann fährt der Steuerablauf mit Schritt S48 fort, in dem die Motorstromberechnungseinrichtung **230** Mitteilungsverarbeitung ausführt, um an die Bedienungsperson einen Alarm auszugeben, dass eine Phase verloren gegangen ist. Diese Mitteilung kann durch eine Warnung an den Fahrer des Fahrzeugs, dass eine der drei Phasen verloren gegangen ist, mittels eines Verfahrens wie beispielsweise das Aufleuchten eines Warnlichts (in der Figur nicht gezeigt), das auf einem Armaturenbrett des Fahrzeugs oder Ähnlichem vorgesehen ist, durchgeführt werden.

**[0080]** Nach dem Durchführen der Mitteilungsverarbeitung in Schritt S48 führt im nächsten Schritt S49 die Motorstromberechnungseinrichtung **230** Stromberechnungsverarbeitung für anomale Bedingungen aus. Bei dieser Stromrechnungsverarbeitung für anomale Bedingungen bestimmt die Motorstromberechnungseinrichtung **230**, welche die Ausgabelleitung derjenigen Phase ist, die verloren gegangen ist, und stellt den Stromwert für diese Phase auf Null ein, während sie Stromwerte für die anderen zwei Phasen auf der Grundlage des Gleichstroms  $I_{dc}$  berechnet, der von dem Stromdetektor Rsh zugeführt wird. Wenn diese Stromberechnungsverarbeitung für anomale Bedingungen abgeschlossen ist, beendet die Motorstromberechnungseinrichtung **230** die Verarbeitung des Ablaufdiagramms aus **Fig. 5**.

**[0081]** Es sollte zu verstehen sein, dass es, auch wenn in der vorstehend beschriebenen Ausführungsform ein Beispiel beschrieben wurde, in dem die Entscheidung, welche Ausgabelleitung diejenige ist, deren Phase verloren gegangen ist, durch Erlangen des Werts der geeigneten Neutralpunktspannung VNR durch Berechnung in Schritt S42 und durch Vergleichen des Werts der Neutralpunktspannung VN mit diesem Wert der geeigneten Neutralpunktspannung VNR durchgeführt wird, auch akzeptabel wäre, die Entscheidung, welche Ausgabelleitung diejenige ist, deren Phase verloren gegangen ist, mittels eines anderen Verfahrens zu treffen. Es wäre beispielsweise auch möglich, die Neutralpunktspannung VN mit einer Mehrzahl von im Voraus eingestellten Schwellenwerten zu vergleichen und die Entscheidung, welche Ausgabelleitung diejenige ist, deren Phase verloren gegangen ist, auf der Grundlage dieser Vergleichsergebnisse zu treffen. Konkret können, wie bei (d) in **Fig. 3** gezeigt, drei Schwellenwerte  $V_{t1}$ ,  $V_{t2}$  und  $V_{t3}$  im Voraus als ein erstes Anomaliebestimmungsniveau, ein zweites Anomaliebestimmungsniveau und ein drittes Anomaliebestimmungsniveau eingestellt werden und kann eine Beziehung zwischen ihnen und den Ausgangsspannungsvektoren im Voraus in einem festen Speicher oder Ähnlichem gespeichert werden. Und die Entscheidung, welche Ausgabelleitung diejenige ist, deren Phase verloren gegangen ist, wird durch Auswählen eines dieser gemäß dem Impulsmuster der PWM-Signale erfassten Anomaliebestimmungsniveaus und Vergleichen dieses Anomaliebestimmungsniveaus mit der erfassten Neutralpunktspannung VN durchgeführt. Wenn die Phase einer der Ausgabeleitungen verloren gegangen ist, ist es möglich, auf der Grundlage der Neutralpunktspannung VN auf diese Weise auch zu bestimmen, welche Phase verloren gegangen ist.

**[0082]** Es wäre auch akzeptabel, ein Entscheidungsverfahren vom vorstehend beschriebenen Typ auf eine ähnliche Weise wie das in **Fig. 4** gezeigte Verfahren auszuführen. Mit anderen Worten wäre es möglich, die Bestimmung, welche Ausgabelleitung diejeni-

ge ist, deren Phase verloren gegangen ist, durch Ersetzen des Werts der berechneten geeigneten Neutralpunktspannung VNR in Schritt S42 aus **Fig. 5** mit einem der Anomaliebestimmungsniveaus V1, V2 oder V3 und der Ausführung wie im Ablaufdiagramm aus **Fig. 5** erläutert, durchzuführen.

**[0083]** Es sollte zu verstehen sein, dass es in dem in **Fig. 5** gezeigten Steuerablauf während der Erfassung des Impulsmusters der PWM-Signale in Schritt S40 wünschenswert ist, die Erfassung in dem späteren Halbzyklus des PWM-Trägers durchzuführen, wie später beschrieben wird. Somit ist es möglich, die Verarbeitungslast des Mikrocomputers zu verringern. Ferner wäre es, wie bei S1, S2, S3, S4... von (d) in **Fig. 3** gezeigt, akzeptabel, die Erfassung der Neutralpunktspannung VN und die Ausführung von Anomaliebestimmung jeden Halbzyklus des PWM-Trägers zu den Zeiten des Vektors V0 und des Vektors V7 einzurichten. Außerdem wäre es auch akzeptabel, Anomaliebestimmung mit einem Zyklus auszuführen, dessen Periode ein positives ganzzahliges Mehrfaches der Hälfte der Periode des PWM-Trägers ist.

**[0084]** Als Nächstes wird die in Schritt S49 aus **Fig. 5** durchgeführte Stromberechnungsverarbeitung für anomale Bedingungen mit Bezugnahme auf **Fig. 6** bis **Fig. 9** erläutert.

**[0085]** **Fig. 6** ist eine Figur, die ein Beispiel für die Impulsformgleichstromwellenform zeigt, die durch die Wechselrichterschaltung **110** fließt. Hier ist eine typische Gleichstromwellenform gezeigt, wenn keine Impulsverschiebung durchgeführt wird, wie später beschrieben wird.

**[0086]** Das Diagramm (a) in **Fig. 6** zeigt einen Sägezahn-förmigen Zählwert zum Erzeugen von PWM-Impulsen in den PWM-Generator **220**. Die Periode  $T_{pwm}$  dieser Sägezahnwelle ist gleich der Periode des bei (a) in **Fig. 3** gezeigten PWM-Trägers Carry.

**[0087]** Und das Diagramm (b) in **Fig. 6** zeigt die Impulsform-PWM-Signale für jede Phase, die von dem PWM-Generator **220** an die Wechselrichterschaltung **110** ausgegeben werden. Bei (b) in **Fig. 6** sind einzelne Abschnitte der PWM-Impulse, die Momentanspannungsbefehlen entsprechen, gezeigt und sind die PWM-Pulsweiten für die drei Phasen als  $U_{pw}$ ,  $V_{pw}$  und  $W_{pw}$  gezeigt.

**[0088]** Außerdem zeigt (c) in **Fig. 6** die Wellenform des von dem Stromdetektor Rsh erfassten Gleichstroms  $I_{dc}$ . Wie bei (c) in **Fig. 6** gezeigt, ändert sich der Gleichstrom  $I_{dc}$  von  $I_{d1}$  zu  $I_{d2}$  oder von  $I_{d2}$  zu  $I_{d1}$  entsprechend den PWM-Signalen für die unterschiedlichen bei (b) in **Fig. 6** gezeigten Phasen.

**[0089]** Hier wird der Fall betrachtet, in dem die Weite des Zwischenphasenimpulses zwischen der U-Pha-

se und der V-Phase entsprechend dem Vektor V1 und die Weite der Zwischenphasenimpulse zwischen der V-Phase und der W-Phase entsprechend dem Vektor V2 kürzer sind als die Mindestabtastperiode des A/D-Wandlers in der Motorstromberechnungseinrichtung **230**. In diesem Fall ist es nicht möglich, den korrekten Gleichstromwert zu beziehen, da es für die Motorstromberechnungseinrichtung **230** nicht möglich ist, den Wert des Gleichstroms  $I_{dc}$  abzutasten. Mit anderen Worten erreichen, obwohl ein Motorstrom aufgrund einer Spannung zwischen Leitungen fließt, die der Differenz zwischen den Signalen für die PWM-Impulse für die bei (b) in **Fig. 6** gezeigten Phasen, die dem Elektromotor **300** zugeführt werden, wenn dieser Motorstrom sehr klein ist, die Pulsweiten  $t_1$  und  $t_2$  des Gleichstroms  $I_{dc}$ , die entsprechend den Weiten der Zwischenphasenimpulse bestimmt werden, die dem oben beschriebenen Vektor V1 und dem Vektor V2 entsprechen, in einigen Fällen nicht die Mindestpulsweite TPS. In solchen Fällen ist die Erfassung des Gleichstroms  $I_{dc}$  nicht möglich, so dass keine geeignete Steuerung des Motorstroms möglich ist.

**[0090]** Als Nächstes wird mit Bezugnahme auf **Fig. 7** ein Fall erläutert, in dem für den Umgang mit Problemen wie den vorstehend beschriebenen Impulsverschiebung durch Ändern der Positionen der PWM-Signale durchgeführt wird. **Fig. 7** ist eine Figur, die ein Beispiel für die Wellenform des Impulsformstroms zeigt, der durch die Wechselrichterschaltung **110** fließt, wenn Impulsverschiebung durchgeführt wird.

**[0091]** **Fig. 7** unterscheidet sich von **Fig. 6** darin, dass die Positionen der Impulse (die Phasen) bei (b) der U-Phase und der W-Phase von den PWM-Signalen für die entsprechenden Phasen verschoben sind, und dass die bei (c) gezeigte Wellenform des Gleichstroms  $I_{dc}$  folglich geändert ist. Dadurch wird die Pulsweite des Gleichstroms  $I_{dc}$  zur Mindestpulsweite TPS gemacht, so dass eine Erfassung des Gleichstroms  $I_{dc}$  möglich wird.

**[0092]** Die Pulsweiten ( $M_{pw}$ ,  $V_{pw}$ ,  $W_{pw}$ ) der PWM-Signale für die bei (b) aus **Fig. 7** gezeigten Phasen sind die gleichen wie die bei (b) in **Fig. 6** gezeigten. In **Fig. 7(b)** ist an den fallenden Flanken der PWM-Impulse, wobei der V-Phasen-Impuls als Referenz genommen wird, die U-Phasen Impulsphase um genau einen Impulsverschiebungsausmaß  $T_{t2}$  verzögert, wodurch die Zwischenphasenpulsweite der U-Phase und der V-Phase, die dem Vektor V1 entspricht, verbreitert wird, so dass sie größer oder gleich der Mindestpulsweite TPS wird. Außerdem wird der Zwischenphasenimpuls der U-Phase und der V-Phase, der dem Vektor V4 entspricht, an den ansteigenden Flanken der PWM-Impulse erzeugt. Dadurch wird bezüglich des Zwischenphasenimpulses der U-Phase und der V-Phase, der dem Vektor V1 entspricht, wenn keine Impulsverschiebung durchgeführt wird,

was bei (b) in **Fig. 6** gezeigt ist, ein Impuls in dem Gleichstrom  $I_{dc}$  erzeugt, dessen Polarität umgekehrt wird und dessen Weite klein ist. Dadurch ist es möglich, während eine ausreichend lange Abtastperiode sichergestellt wird, den Mittelwert der an den Elektromotor **300** angelegten Spannung innerhalb eines einzelnen Abschnitts der PWM-Impulse gleich deren Wert in dem bei (b) in **Fig. 6** gezeigten Fall zu machen, in dem keine Impulsverschiebung durchgeführt wird. Folglich ist es möglich, die Phase und die an den Elektromotor **30** angelegte Spannung anzupassen und den Elektromotor **300** zu steuern.

**[0093]** Zu diesem Zeitpunkt wird bei der bei (c) in **Fig. 7** gezeigten Wellenform des Gleichstroms  $I_{dc}$  die Weite (d. h. der Bereich) des Stromimpulses an den ansteigenden Flanken der PWM-Impulse kleiner. Es sollte zu verstehen sein, dass ein Bereich von negativer Größe bei (c) in **Fig. 7** auftritt. Andererseits wird an den fallenden Flanken der PWM-Impulse die Weite (d. h. der Bereich) des Stromimpulses größer. Der gesamte Bereich des Stromimpulses für einen einzelnen Abschnitt der PWM-Impulse bei (c) in **Fig. 7** ist gleich dem entsprechenden Bereich bei (c) in **Fig. 6**.

**[0094]** Es ist möglich, die Gleichstromwerte  $I_{d1}$  und  $I_{d2}$  durch Durchführen von Impulsverschiebung wie vorstehend beschrieben und durch Abtasten des Gleichstroms  $I_{dc}$  mit dem ND-Wandler in der Motorstromberechnungseinrichtung **230** mit Präzision zu beziehen. Es sollte auch zu verstehen sein, dass es akzeptabel wäre, die Gleichstromwerte  $I_{d3}$  und  $I_{d4}$  nicht in dem früheren Halbzyklus des PWM-Trägers zu erfassen. Mit der vorliegenden Erfindung ist es wünschenswert, die Erfassung der Neutralpunktspannung  $V_N$  und die Erfassung der Gleichstromwerte  $I_{d1}$  und  $I_{d2}$  etwa zur gleichen Zeit durchzuführen.

**[0095]** Als Nächstes wird der Betrieb zur Erfassung, wann die V-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, mit Bezugnahme auf **Fig. 8** erläutert. **Fig. 8** ist eine Figur, die ein Beispiel für die Wellenform des Impulsformgleichstroms zeigt, der durch die Wechselrichterschaltung **110** fließt, wenn in dem Zustand, in dem Impulsverschiebung durchgeführt wird, die V-Phase verloren gegangen ist.

**[0096]** Der Unterschied zwischen **Fig. 8** und **Fig. 7** besteht darin, dass von den PWM-Signalen für die entsprechenden bei (b) gezeigten Phasen das PWM-Signal für die V-Phase verschwunden ist, da diese V-Phase verloren gegangen ist, und dass folglich die bei (c) gezeigte Wellenform des Gleichstroms  $I_{dc}$  verändert ist.

**[0097]** In dem Fall aus **Fig. 8** wird aufgrund der Tatsache, dass die V-Phase verloren gegangen ist, der Vektor  $V_1$  kontinuierlich von der Wechselrichterschaltung **110** in dem Intervall von dem Abfall des PWM-Impulses der W-Phase zu dem Abfall des

PWM-Impulses für die U-Phase ausgegeben. Aus diesem Grund wird der Stromwert  $I_u$  der U-Phase zweimal von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** als Werte „ $I_{d1}$ “ und  $I_{d2}$ “ des Gleichstroms  $I_{dc}$  gemessen. Da jedoch, wie bei (c) in **Fig. 7** gezeigt, die Motorstromberechnungseinrichtung **230** die Stromwerte für die entsprechenden Phasen unter der Annahme berechnet, dass der PWM-Impuls der V-Phase normal ausgegeben wird, wird es dementsprechend möglich, korrekte Stromwerte in diesem Zustand zu berechnen. Somit wird es notwendig, die Berechnung von korrigierten Strömen unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die V-Phase verloren gegangen ist und der Strompfad sich ändert, durchzuführen und dadurch Stromwerte für jede der Phasen korrekt zu berechnen.

**[0098]** Als Nächstes wird diese Berechnung von korrigierten Strömen, die von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** durchgeführt wird, wenn eine Phase verloren gegangen ist, mit Bezugnahme auf **Fig. 9** erläutert. **Fig. 9** ist eine Listentabelle, die die Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und dem Gleichstrom  $I_{dc}$ , sowohl während normalen Bedingungen als auch, wenn eine der Phasen verloren gegangen ist, zeigt.

**[0099]** In dieser Ausführungsform ist die Motorstromberechnungseinrichtung **230** in der Lage, den Stromwert für jede Phase bezüglich des Gleichstroms  $I_{dc}$  bei normalen Bedingungen aus den Ausgangsspannungsvektoren von der Wechselrichterschaltung **110**, die gemäß den PWM-Signalen auf der Grundlage der in **Fig. 9** gezeigten Listentabelle bestimmt werden, zu erlangen. Beispielsweise wird bei normalen Bedingungen, wenn keine Phase fehlt, der Motorstromwert  $I_w$  für die W-Phase durch Verwendung des Gleichstromwerts  $I_{d2}$  während des in **Fig. 7** gezeigten Vektors  $V_2$  erlangt. Außerdem wird der Motorstromwert  $I_u$  für die U-Phase durch Verwendung des Gleichstromwerts  $I_{d1}$  während des Vektors  $V_1$  erlangt. Und der Motorstrom für die übrige Phase, d. h. für die V-Phase, kann durch Verwendung von nachstehender Gleichung (2) erlangt werden:

$$0 = I_u + I_v + I_w \quad (2)$$

**[0100]** Andererseits wird, wie in **Fig. 8** gezeigt, bei einer Anomalie, in der zum Beispiel die V-Phase verloren gegangen ist, in dem Intervall, in dem der Vektor  $V_2$  unter normalen Bedingungen ausgegeben werden sollte, tatsächlich der Vektor  $V_1$  ausgegeben. Der Wert der erfassten Neutralpunktspannung  $V_N$  ist in einem solchen Fall  $V_N = V_B/2$ . Außerdem ist während des Intervalls, in dem der Vektor  $V_1$  auf die gleiche Art wie unter normalen Bedingungen ausgegeben wird, der erfasste Wert der Neutralpunktspannung  $V_N$  auch  $V_N = V_B/2$ . In diesem Fall ist es möglich, aus der in **Fig. 4** gezeigten Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und der Neutral-

punktspannung  $V_N$  zu dem Zeitpunkt, zu dem die Phase verloren geht, zu bestimmen, dass die V-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist.

**[0101]** Wenn es möglich war, wie vorstehend beschrieben zu bestimmen, dass die V-Phase die verloren gegangene ist, ist es möglich, Motorströme ( $I_u$ ,  $I_v$ ,  $I_w$ ) für jede der Phasen bezüglich des Werts des Gleichstroms  $I_{dc}$  aus der in **Fig. 9** gezeigten Beziehung zwischen den Ausgangsspannungsvektoren und dem Gleichstrom  $I_{dc}$  im Falle einer verlorenen Phase und durch Einstellen von  $I_v = 0$  zu erlangen. Dadurch führt die Motorstromberechnungseinrichtung **230** die Berechnung von korrigierten Strömen durch, wenn die V-Phase verloren gegangen ist. Mit anderen Worten ist es, sogar in einer anormalen Situation, in der eine der Phasen verloren gegangen ist, immer noch möglich, korrigierte Stromwerte für die entsprechenden Phasen durch Bestimmen, welche Phase verlorengegangen ist, und durch Verwenden des Werts des erfassten Gleichstroms  $I_{dc}$  zu berechnen. Dadurch wird es möglich, den Elektromotor **300** weiterhin anzutreiben.

**[0102]** Hier ist es, wenn der erfasste Wert des Gleichstroms  $I_{dc}$  sich nicht geändert hat, obwohl sich die PWM-Signale geändert haben, dann ausgehend von dem Ausgangsspannungsvektor, der diesen PWM-Signalen entspricht, möglich, eine Entscheidung zu treffen, welche der Phasen verloren gegangen ist. Es ist beispielsweise aus **Fig. 9** zu ersehen, dass  $I_v = 0$  die Bedingung ist, dass der erfasste Wert des Gleichstroms  $I_{dc}$ , wenn das PWM-Signal für den Vektor  $V_2$  ausgegeben wird, und der erfasste Wert des Gleichstroms  $I_{dc}$ , wenn das PWM-Signal für den Vektor  $V_1$  ausgegeben wird, gleich werden sollten. Dadurch ist es möglich, zu bestimmen, dass die V-Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist. Mit anderen Worten ist die Motorstromberechnungseinrichtung **230** in der Lage, auf der Grundlage des Gleichstroms  $I_{dc}$ , der der Änderung von PWM-Signalen entspricht, zu bestimmen, welche Phase verloren gegangen ist. Außerdem wäre es auch möglich, sowohl die Bestimmung der verloren gegangenen Phase auf der Grundlage des Gleichstroms  $I_{dc}$  wie vorstehend beschrieben als auch der Bestimmung der verloren gegangenen Phase auf der Grundlage der Neutralpunktspannung  $V_N$ , die den Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung **110** entspricht, wie vorstehend beschrieben, zusammen parallel durchzuführen.

**[0103]** Als Nächstes wird der Betrieb zur Ausgabeleitungsanomalieerfassung in dieser ersten Ausführungsform ferner mit Bezugnahme auf das in **Fig. 10** gezeigte Wellenformdiagramm erläutert. Der Unterschied zwischen dem Wellenformdiagramm aus **Fig. 10** und dem Diagramm aus **Fig. 3** ist der, dass mit dem bei (a) gezeigten Drei-Phasen-Spannungsbefehlswerten die modulierten Wellen (d. h. die Span-

nungsbefehlswerte)  $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$  der Wechselrichterschaltung **110** für die drei Phasen Zwei-Phasenmodulierte Wellenformen sind (mit einem Modulationsverhältnis von 1,15). Da es dadurch möglich ist, die Anzahl von Malen zu verringern, die jedes der Schaltelemente in der Wechselrichterschaltung **110** geschaltet wird, kann dementsprechend eine große Effizienzsteigerung erwartet werden. Außerdem unterscheidet sich die bei (b) gezeigte Nullphasenspannung von der in **Fig. 3** und ist eine Wellenform geworden, die  $V_{Max}$  bei Intervallen von  $60^\circ$  erreicht, und wird diese Nullphasenspannung der bei (d) gezeigten Neutralpunktspannungswellenform überlagert.

**[0104]** Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** ist in der Lage, den Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetrieb auch gemäß einem Verfahren, das dem in Verbindung mit **Fig. 3** bis **Fig. 9** erklärten ähnlich ist, mit einer Zwei-Phasen-modulierten Welle wie der in **Fig. 10** gezeigten durchzuführen.

**[0105]** Wie aus **Fig. 10** zu ersehen ist, werden mit dem Zwei-Phasen-modulierten Signal von der Wechselrichterschaltung **11** auf die Ausgangsfrequenz synchronisierte Spannungsschwankungen der Neutralpunktspannung  $V_N$  des Elektromotors **300** überlagert. Auch in diesem Fall, wie bei (d) gezeigt, ist es möglich, Anomalie auf den Ausgabeleitungen für die verschiedenen Phasen durch Vergleichen der Neutralpunktspannung  $V_N$  des Elektromotors **300** mit der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_N$  für den Vektor  $V_0$  bis den Vektor  $V_7$  in der Reihenfolge zu erfassen.

**[0106]** Es sollte zu verstehen sein, dass es, wie vorstehend beschrieben, auch akzeptabel wäre, Anomaliebestimmung für die Ausgabeleitungen für die verschiedenen Phasen durch Einstellen von drei Schwellenwerten  $V_{t1}$ ,  $V_{t2}$  und  $V_{t3}$  im Voraus als ein erstes Anomaliebestimmungsniveau, ein zweites Anomaliebestimmungsniveau und ein drittes Anomaliebestimmungsniveau durch Auswählen eines dieser drei Anomaliebestimmungsniveaus gemäß dem Impulsmuster der PWM-Signale und durch Vergleichen der erfassten Neutralpunktspannung  $V_N$  mit diesem ausgewählten Anomaliebestimmungsniveau durchzuführen. In diesem Fall wäre es, wie bei (d) und **Fig. 10** gezeigt, möglich, das Anomaliebestimmungsniveau durch Nutzung der Tatsache, dass eine Ausgabe von weniger oder gleich  $V_B \times 1/3$  zu den von  $S_1$  und  $S_3$  gezeigten Zeiten und eine Ausgabe von mehr oder gleich  $V_B \times 2/3$  zu den von  $S_2$  und  $S_4$  gezeigten Zeiten in Intervallen einer vorbestimmten Anzahl von Malen wiederholt werden, auszuwählen.

**[0107]** Außerdem wird der Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetrieb in dieser ersten Ausführungsform jetzt weiter mit Bezugnahme auf das in **Fig. 11** gezeigte Wellenformdiagramm erläutert. Das Wellenformdiagramm aus **Fig. 11** unterscheidet sich von dem Diagramm aus **Fig. 3** darin, dass mit den bei

(a) gezeigten Drei-Phasen-Spannungsbefehlswerten die modulierten Wellen (d. h. die Spannungsbefehlswerte)  $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$  der Wechselrichterschaltung **110** für die drei Phasen  $180^\circ$  Rechteckwellen sind, wobei das Modulationsverhältnis 1,27 ist. Da es dadurch möglich ist, die Anzahl von Malen, die jedes der Schaltelemente in der Wechselrichterschaltung **110** geschaltet wird, zu reduzieren, kann dementsprechend eine hohe Effizienzsteigerung erwartet werden. Außerdem ist die bei (b) gezeigte Neutralpunktspannungswellenform eine Rechteckwelle mit einer Periode von  $60^\circ$ . Es sollte zu verstehen sein, dass die Wellenform der Nullphasenspannung wie die von (b) aus **Fig. 3** und die Wellenform des in den oberen Arm der U-Phase eingegebene PWM-Signals wie das von (c) aus **Fig. 3** in **Fig. 11** weggelassen werden.

**[0108]** Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** ist auch in der Lage, einen Ausgabeleitungsanomalieerfassungsbetrieb gemäß einem Verfahren ähnlich dem in Verbindung mit **Fig. 3** bis **Fig. 9** erläuterten mit einer  $180^\circ$  modulierten Rechteckwelle wie der in **Fig. 11** gezeigten durchzuführen.

**[0109]** Wie aus **Fig. 11** zu ersehen ist, werden mit dem  $180^\circ$  Rechteckwellen-modulierten Signal von der Wechselrichterschaltung **110** auf die Ausgangsfrequenz synchronisierte Spannungsschwankungen der Neutralpunktspannung  $V_N$  des Elektromotors **300** überlagert. Auch in diesem Fall ist es, wie bei (b) gezeigt, möglich, Anomalie auf den Ausgabeleitungen für die verschiedenen Phasen durch Vergleichen der Neutralpunktspannung  $V_N$  des Elektromotors **300** mit der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$  für den Vektor  $V_0$  bis Vektor  $V_7$  in der Reihenfolge zu erfassen.

**[0110]** Es sollte zu verstehen sein, dass es auch in diesem Fall, wie vorstehend beschrieben, möglich ist, Anomaliebestimmung für die Ausgabeleitungen für die verschiedenen Phasen durch Vergleichen der Neutralpunktspannung  $V_N$  mit einem Anomaliebestimmungsniveau durchzuführen. In diesem Fall tritt, wie bei (b) in **Fig. 11** gezeigt, keine Ausgabe von weniger oder gleich  $V_B \times 1/3$  zu den von  $S_1$  und  $S_3$  gezeigten Zeiten und keine Ausgabe von mehr oder gleich  $V_B \times 2/3$  zu den von  $S_2$  und  $S_4$  gezeigten Zeiten auf. Dementsprechend ist es wünschenswert, die Anomaliebestimmung nicht durch Verwendung vorstehend beschriebener Schwellenwerte  $V_{t1}$  bis  $V_{t3}$ , sondern durch Verwendung von nur dem Schwellenwert  $V_{t2}$  als das zweite Anomaliebestimmungsniveau durchzuführen.

**[0111]** Wie vorstehend erläutert, ist es in dieser Ausführungsform möglich, zu bestimmen, ob eine Phase verloren gegangen ist oder nicht, durch Vergleich des Werts der geeigneten Neutralpunktspannung  $V_{NR}$ , die von dem PWM-Impulsmuster (d. h. durch den Ausgangsspannungsvektor) gemäß der modulierten

Welle bestimmt wird, mit dem Wert der tatsächlichen Neutralpunktspannung  $V_N$ , die von den PWM-Impulsmuster bestimmt wird. Dadurch ist es möglich, die Anwesenheit von Anomalie mit hoher Zuverlässigkeit zu erfassen. Außerdem ist es möglich, Anomalieerfassung unabhängig von der Ausgangsfrequenz des Wechselrichters stabil durchzuführen.

**[0112]** Gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie vorstehend erläutert, werden folgende Vorgänge und vorteilhafte Wirkungen erlangt.

(1) Die Wechselrichtervorrichtung **100**, die eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung ist, die den Antrieb des Elektromotors **300** steuert, weist auf: die Wechselrichterschaltung **110**, die über Gleichstrombusschienen eingegebene Gleichstromleistung in Drei-Phasen(d. h. Mehrfach-Phasen)-Gleichstromleistung umwandelt und diese Mehrphasen-Wechselstromleistung an den Elektromotor **300** ausgibt; den Stromdetektor  $R_{sh}$ , der den Gleichstrom erfasst, der in den Gleichstrombusschienen fließt; den PWM-Generator **220**, der PWM-Signale zum Steuern der Wechselrichterschaltung **110** erzeugt und die PWM-Signale an die Wechselrichterschaltung **110** ausgibt; die Stromsteuerberechnungseinrichtung **230**, die die Stromwerte  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  für jede der Phasen, die dem Elektromotor **300** zuzuführen sind, auf der Grundlage des Werts des von dem Stromdetektor  $R_{sh}$  erfassten Gleichstroms  $I_{dc}$  und der PWM-Signale berechnet; und die Stromsteuereinrichtung **210**, die ein Befehlssignal zum Steuern des PWM-Generators **220** auf der Grundlage der Stromwerte  $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$  für jede der von der Motorstromberechnungseinrichtung **230** berechneten Phasen erzeugt und das Befehlssignal an den PWM-Generator **220** ausgibt. Und wenn eine der Phasen der von der Wechselrichterschaltung **110** ausgegebenen Wechselstromleistung verloren gegangen ist, bestimmt in Schritt  $S_{49}$  aus **Fig. 5** die Stromberechnungseinrichtung **230**, welche Phase verloren gegangen ist, und berechnet Stromwerte für die anderen Phasen. Da diese Einrichtungen verwendet werden, ist es dementsprechend möglich, den Elektromotor **300**, der durch Empfangen von Drei-Phasen(d. h. Mehrfachphasen)-Wechselstromleistung sicher angetrieben wird, weiterhin anzutreiben, selbst wenn eine der Phasen verloren gegangen ist, während der Motor angetrieben wird.

(2) Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bestimmt auf der Grundlage mindestens einer der Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung **110** für die verschiedenen Phasen, die sich gemäß den PWM-Signalen ändern, und des Gleichstroms  $I_{dc}$ , der den PWM-Signalen entspricht, welche der Phasen verloren gegangen ist. Aufgrund dessen ist es dementsprechend mög-

lich, zuverlässig zu bestimmen, welche der Phasen verloren gegangen ist.

(3) Die Wechselrichtervorrichtung **100** umfasst die Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120**, die die Neutralpunktspannung VN des Elektromotors **300** auf der Grundlage der Ausgangsspannungen der drei Phasen der Wechselrichterschaltung **110** erfasst. Und die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bestimmt auf der Grundlage der Neutralpunktspannung VN, die von dieser Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** erfasst wurde, welche Phase verloren gegangen ist. Konkret wird die geeignete Neutralpunktspannung VNR, die der theoretische Wert der Neutralpunktspannung VN des Elektromotors **300** ist, auf der Grundlage des Impulsmusters der PWM-Signale erlangt, werden die Neutralpunktspannung VN und diese geeignete Neutralpunktspannung VNR miteinander verglichen und wird auf der Grundlage des Ergebnisses dieses Vergleichs bestimmt, welche Phase verloren gegangen ist. Oder alternativ kann die Neutralpunktspannung VN mit einer Mehrzahl von im Voraus eingestellten Schwellenwerten verglichen werden und kann auf der Grundlage der Ergebnisse dieser Vergleiche bestimmt werden, welche Phase verloren gegangen ist. Mit anderen Worten wird einer des ersten, des zweiten oder des dritten Schwellenwerts auf der Grundlage des Impulsmusters der PWM-Signale ausgewählt und wird der ausgewählte Schwellenwert mit der Neutralpunktspannung VN verglichen. Dadurch ist es möglich, auf der Grundlage der Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung für die verschiedenen Phasen, die sich gemäß den PWM-Signalen ändern, mit Präzision zu bestimmen, welche der Phasen verloren gegangen ist.

(4) Wenn eine der Phasen der von der Wechselrichterschaltung **110** ausgegebenen Wechselstromleistung verloren geht, gibt die Wechselrichtervorrichtung **100** in Schritt S48 aus **Fig. 5** eine Warnung aus. Dadurch ist es möglich, den Fahrer eines Fahrzeugs oder eine andere Person darüber zu informieren, dass eine der Phasen verloren gegangen ist.

#### Ausführungsform 2

**[0113]** Als Nächstes wird eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. **Fig. 12** ist eine Figur, die die Struktur dieser Elektromotorantriebssteuervorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Merkmale in **Fig. 2** unterscheiden sich von der Struktur der in **Fig. 1** gezeigten ersten Ausführungsform darin, dass eine Phasenspannungserfassungsschaltung **121** anstatt der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung **120** aus **Fig. 1** vorgesehen ist und dass entsprechende Trennschalter SW1, SW2, SW3

für jede dieser Phasen an der Ausgangsseite der Wechselrichterschaltung **110** vorgesehen sind.

**[0114]** In **Fig. 12** sind die Trennschalter SW1, SW2, SW3 Schalter, die, wenn eine der für die entsprechenden Phasen der Wechselrichterschaltung **110** vorgesehenen Reihenschaltungen fehlerhaft ist, die entsprechende dieser Phase entsprechende Ausgabeleitung unterbricht. Mit anderen Worten öffnet sich, wenn eine der Reihenschaltungen **50** der Wechselrichterschaltung **110**, deren IGBT **52** oder IGBT **62** einen Kurzschluss erfährt, der entsprechende der Trennschalter SW1, SW2, SW3. Dadurch wird die Erzeugung von Bremsstrom während der Drehung des Elektromotors **300** verhindert.

**[0115]** Die Phasenspannungserfassungsschaltung **121** erfasst die Ausgangsspannungen Vu, Vv und Vw für jede von der Wechselrichterschaltung **110** ausgegebene Phase und gibt die Signale VN1, VN2 und VN3 entsprechend der Ergebnisse dieser Erfassung an die Motorstromberechnungseinrichtung **230** aus. Und, wie in **Fig. 12** gezeigt, weist die Phasenspannungserfassungsschaltung **121** die Widerstände Ru1, Rv1 und Rw1 und die Widerstände Ru2, Rv2 und Rw2 auf, die jeweils damit in Reihe geschaltet sind, wobei jede dieser Reihenkombinationen zwischen die Ausgabeleitung für eine der drei Phasen und die Masse geschaltet ist. Die Motorstromberechnungseinrichtung **230** bezieht das Ausgangssignal VN1, das dem Wert der Ausgangsspannung Vu der U-Phase entspricht, das Ausgangssignal VN2, das dem Wert der Ausgangsspannung Vv der V-Phase entspricht, und das Ausgangssignal VN3, das dem Wert der Ausgangsspannung Vw der W-Phase entspricht, durch Nehmen der Spannungen an den Zwischenpunkten jeder dieser Reihenkombinationen.

**[0116]** **Fig. 13** zeigt ein Beispiel für das Ausgangssignal VN1 für die von der Phasenspannungserfassungsschaltung **121** ausgegebene U-Phase. Während hier nur das Ausgangssignal VN1 für die U-Phase als Beispiel gezeigt ist, sollte zu verstehen sein, dass die gleichen Überlegungen auch für das Ausgangssignal VN2 für die V-Phase und für das Ausgangssignal VN3 für die W-Phase gelten.

**[0117]** In dieser Ausführungsform berechnet und erlangt die Motorstromberechnungseinrichtung **230** den Wert der Neutralpunktspannung VN des Elektromotors **300** auf der Grundlage der Ausgangssignale VN1, VN2 und VN3 von der Phasenspannungserfassungsschaltung **121** gemäß der folgenden Gleichung (3):

$$VN = (VN1 + VN2 + VN3)/3 \quad (3)$$

**[0118]** In dieser Ausführungsform wird der Wert der Neutralpunktspannung VN durch Durchführen der vorstehend beschriebenen Berechnung in Schritt

S43 aus **Fig. 5** erlangt. Und, wie in Verbindung mit der ersten Ausführungsform erläutert, wird im nächsten Schritt S44 eine Entscheidung, ob eine der Phasen auf den Ausgabeleitungen verloren gegangen ist oder nicht, durch Vergleichen des in Schritt S43 erlangten Werts der Neutralpunktspannung VN mit der Neutralpunktspannung VNR getroffen.

**[0119]** Außerdem wird es, wie bei S1, S2, S3, S4 ... in **Fig. 13** gezeigt, wenn die Neutralpunktspannung VN zu den Zeiten des Vektors V0 und des Vektors V7 erfasst wird, möglich, Abtasten mit den PWM-Impulsweiten in einem breiten Zustand durchzuführen, selbst wenn die Ausgangsleistung der Wechselrichterschaltung **110** groß ist. Dadurch ist es möglich, die Erfassung eines anomalen Zustands genauer durchzuführen.

**[0120]** Es sollte zu verstehen sein, dass, wenn ein Fehler von dem Typ auftritt, in dem einer der Trennschalter SW1, SW2, SW3 dauerhaft in den offenen Zustand geht, dies als eine Situation erfasst werden kann, in der die entsprechende Phase verloren gegangen ist.

**[0121]** Auf diese Art ist es auch in dieser Ausführungsform möglich, die Anwesenheit oder Abwesenheit einer verloren gegangenen Phase durch Vergleichen der geeigneten Neutralpunktspannung VNR, die von dem PWM-Impulsmuster (d. h. von dem Ausgangsspannungsvektor) gemäß der modulierten Welle bestimmt wird, mit dem Wert der tatsächlichen Neutralpunktspannung VN, die von dem PWM-Impulsmuster bestimmt wird, zu bestimmen. Dadurch ist es möglich, auf ähnliche Weise wie bei der ersten Ausführungsform Anomalie mit hoher Zuverlässigkeit zu erfassen. Außerdem ist es möglich, Anomalie unabhängig von der Ausgangsfrequenz des Wechselrichters stabil zu erfassen.

**[0122]** Gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung werden, wie vorstehend beschrieben, ähnliche Vorgänge und vorteilhafte Wirkungen wie bei der ersten Ausführungsform erhalten.

### Ausführungsform 3

**[0123]** Als Nächstes wird eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In dieser dritten Ausführungsform wird eine elektrisch betriebene Servolenkungsrichtung erläutert, mit der eine wie vorstehend mit Bezugnahme auf die erste oder zweite Ausführungsform beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung angewendet wird. **Fig. 14** ist eine Figur, die die Struktur eines Lenksystems zeigt, das eine elektrisch betriebene Servolenkungsrichtung **500** gemäß dieser dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst.

**[0124]** Das Lenksystem aus **Fig. 14** weist einen elektrisch betriebenen Aktuator **610**, ein Lenkrad **900**, einen Lenkdetektor **901** und eine Betätigungsausmaßbefehlseinrichtung **903** auf. Die Kraft, mit der der Fahrer das Lenkrad **900** zum Lenken des Fahrzeugs betätigt, wird durch Aufbringen eines Drehmoments, der von dem elektrisch betriebenen Aktuator **610** bereitgestellt wird, unterstützt.

**[0125]** Der elektrisch betriebene Aktuator **610** weist ein Drehmomentübertragungsmechanismus **902** und eine elektrisch betriebene Servolenkungsrichtung **500** auf, die mit einem Elektromotor **300** und einer Wechselrichtervorrichtung **100** versehen ist, wie in **Fig. 1** und **Fig. 12** in Verbindung mit der ersten und zweiten Ausführungsform gezeigt.

**[0126]** Ein Drehmomentbefehl  $\tau^*$  für den elektrisch betriebenen Aktuator **610** ist ein Wert, der von der Betätigungsausmaßbefehlseinrichtung **903** als ein Lenkunterstützungsdrehmomentbefehl für das Lenkrad **900** erzeugt wird und zum Verwenden des elektrisch betriebenen Aktuator **610** erzeugt wird, um die von dem Fahrer des Fahrzeugs benötigte Lenkkraft zu verringern.

**[0127]** Die Wechselrichterschaltung **100** empfängt diesen Drehmomentbefehl  $\tau^*$  als einen Eingangsbefehl und steuert den zu dem Elektromotor **300** fließenden Motorstrom so, dass der Drehmomentbefehlswert auf der Grundlage der Drehmomentkonstante des Elektromotors **300** und des Drehmomentbefehls  $\tau^*$  verfolgt wird.

**[0128]** Über den Drehmomentübertragungsmechanismus **902**, der einen Geschwindigkeitsverringereungsmechanismus, wie zum Beispiel eine Schnecke und ein Schneckenrad, ein Planetengetriebe oder Ähnliches oder einen Hydraulikmechanismus verwendet, unterstützt die Elektromotorausgabe  $\tau_m$ , die von einer direkt mit dem Rotor des Elektromotors **300** gekoppelten Ausgangswelle ausgegeben wird, die von dem Fahrer des Fahrzeugs auf das Lenkrad **900** ausgeübte Lenkkraft (das heißt, seine Betätigungskraft) mit elektrisch bereitgestellter Kraft und betätigt dadurch die Lenkwinkel der Fahrzeugräder **920** und **921**, die gelenkte Räder sind.

**[0129]** Dieses Betätigungsausmaß wird als der Lenkwinkel oder der Lenkdrehmoment von dem Lenkdetektor **901** erfasst, der an der Lenkwelle angebracht ist, und erfasst den Lenkzustand und das Unterstützungsausmaß wird dann von der Betätigungsausmaßbefehlseinrichtung **903** als der Drehmomentbefehl  $\tau^*$  bestimmt, wobei verschiedene Parameter, wie beispielsweise die Fahrzeuggeschwindigkeit, der Zustand der Straßenbelags etc., berücksichtigt werden.

**[0130]** Mit dieser elektrisch betriebenen Servolenkungsrichtungsvorrichtung **500**, auf die die vorliegende Erfindung angewendet wird, ist es möglich, eine Anomalie des Elektromotors **300** wie beispielsweise eine verlorene Phase oder Ähnliches zu erfassen, selbst wenn der Elektromotor **300** abrupt beschleunigt oder verlangsamt wird, und wird dementsprechend die vorteilhafte Betriebswirkung erlangt, dass der Grad an Sicherheit durch Fortsetzung des Antriebs des Elektromotors **300** verbessert werden kann.

**[0131]** Gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie vorstehend beschrieben, weist die elektrisch betriebene Servolenkungsrichtungsvorrichtung **500** auf: die Wechselrichtervorrichtung **100**, die eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung ist; den Drehmomentübertragungsmechanismus **902**, der eine Betätigung des Lenkrads durch den Fahrer des Fahrzeugs auf die gelenkten Fahrzeugräder **920** und **921** überträgt; und den Elektromotor **300**, der unter Steuerung der Wechselrichtervorrichtung **100** angetrieben wird und ein Drehmoment zur Unterstützung der Lenkbetätigung erzeugt. Dadurch ist es dementsprechend möglich, die Lenkbetätigung durch den Fahrer mit dem Elektromotor **300** sicher weiter zu unterstützen, selbst wenn eine der Phasen verloren geht, während der Elektromotor **300** angetrieben wird.

#### Ausführungsform 4.

**[0132]** Als Nächstes wird eine vierte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In dieser vierten Ausführungsform wird eine elektrisch betriebene Bremsvorrichtung erläutert, mit der eine wie mit Bezugnahme auf die erste oder zweite Ausführungsform beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung angewendet wird. **Fig. 15** ist eine Figur, die die Struktur einer elektrisch betriebenen Bremsvorrichtung gemäß dieser vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0133]** Eine Assistenzsteuereinheit **706** aus **Fig. 15** hat eine ähnliche Funktion wie die in **Fig. 1** und **Fig. 12** gezeigten Wechselrichtervorrichtungen **100** und umfasst ein Mikrocomputerprogramm zum Durchführen von Bremsbetätigung für ein Fahrzeug. Außerdem hat ein Motor **731** eine ähnliche Funktion wie die in **Fig. 1** und **Fig. 12** gezeigten Elektromotoren **300**, aber unterscheidet sich von diesen Motoren in dem Merkmal, dass eine Bremsassistentenrichtungsvorrichtung **700** integral daran angeordnet ist. Ferner unterscheidet sich der Motor **731** von dem Elektromotor **300** darin, dass er eine Struktur hat, die durch ein Gehäuse **712** mit der Assistenzsteuereinheit **706** integriert ist.

**[0134]** Die elektrisch betriebene Bremsvorrichtung aus **Fig. 15** weist ein Bremspedal **701**, die Bremsassistentenrichtungsvorrichtung **700**, eine Verstärkervorrichtung

**800** und Radmechanismen **850a** bis **850d** auf. Die Bremsassistentenrichtungsvorrichtung **700** weist einen Assistenzmechanismus **720**, eine primäre Fluidkammer **721a**, eine sekundäre Fluidkammer **721b** und einen Speicherbehälter **714** auf. Das Ausmaß, in dem der Fahrer des Fahrzeugs zur Betätigung auf das Bremspedal **701** tritt, wird über eine Eingabestange **722** in den Assistenzmechanismus **720** eingegeben und an die primäre Fluidkammer **721a** übertragen.

**[0135]** Außerdem wird das Bremsbetätigungsausmaß, das von dem an dem Bremspedal **701** angeordneten Hubsensor **702** erfasst wird, in eine Assistenzsteuereinheit **706** eingegeben, die den Assistenzmechanismus **720** steuert. Die Assistenzsteuereinheit **706** steuert den Motor **731** so, dass er eine Drehposition annimmt, die dem somit eingegebenen Bremsbetätigungsausmaß entspricht. Und über Geschwindigkeitsverringervorrichtungen **723a**, **723b** und **723c** wird das Drehmoment des Motors **731** an eine Dreh-Übersetzungswandlungsvorrichtung **725**, wie zum Beispiel einen Kugelgewindetrieb oder Ähnliches, übertragen und in Übertragungskraft umgewandelt und übt Druck auf einen primären Kolben **726** aus. Dadurch wird, während der Druck des Arbeitsfluids in der primären Fluidkammer **721a** erhöht wird, auch Druck auf einen sekundären Kolben **727** aufgebracht, so dass der Druck des Arbeitsfluids in der sekundären Fluidkammer **721b** erhöht wird.

**[0136]** Die Verstärkungsvorrichtung **800** liefert Bremskraft für das Fahrzeug durch Zuführen eines Arbeitsfluids, das von der primären Fluidkammer **721a** und der sekundären Fluidkammer **721b** über entsprechende Hauptleitungen **750a** und **750b** mit Druck beaufschlagt wird, und überträgt Fluiddruck gemäß Befehlen von einer Verstärkungssteuereinheit **830** auf die Radmechanismen **850a** bis **850d**.

**[0137]** Das Ausmaß von Verlagerung des primären Kolbens **726** wird von der Assistenzsteuereinheit **706** gesteuert, um das Ausmaß von von den primären Kolben **726** geliefertem Druck anzupassen. Da das Ausmaß der Verlagerung des primären Kolbens **726** nicht direkt erfasst wird, wird der Drehwinkel des Motors **731** auf der Grundlage eines Signals von einem Drehpositionssensor (in der Figur nicht gezeigt) berechnet, der in dem Motor **731** vorgesehen ist, und wird das Ausmaß der Verlagerung des primären Kolbens **726** durch Berechnung auf der Grundlage des gelieferten Vorwärtsbewegungsausmaßes von der Dreh-Übersetzungswandlungsvorrichtung **720** erlangt.

**[0138]** Es sollte zu verstehen sein, dass, selbst wenn sich eine Situation entwickelt, in der der Motor **731** aufgrund eines Fehlers gestoppt wird, so dass er die Welle der Dreh-/Übersetzungswandlungsvorrichtung **725** nicht mehr so steuern kann, dass sie sich zurück bewegt, es dennoch sichergestellt ist, dass

ein Bremsvorgang durch den Fahrer nicht erschwert wird, da die Welle der Dreh-/Übersetzungswandlungsvorrichtung **725** durch die Reaktionskraft einer Rückstellfeder **728** in ihre Ausgangsposition zurück bewegt wird. Dadurch ist es beispielsweise möglich, eine Situation zu vermeiden, in der das Verhalten des Fahrzeugs aufgrund einer Verzögerung der Bremsen instabil wird.

**[0139]** In der Verstärkungsvorrichtung **800** weist ein Verstärkungsmechanismus **801** Druckregulierungsmechanismen **810a** und **810b** von zwei unabhängigen Bremssystemen auf, von denen jede den Druck des Arbeitsfluids eines diagonalen Paares Räder von den vier Rädern reguliert, und ist dafür ausgebildet, das Fahrzeug stabil anhalten zu können, selbst wenn ein Fehler in einem dieser Systeme auftritt. Im Einzelnen ist der Druckregulierungsmechanismus **810a** in der Lage, die Bremskraft jedes der zwei Radmechanismen **850a** und **850b** eines Räderpaars anzupassen, die sich am Fahrzeug diagonal gegenüberliegenden, und ist der Druckregulierungsmechanismus **810b** dazu in der Lage, die Bremskraft jedes der anderen zwei Radmechanismen **850c** und **850d** dem anderen Räderpaar anzupassen, die sich auf der anderen Diagonale gegenüberliegen. Da die Druckregulierungsmechanismen **810a** und **810b** dieser zwei Systeme ähnlich arbeiten, wird nachstehend nur der Betrieb des Druckregulierungsmechanismus **810a** für eines der Systeme erläutert. Der Druckregulierungsmechanismus **810a** weist auf: eine Pumpe **823**, die den Druck eines Hauptdrucks, der durch Arbeitsfluiddruck von einer Hauptleitung **750a** erzeugt wird, erhöht; einen Pumpenmotor **822**, der die Pumpe **823** antreibt; ein Gateout-Ventil **811**, das die Zufuhr von Arbeitsfluid von der Hauptleitung **750a** an die Radzylinder **851** der Radmechanismen **850a** und **850b** steuert; ein Gatein-Ventil **812**, das die Zufuhr von Arbeitsfluid zur Pumpe **823** von der Hauptleitung **750a** steuert; In-Ventile **814a** und **814b**, die die Zufuhr von Arbeitsfluid von der Hauptleitung **750a** oder der Pumpe **823** der Radzylinder **851** steuern; und Out-Ventile **813a** und **813b**, die die Verringerung des Drucks in den Radzylindern **851** steuern. Wenn beispielsweise Drucksteuerung zur Antiblockierbremssteuerung durchgeführt wird, werden Signale von den Fahrzeugraddehnsensoren **852** in den Radmechanismen **850a** und **850b** von der Verstärkungssteuereinheit **830** verarbeitet und wird, wenn während des Bremsvorgangs Fahrzeugradblockierung erfasst wird, eine Aktion durchgeführt, um die In-Out-Ventile (die vom elektromagnetischen Typ sind) und die Pumpe zu betätigen, wodurch der Druck derart angepasst wird, dass die Fahrzeugräder nicht blockieren. Es sollte zu verstehen sein, dass dieser Druckregulierungsmechanismus **810a** ein Mechanismus ist, der auch angewendet werden kann, wenn Drucksteuerung ausgeführt wird, um das Verhalten des Fahrzeugs derart zu steuern, dass es stabil ist.

**[0140]** Mit diesem Typ von elektrisch betriebener Bremsvorrichtung zusammen mit der Tatsache, dass der Motor **731** immer für Stabilisierungsassistenz verwendet wird, wird der Motor **731** auch zur Steuerung des Ausmaßes von Verlagerung des primären Kolbens **726** verwendet. Dadurch ist nicht nur die Präzision hoch, sondern werden auch die Kontinuität eines stabilisierten Betriebs und die Fähigkeit zur präzisen Erfassung von Anomalie erlangt. Dementsprechend ist es durch Anwenden der vorliegenden Erfindung auf eine solche elektrisch betriebene Bremsvorrichtung, selbst wenn die Phase auf einer der Ausgabeleitungen, die Wechselstromleistung von der Assistenzsteuereinheit **706** an den Motor **731** übertragen, verloren gehen sollte, immer noch möglich, diese Tatsache geeignet zu erfassen und weiterhin einen sicheren Bremsassistentenbetrieb zu schaffen. Außerdem ist dies ein System, das den Bremsassistentenbetrieb durch Verwendung einer zusätzlichen Leistungszufuhr **400** zum Zuführen von Leistung, wenn die Ladekapazität der Batterie **200**, die der Assistenzsteuereinheit **706** Leistung zuführt, unerwünschterweise abnimmt, fortsetzen kann, obwohl in diesem Fall das Ausmaß von Bremsassistenten abnimmt.

**[0141]** Gemäß der vierten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie vorstehend beschrieben, weist die elektrisch betriebene Bremsvorrichtung auf: die Assistenzsteuereinheit **706**, die eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung ist; die primäre Fluidkammer **271a**, die sekundäre Fluidkammer **721b**, die Hauptleitungen **750a** und **750b** und die Druckregulierungsmechanismen **810a** und **810b**, die als ein Übertragungsmechanismus dienen, der mittels des Arbeitsfluids Bremsbetätigung von dem Fahrer des Fahrzeugs auf die Radzylinder **851**, die Bremsmechanismen des Fahrzeugs sind, überträgt; und den Motor **731**, der unter Steuerung der Assistenzsteuereinheit **706** angetrieben wird und ein Drehmoment zum Erhöhen des Drucks des Arbeitsfluids gemäß der Bremsbetätigung erzeugt. Somit ist es möglich, die Bremsbetätigung durch den Fahrer mit dem Motor **731** weiterhin sicher zu unterstützen, selbst wenn eine der Phasen verloren geht, während der Motor **731** angetrieben wird.

#### Ausführungsform 5

**[0142]** Als Nächstes wird eine fünfte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung erläutert. In dieser fünften Ausführungsform wird eine elektrisch betriebene Pumpvorrichtung für ein Fahrzeug erläutert, mit der eine mit Bezugnahme auf die erste oder zweite Ausführungsform beschriebene Elektromotorantriebssteuervorrichtung angewendet wird. **Fig. 16** ist eine Figur, die die Struktur eines hydraulischen Druckpumpensystems zeigt, das eine elektrisch betriebene Pumpvorrichtung **23** gemäß dieser fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

**[0143]** In dem in **Fig. 16** gezeigten Pumpensystem wird die elektrisch betriebene Pumpvorrichtung **23** während des Leerlauf-Stopps des Automobils angetrieben. Außerdem wäre es akzeptabel, dass die elektrisch betriebene Pumpvorrichtung **23** nicht nur während des Leerlauf-Stopps verwendet wird, sondern auch, wenn beispielsweise ein Fahrzeug wie ein Hybridautomobil angetrieben wird, um hydraulischen Druck zu dem Getriebe, der Kupplung, den Bremsen oder Ähnlichem des Automobils sicherzustellen, wenn der Motor vollständig gestoppt wird.

**[0144]** In **Fig. 16** wird, wenn der Motor gestoppt wird, hydraulischer Druck in einem Hydraulikkreislauf **401** von einer elektrisch betriebenen Pumpe **25** gesteuert, die in der elektrisch betriebenen Pumpvorrichtung **23** enthalten ist. Diese elektrisch betriebene Pumpe **25** wird von einem Elektromotor **300** betrieben und erhöht den Druck des Arbeitsfluids des Hydraulikkreislaufs **401**, mit anderen Worten den hydraulischen Druck. Der Elektromotor **300** wird unter Steuerung einer Wechselrichtervorrichtung **100** angetrieben und erzeugt ein Drehmoment zum Betreiben der elektrisch betriebenen Pumpe **25** und die Wechselrichtervorrichtung **100** wird von einem Befehls-generator **24** gesteuert. Es sollte zu verstehen sein, dass die Wechselrichtervorrichtung **100** und der Elektromotor **300** die gleichen wie die in **Fig. 1** und **Fig. 12** der ersten und der zweiten Ausführungsform gezeigten sind.

**[0145]** Der Hydraulikkreislauf **401** weist eine mechanische Pumpe **402**, die von Leistung von einem Motor **406** angetrieben wird, einen Tank **403**, der hydraulisches Fluid speichert, ein Rückschlagventil, das den Rückfluss von Hydraulikfluid von der mechanischen Pumpe **402** zu der elektrisch betriebenen Pumpe **25** verhindert, und ein Ablassventil **405** auf. Es sollte zu unterstehen sein, dass dieser Typ von Struktur als eine Struktur für einen Hydraulikkreislauf an sich gut bekannt ist. Der von dem Hydraulikkreislauf **401** erzeugte hydraulische Druck wird einem Getriebe oder einer Kupplung oder Ähnlichem des Fahrzeugs zugeführt.

**[0146]** Wenn eine der Phasen auf den Ausgabeleitungen von der Wechselrichtervorrichtung **100** zum Elektromotor **300** verloren geht, verschwindet, wenn dadurch der Betrieb der elektrisch betriebenen Pumpe **25** unterbrochen wird, der Entladedruck von der elektrisch betriebenen Pumpe **25** entweder vollständig oder wird ungenügend. In diesem Fall wird nicht genug hydraulischer Druck von dem Hydraulikkreislauf **401** ausgegeben, bis die mechanische Pumpe **402** arbeitet und der von ihr erzeugte hydraulische Druck steigt. Folglich gibt es, wenn der Leerlauf-Stopp endet oder Ähnliches, nicht genügend hydraulischen Druck für einen geeigneten Betrieb des Getriebes und/oder der Kupplung und kann es zu einer Verzögerung beim Starten des Fahrzeugs aus dem

Ruhezustand kommen oder kann ein Startschock auftreten.

**[0147]** Bei dem in **Fig. 16** gezeigten Pumpensystem ist jedoch ein sehr wichtiges Merkmal, dass, selbst wenn, wie vorstehend beschrieben, die Phase auf einer der Ausgabeleitungen verloren geht, der Antrieb des Elektromotors **300** fortgesetzt und die elektrisch betriebene Pumpe **25** weiter betätigt wird, so dass die Zufuhr von hydraulischem Druck fortgesetzt wird. Somit ist es durch Anwenden der vorliegenden Erfindung auf die elektrisch betriebene Pumpvorrichtung **23**, selbst wenn eine der Phasen auf einer der Ausgabeleitungen von der Wechselrichtervorrichtung **100** zu dem Elektromotor **300** verloren geht, möglich, diese Tatsache geeignet zu erfassen, und ist es immer noch möglich, den Betrieb der elektrisch betriebenen Pumpe **25** sicher fortzusetzen und dadurch die Zufuhr von hydraulischem Druck fortzusetzen.

**[0148]** Gemäß der fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, wie vorstehend beschrieben, weist die elektrisch betriebene Pumpvorrichtung auf: die Wechselrichtervorrichtung **100**, die eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung ist; die elektrisch betriebene Pumpe **25**, die den Druck des Arbeitsfluids, mit anderen Worten den hydraulischen Druck, erhöht, und den Elektromotor **300**, der unter Steuerung der Wechselrichtervorrichtung **100** angetrieben wird und ein Drehmoment zum Betreiben der elektrisch betriebenen Pumpe **25** erzeugt. Dadurch ist es möglich, die Zufuhr von hydraulischem Druck von der elektrisch betriebenen Pumpe **25** sicher fortzusetzen, selbst wenn eine der Phasen verloren geht, während der Elektromotor **300** angetrieben wird.

**[0149]** Es sollte zu verstehen sein, dass, auch wenn in den verschiedenen vorstehend erläuterten Ausführungsformen Beispiele für die Elektromotorantriebssteuervorrichtungen, die den Antrieb von Drei-Phasen-Elektromotoren steuern, erläutert wurde, die vorliegende Erfindung auch auf das Steuern des Antriebs eines Elektromotors von einem anderen Typ angewendet werden kann. Mit anderen Worten wird die vorliegende Erfindung nicht als durch die Einzelheiten der vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt betrachtet; sie kann auf das Steuern des Antriebs eines Elektromotors von einem anderen Typ angewendet werden, vorausgesetzt, dass von einer Wechselrichterschaltung Gleichstromleistung in Mehrphasen-Wechselstromleistung umgewandelt wird und dass diese Wechselstromleistung dem Elektromotor zugeführt wird.

**[0150]** Außerdem dienen die verschiedenen Ausführungsformen und vorstehend erläuterten Beispiele für Varianten nur Darstellungszwecken; die vorliegende Erfindung wird nicht als von deren Einzelheiten beschränkt betrachtet, vorausgesetzt, dass nicht von den grundlegenden Eigenschaften der vorliegenden

Erfindung abgewichen wird. Somit ist die vorliegende Erfindung nicht auf die vorstehend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt und kann auf verschiedene Arten modifiziert werden, vorausgesetzt, dass der grundlegende Inhalt erhalten bleibt.

**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 2014-198238 [0001]
- JP 2013-247754 [0005, 0006, 0006]

**Patentansprüche**

1. Elektromotorantriebssteuervorrichtung, die den Betrieb eines Elektromotors steuert, umfassend:

eine Wechselrichterschaltung, die über einen Gleichstrombus zugeführte Gleichstromleistung in Mehrphasen-Wechselstromleistung umwandelt und die Mehrphasen-Wechselstromleistung an den Elektromotor ausgibt;

einen Stromdetektor, der einen Gleichstrom erfasst, der in dem Gleichstrombus fließt;

einen PWM-Generator, der PWM-Signale zum Steuern der Wechselrichterschaltung erzeugt und die PWM-Signale an die Wechselrichterschaltung ausgibt;

eine Stromberechnungseinrichtung, die einen Stromwert für jede der Phasen, die dem Elektromotor zuzuführen sind, auf der Grundlage eines Werts des von dem Stromdetektor erfassten Gleichstroms und der PWM-Signale berechnet;

eine Stromsteuereinrichtung, die ein Befehlssignal zum Steuern des PWM-Generators auf der Grundlage des Stromwerts für jede der von der Stromberechnungseinrichtung berechneten Phasen erzeugt und das Befehlssignal an den PWM-Generator ausgibt, wobei:

wenn eine der Phasen der Wechselstromleistung verloren gegangen ist, die Stromberechnungseinrichtung bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist, und Stromwerte für andere Phasen berechnet.

2. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei:

die Stromberechnungseinrichtung auf Grundlage mindestens einer der Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung für die Phasen, die den PWM-Signalen entsprechen, und des Gleichstroms, der den PWM-Signalen entspricht, bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist.

3. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach Anspruch 2, ferner umfassend:

eine Neutralpunktspannungserfassungsschaltung, die die Neutralpunktspannung des Elektromotors auf der Grundlage der Ausgangsspannungen der Wechselrichterschaltung für die Phasen erfasst, wobei:

die Stromberechnungseinrichtung auf der Grundlage der von der Neutralpunktspannungserfassungsschaltung erfassten Neutralpunktspannung bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist.

4. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach Anspruch 3, wobei:

die Stromberechnungseinrichtung eine geeignete Neutralpunktspannung, die ein theoretischer Wert der Neutralpunktspannung des Elektromotors ist, auf Grundlage eines Impulsmusters der PWM-Signale erlangt, die Neutralpunktspannung mit der geeigneten Neutralpunktspannung vergleicht und auf der

Grundlage eines Vergleichsergebnisses bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist.

5. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach Anspruch 3, wobei:

die Stromberechnungseinrichtung die Neutralpunktspannung mit einer Mehrzahl von im Voraus eingestellten Schwellenwerten vergleicht und auf Grundlage eines Vergleichsergebnisses bestimmt, welche Phase diejenige ist, die verloren gegangen ist.

6. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach Anspruch 5, wobei:

die Mehrzahl von Schwellenwerten einen ersten Schwellenwert, einen zweiten Schwellenwert und einen dritten Schwellenwert umfasst: und die Stromberechnungseinrichtung den ersten Schwellenwert, den zweiten Schwellenwert oder den dritten Schwellenwert auf Grundlage eines Impulsmusters der PWM-Signale auswählt und die Neutralpunktspannung mit einem ausgewählten Schwellenwert vergleicht.

7. Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei: eine Warnung ausgegeben wird, wenn eine der Phasen der Wechselstromleistung verloren gegangen ist.

8. Elektrisch betriebene Servolenkungsanordnung, umfassend:

eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6; einen Übertragungsmechanismus, der Lenkbetätigung durch einen Fahrer eines Fahrzeugs auf ein gelenktes Rad des Fahrzeugs überträgt; und

einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zur Unterstützung der Lenkbetätigung erzeugt.

9. Elektrisch betriebene Bremsanordnung, umfassend:

eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6;

einen Übertragungsmechanismus, der mittels eines Arbeitsfluids Lenkbetätigung durch einen Fahrer eines Fahrzeugs auf einen Bremsmechanismus des Fahrzeugs überträgt; und

einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zur Erhöhung eines Drucks des Arbeitsfluids gemäß der Bremsbetätigung erzeugt.

10. Elektrisch betriebene Pumpenanordnung, umfassend:

eine Elektromotorantriebssteuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6; eine Pumpe, die einen Druck eines Arbeitsfluids erhöht; und

einen Elektromotor, der unter Steuerung der Elektromotorantriebssteuervorrichtung angetrieben wird und ein Drehmoment zum Betreiben der Pumpe erzeugt.

Es folgen 16 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

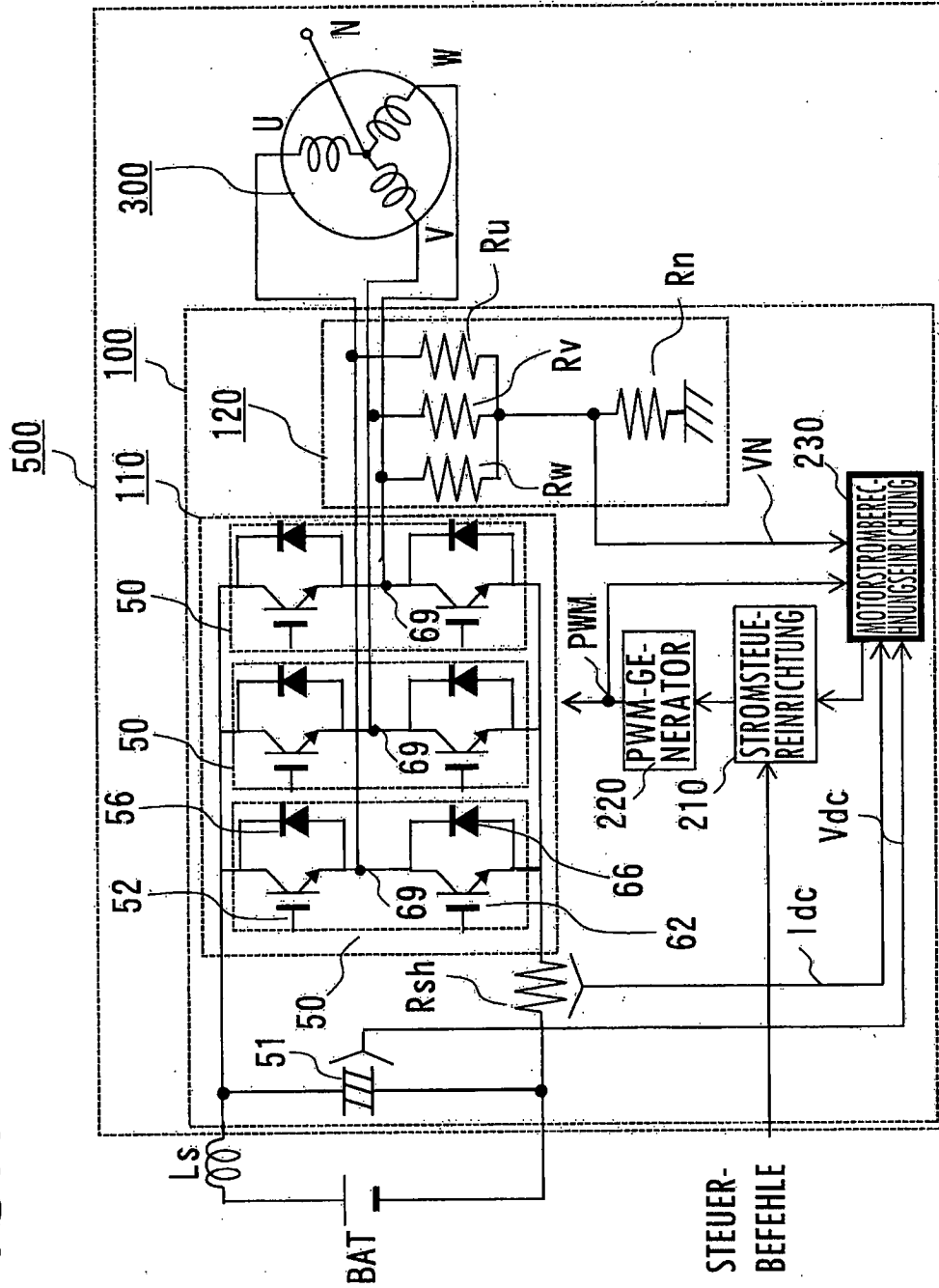


FIG.2

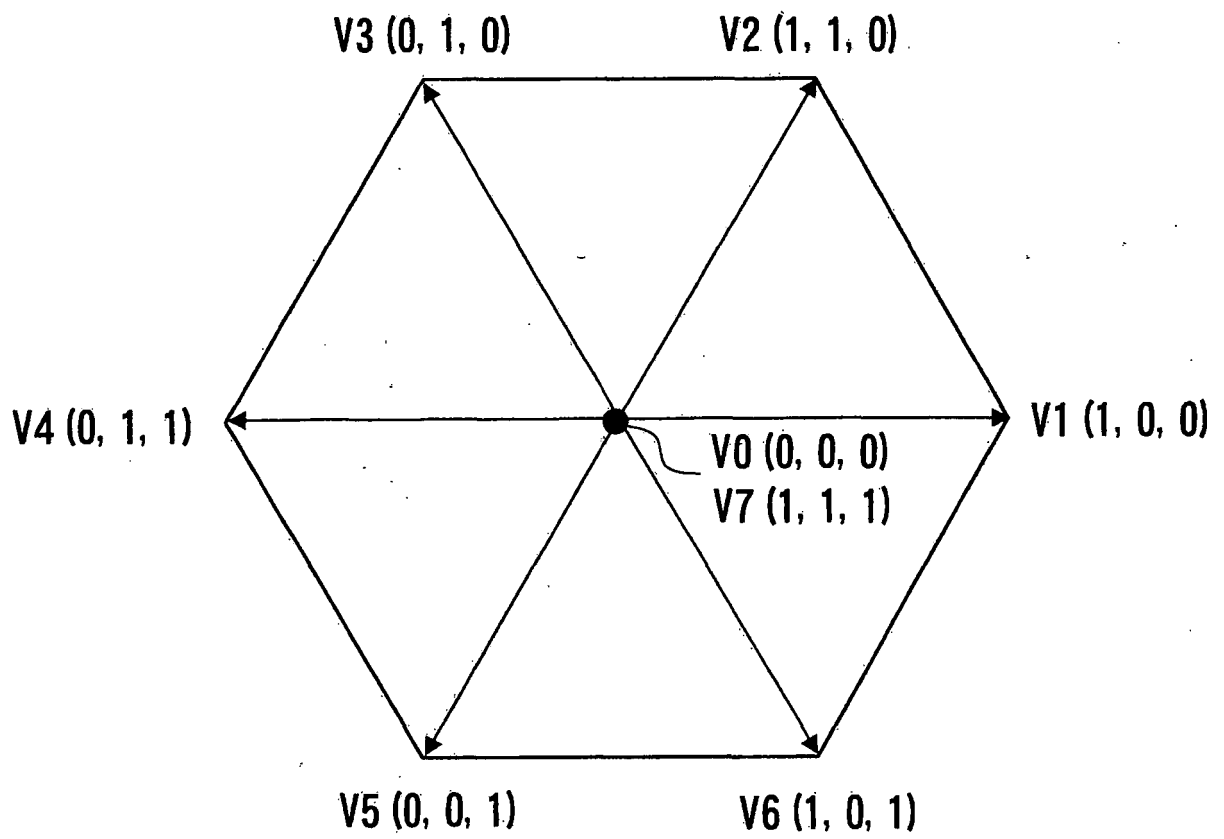


FIG.3

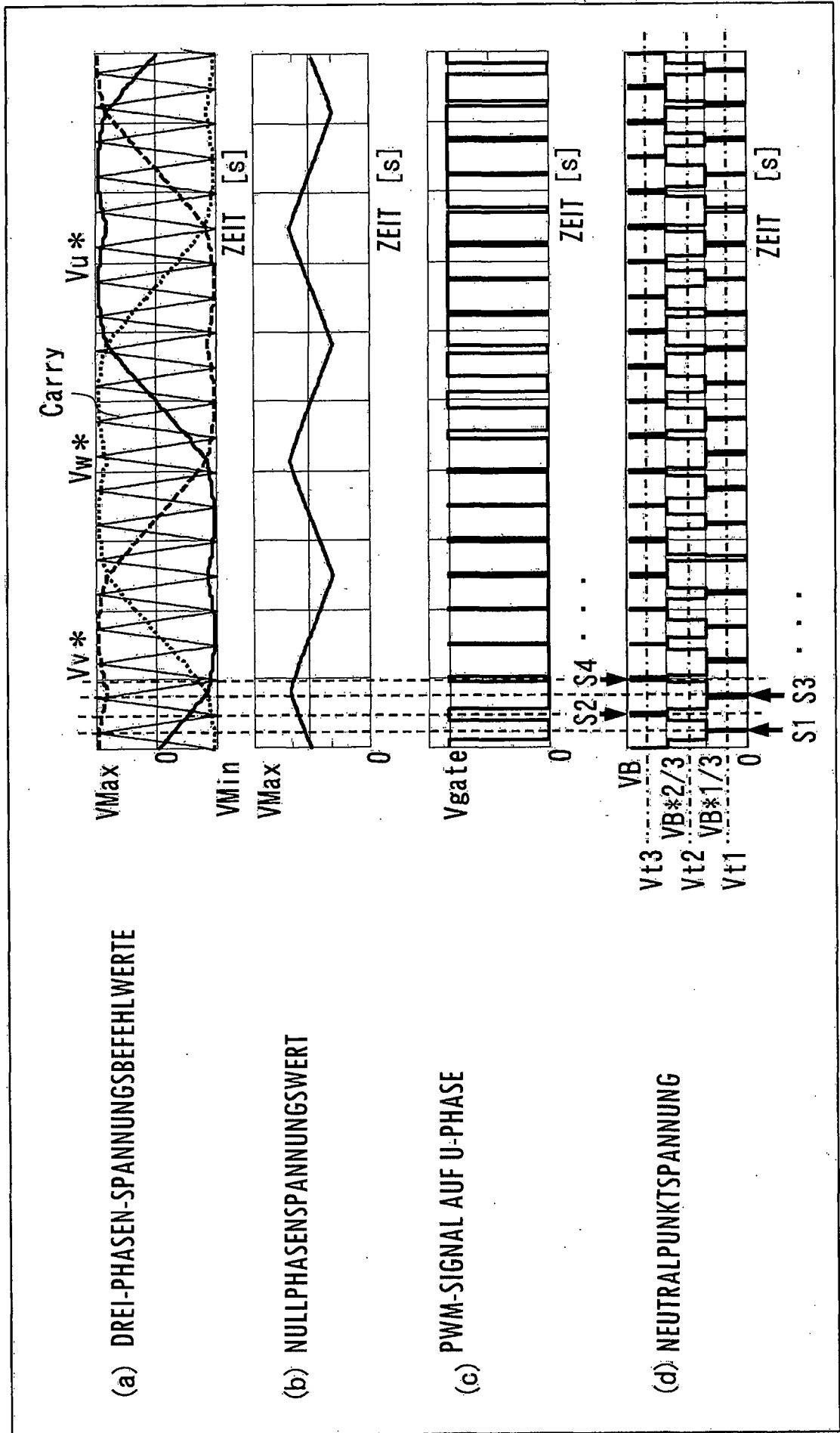


FIG.4

SPANNUNGSVEKTOR	PWM-MUSTER (U, V, W)	NEUTRALPUNKTSPANNUNG BEI NORMALEN BEDINGUNGEN	NEUTRALPUNKTSPANNUNG, WENN U-PHASE FEHLT	NEUTRALPUNKTSPANNUNG, WENN V-PHASE FEHLT	NEUTRALPUNKTSPANNUNG, WENN W-PHASE FEHLT
V0	(0, 0, 0)	0	0	0	0
V1	(1, 0, 0)	VB/3	0	VB/2	VB/2
V2	(1, 1, 0)	VB*2/3	VB/2	VB/2	VB
V3	(0, 1, 0)	VB/3	VB/2	0	VB/2
V4	(0, 1, 1)	VB*2/3	VB	VB/2	VB/2
V5	(0, 0, 1)	VB/3	VB/2	VB/2	0
V6	(1, 0, 1)	VB*2/3	VB/2	VB	VB/2
V7	(1, 1, 1)	VB	VB	VB	VB

FIG.5

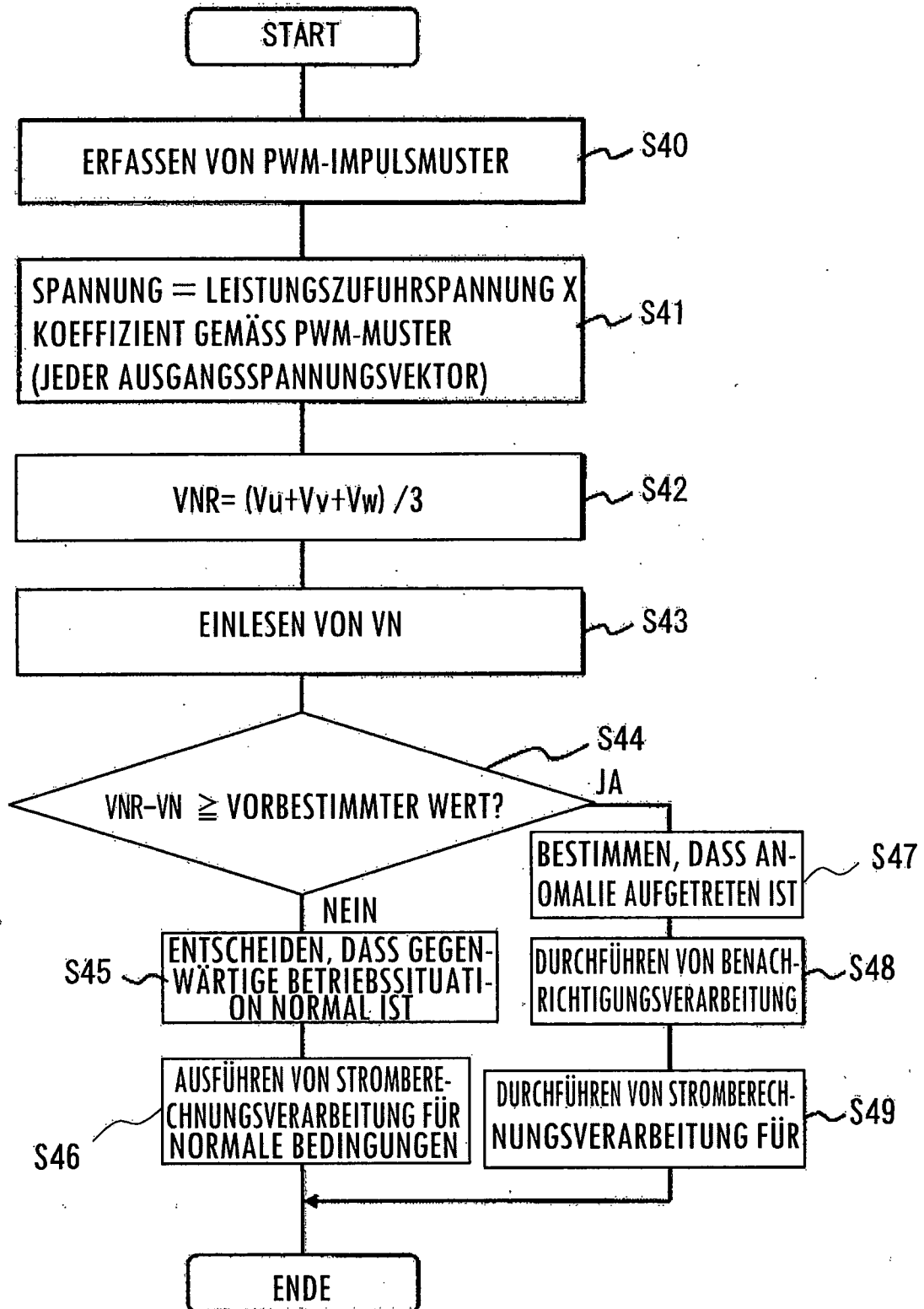


FIG.6

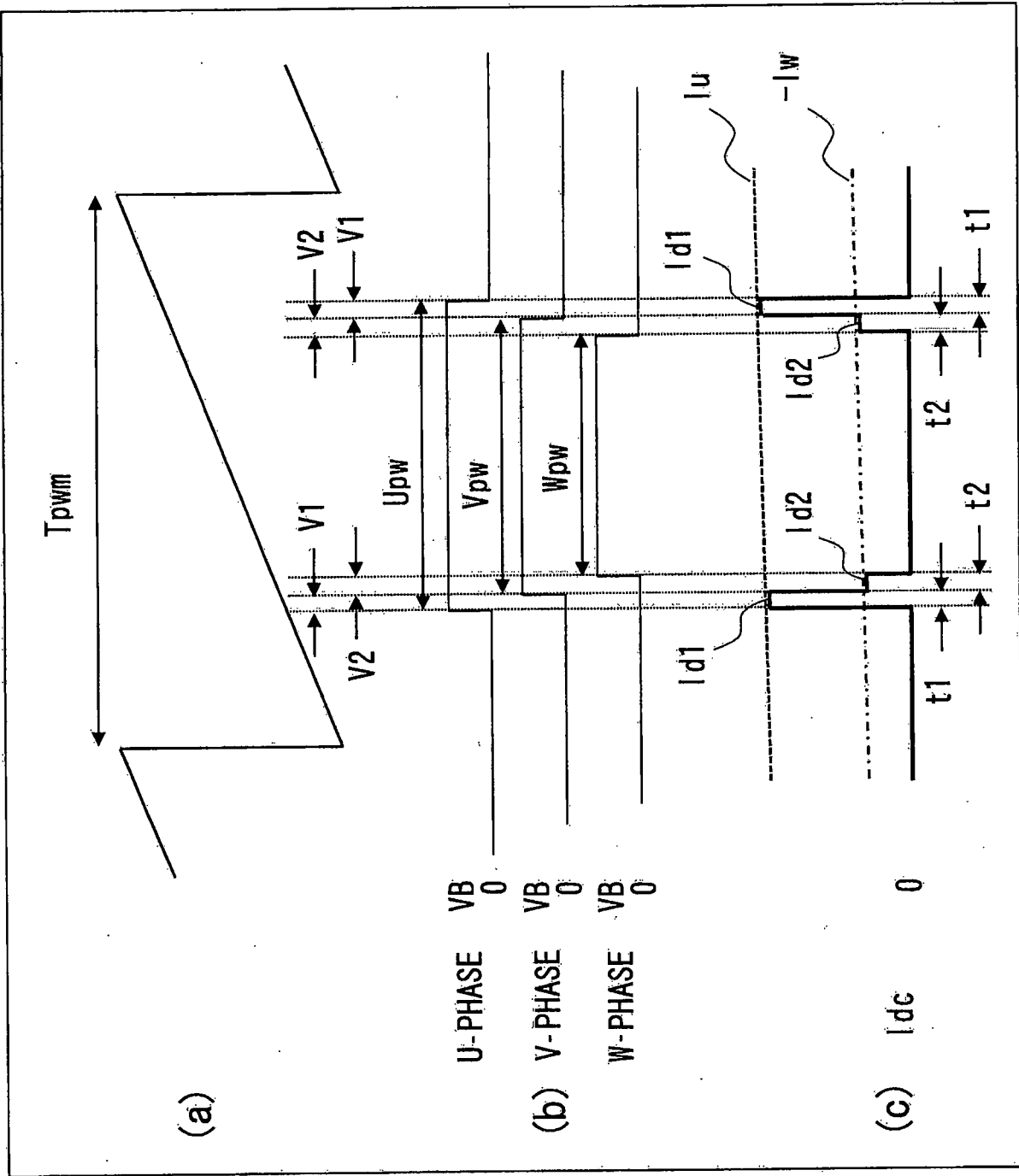


FIG.7

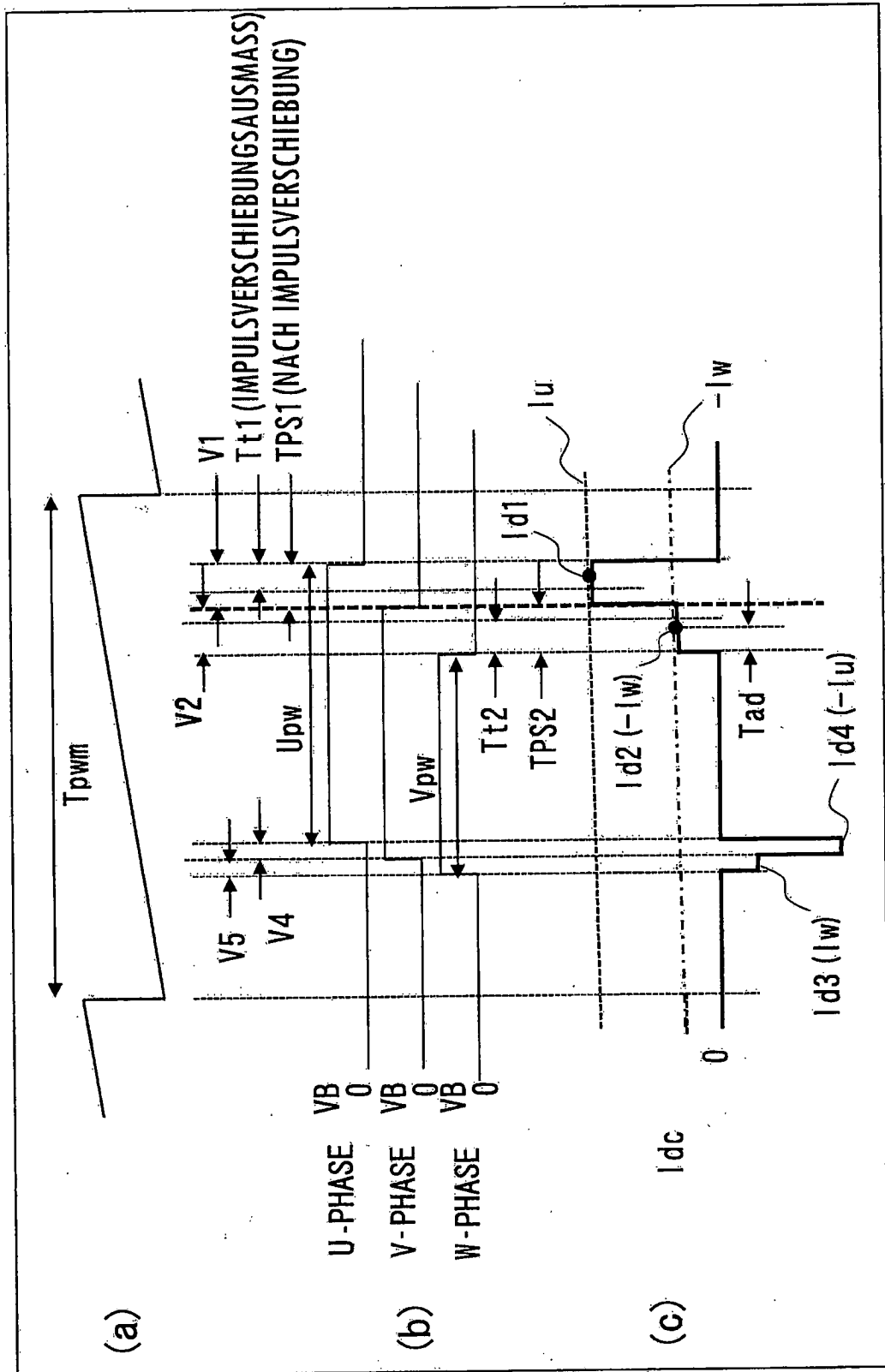


FIG.8

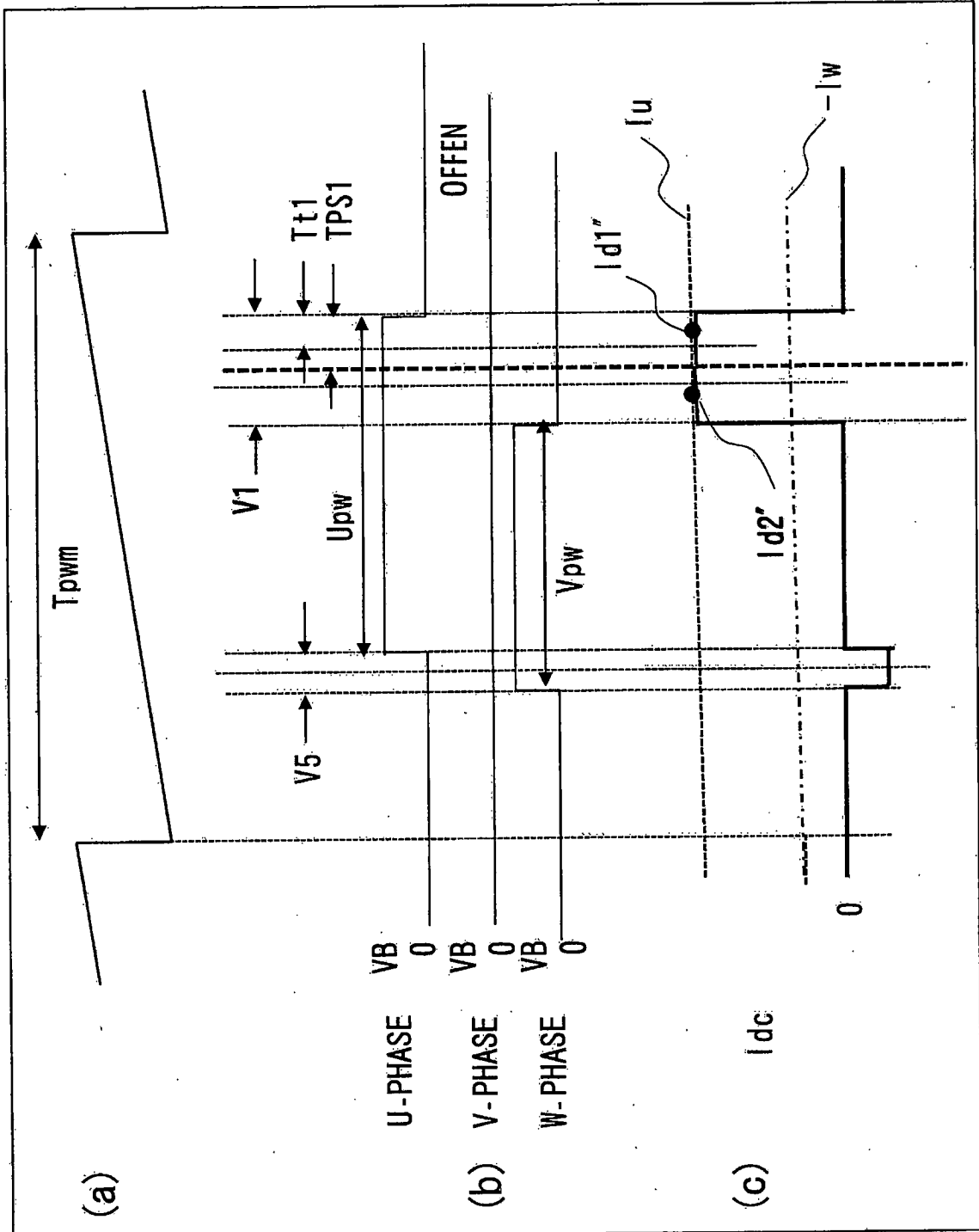


FIG.9

SPANNUNGSVEKTOR	PWM-MUSTER (U, V, W)	MOTORSTROM	GLEICHSTROM BEI NORMAL-EN BEDINGUNGEN	GLEICHSTROM, WENN U-PHASE FEHLT	GLEICHSTROM, WENN V-PHASE FEHLT	GLEICHSTROM, WENN W-PHASE FEHLT
V0	(0, 0, 0)	$0 = I_u + I_v + I_w$	0	0	0	0
V1	(1, 0, 0)	$I_u = -(I_v + I_w)$	$I_u$	$I_u = 0$	$I_u$	$I_u$
V2	(1, 1, 0)	$-I_w = I_u + I_v$	$-I_w$	$-I_w$	$-I_w$	$I_w = 0$
V3	(0, 1, 0)	$I_v = -(I_u + I_w)$	$I_v$	$I_v$	$I_v = 0$	$I_v$
V4	(0, 1, 1)	$-I_u = I_v + I_w$	$-I_u$	$I_u = 0$	$-I_u$	$-I_u$
V5	(0, 0, 1)	$I_w = -(I_u + I_v)$	$I_w$	$I_w$	$I_w$	$I_w = 0$
V6	(1, 0, 1)	$-I_v = I_u + I_w$	$-I_v$	$-I_v$	$I_v = 0$	$-I_v$
V7	(1, 1, 1)	$0 = I_u + I_v + I_w$	0	0	0	0

FIG.10

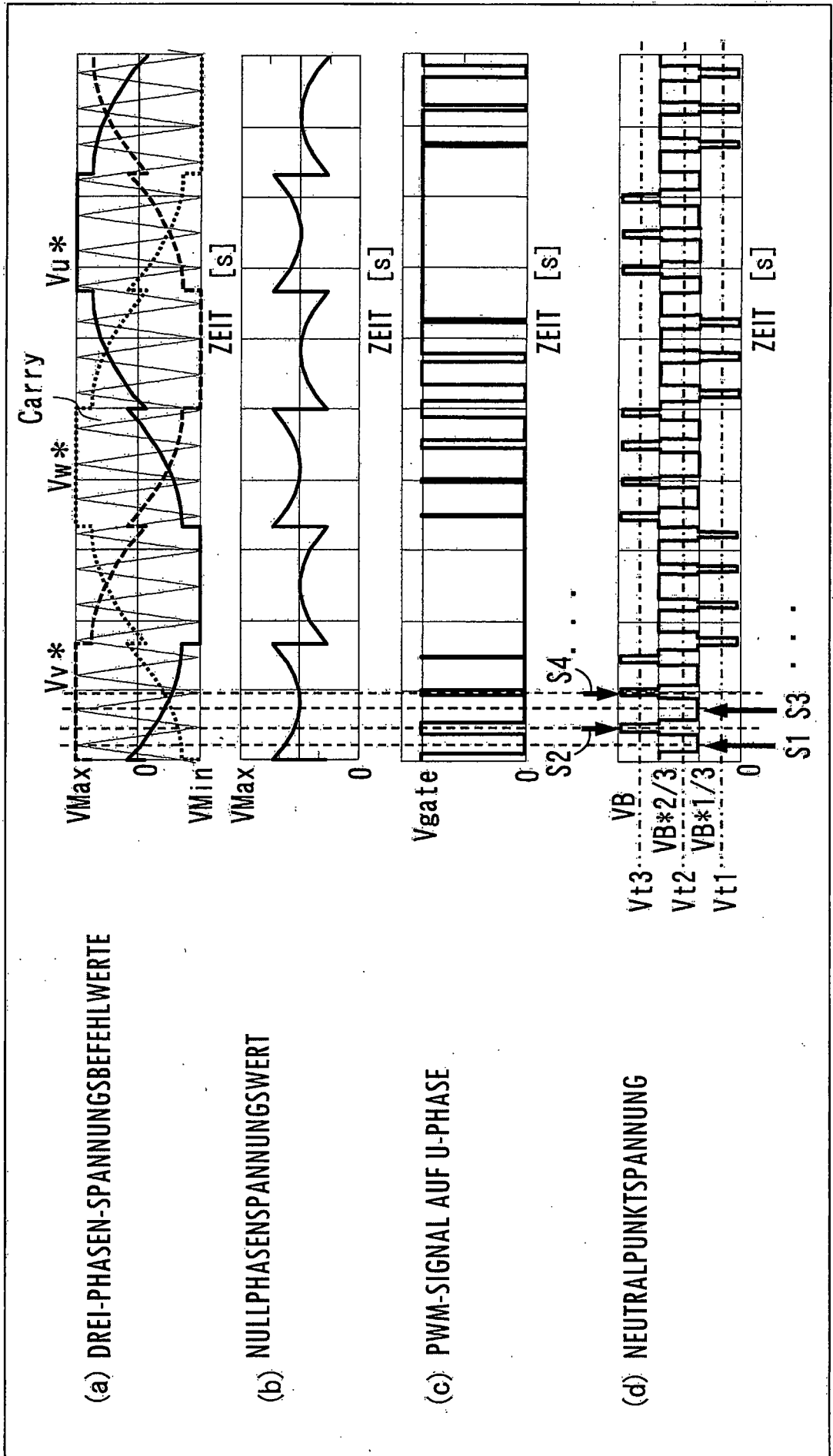


FIG.11

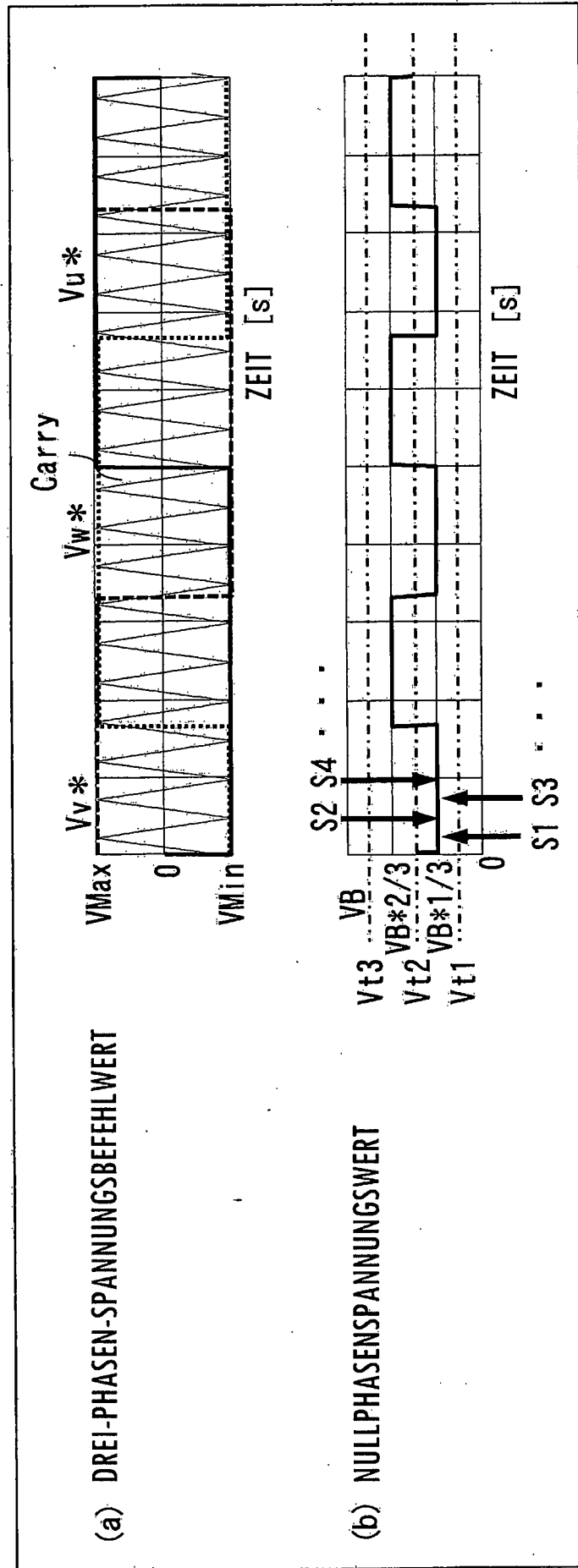


FIG.12

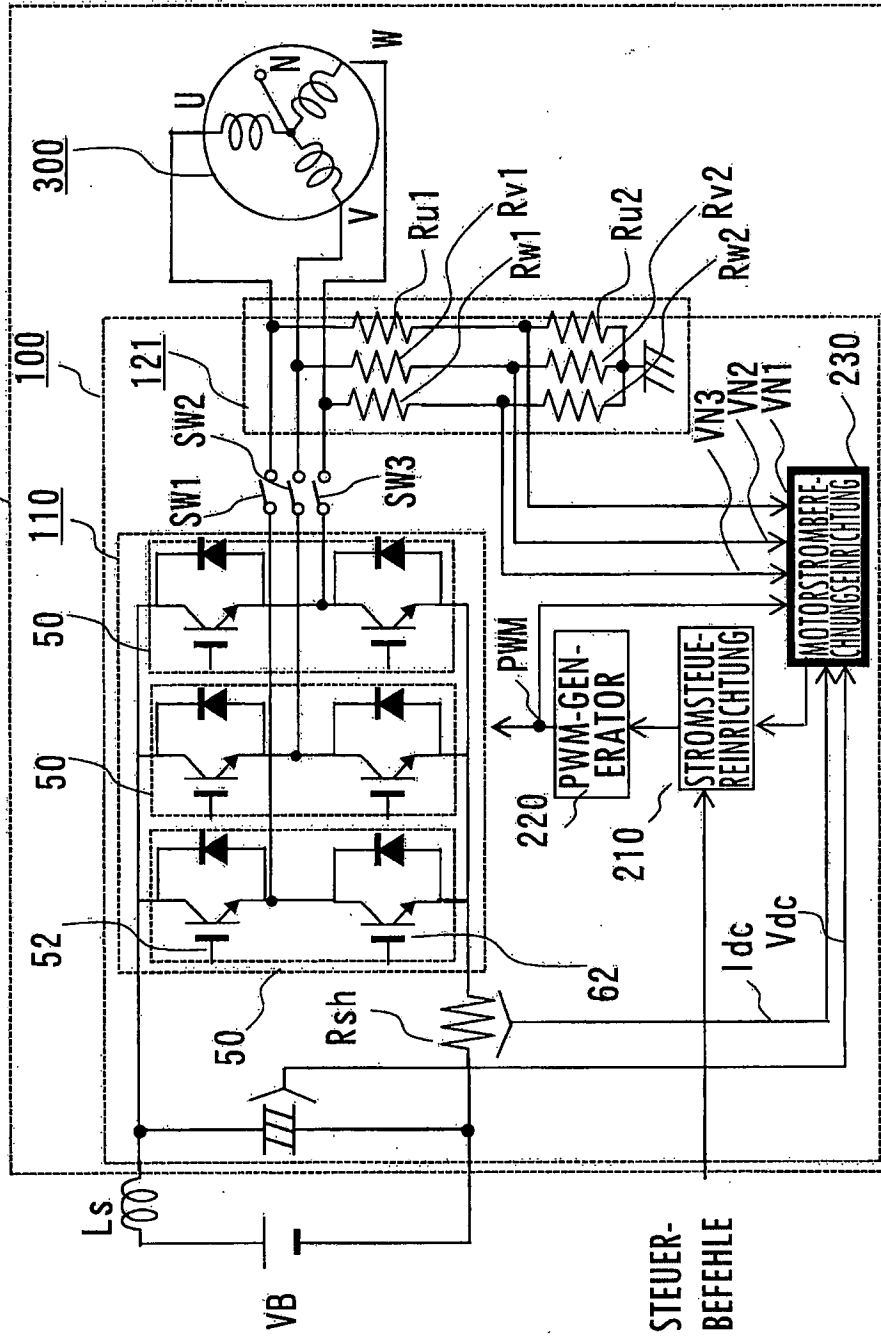


FIG.13

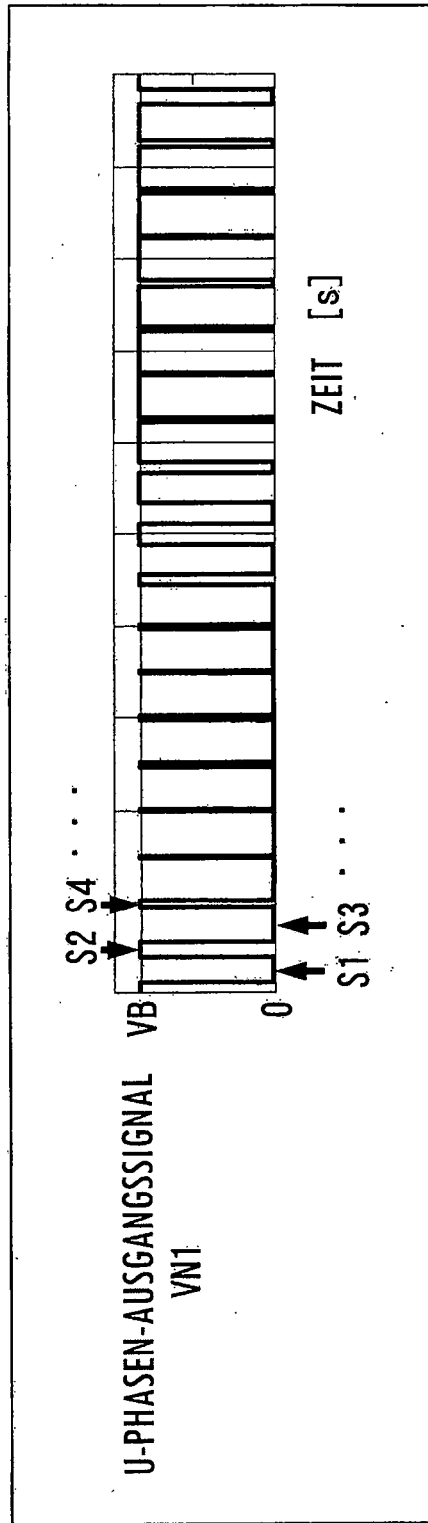


FIG. 14

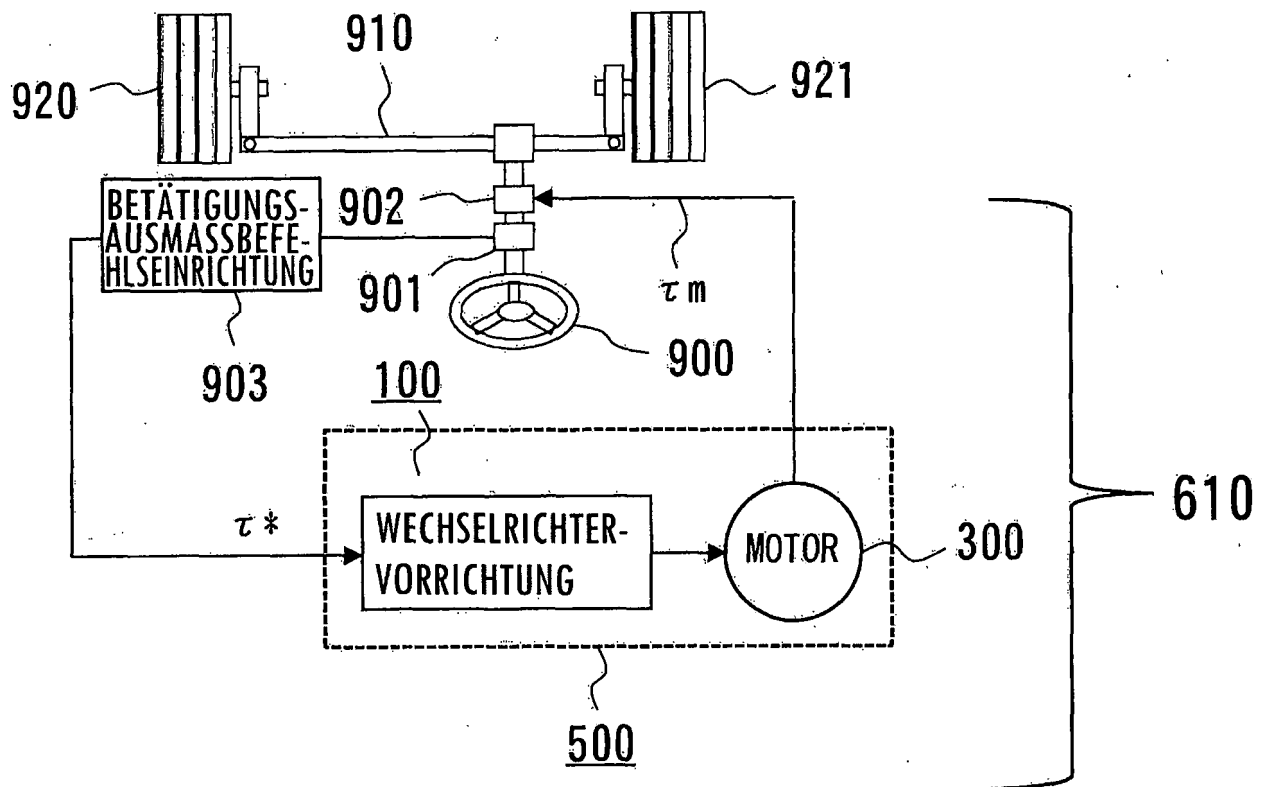


FIG. 15

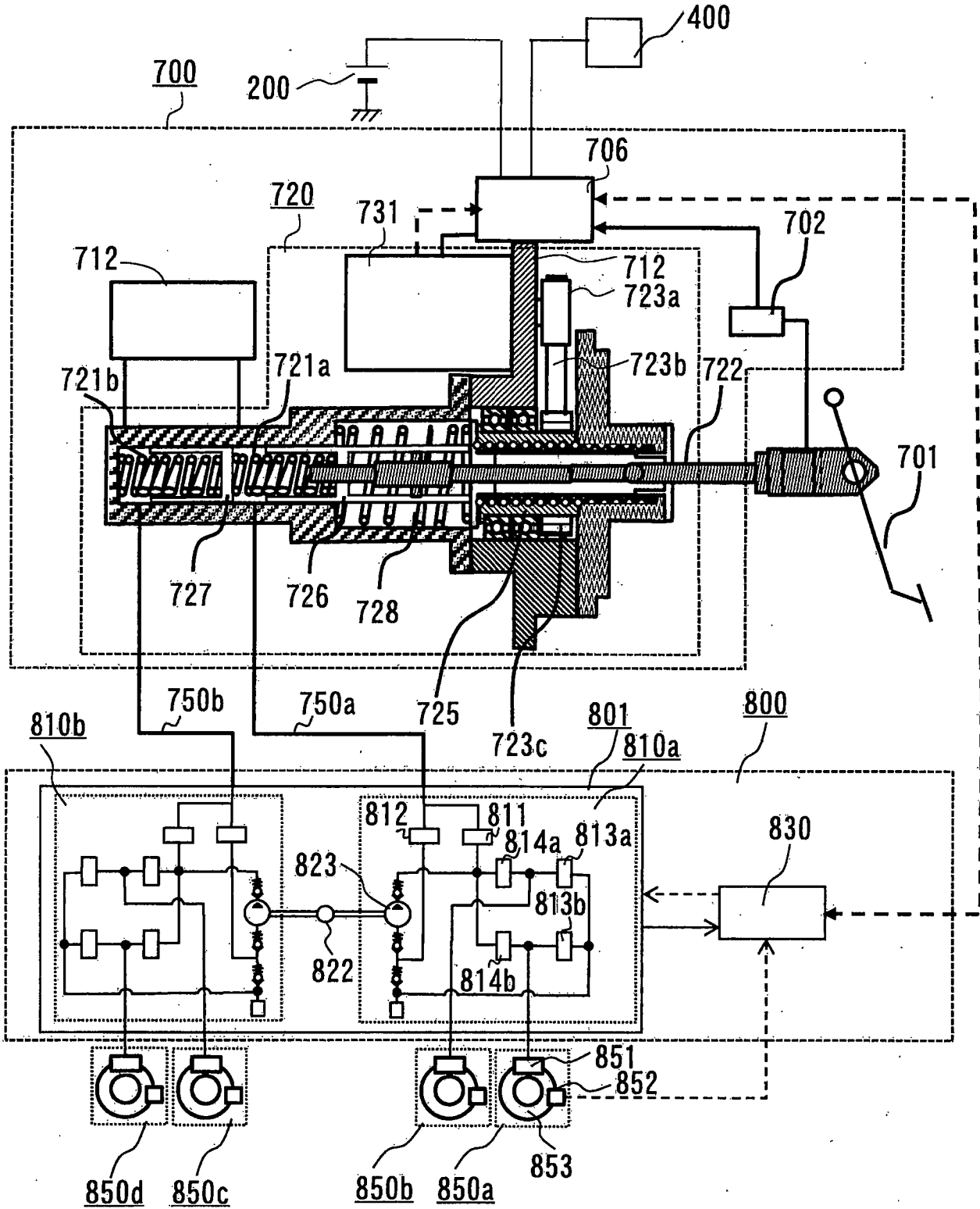


FIG.16

