



(10) **DE 10 2015 106 069 A1** 2015.10.22

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2015 106 069.8**

(22) Anmeldetag: **21.04.2015**

(43) Offenlegungstag: **22.10.2015**

(51) Int Cl.: **G01R 31/34** (2006.01)  
**H02M 1/32** (2007.01)  
**H02M 7/537** (2006.01)

(30) Unionspriorität:  
**2014-088007**      **22.04.2014**      **JP**

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

(74) Vertreter:  
**BEETZ & PARTNER mbB, 80538 München, DE**

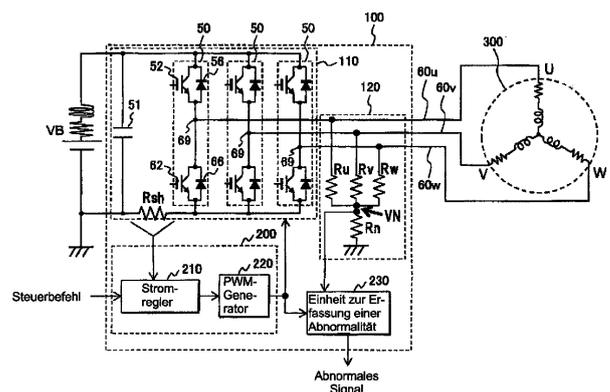
(72) Erfinder:  
**Ajima, Toshiyuki, Tokyo, JP; Takeda, Hiroki, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP; Furukawa, Kimihisa, Tokyo, JP; Okabe, Nobuhiko, Hitachinaka-shi, Ibaraki, JP; Yamaguchi, Tohma, Hitachinaka-shi, Ibaraki-ken, JP**

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

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

(54) Bezeichnung: **Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100), die einen elektrischen Motor (300) ansteuert, umfasst Schaltelemente (52, 62), die jeweils mit Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) verbunden sind und die obere und untere Zweige entsprechender Phasen (U, V, W) darstellen, eine Steuereinheit (200), die den Betrieb der Schaltelemente (52, 62) steuert, einen Glättungskondensator (51), der parallel zu Reihenschaltungen (50) des oberen und des unteren Zweigs der Phasen (U, V, W) geschaltet ist, und eine Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität. Die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität erfasst einen Spannungswert eines virtuellen neutralen Punkts als einen Wert, der in Beziehung steht zu dem Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) und erfasst einen Erdschluss der Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) auf der Grundlage einer Neigung einer zeitlichen Änderung des erfassten Wertes.



**Beschreibung**

## Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung.

## Hintergrund der Erfindung

**[0002]** Im allgemeinen ist eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung zum Ansteuern und Steuern eines Elektromotors mit einer Stromwandlervorrichtung ausgerüstet, die aus Gleichstrom von einer Gleichstromquelle Wechselstrom erzeugt, und mit einer Steuervorrichtung zum Steuern der Stromwandlervorrichtung. Der von der Stromwandlervorrichtung erhaltene Wechselstrom wird dem Elektromotor (z.B. einem Dreiphasen-Synchronmotor) zugeführt. Der elektrische Motor erzeugt ein Drehmoment entsprechend dem zugeführten Wechselstrom.

**[0003]** Solch eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung wird verwendet, um verschiedene elektrische Motoren anzusteuern und zu steuern, die z.B. in einem Fahrzeug montiert sind. Als ein Beispiel empfängt eine elektrische Fahrzeug-Hilfsvorrichtung und eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung, die bei einem elektrischen Fahrzeug-Antriebsmotor oder dergleichen zum Antreiben der Räder eines Fahrzeugs verwendet werden, Gleichstrom von einer Sekundärbatterie, die im Fahrzeug angeordnet ist, und wandelt diesen in Wechselstrom und schickt den Wechselstrom zu dem entsprechenden Elektromotor, um somit eine Systemvorrichtung anzusteuern und zu steuern. Da diese Tatsachen wohlbekannt sind, wird auf deren Beschreibung hier verzichtet.

**[0004]** Es war erwünscht, dass, wenn ein Erdschluss in jeder der Ausgangsleitungen auftritt, einschließlich der elektrischen Verkabelung von Schaltelementen eines Stromwandlers zu einem elektrischen Motor und Windungen des elektrischen Motors, dieser von einer elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung geeignet erfasst wird und diese den Elektromotor und die Stromwandlungsvorrichtung sicher stoppt. Um eine solche Anforderung zu erfüllen, wurde in der japanischen Offenlegungsschrift 2007-244104 (im Folgenden als Patentdokument 1 bezeichnet) eine Technologie beschrieben, die eine Spannung über einem Glättungskondensator erfasst und feststellt, dass ein Erdschluss aufgetreten ist, wenn ein Spannungsanstieg einen vorbestimmten Wert überschreitet, wodurch der Erdschluss erfasst wird.

**[0005]** Die in dem Patentdokument 1 beschriebene Technik erfasst eine Änderung der Spannung über dem Glättungskondensator, die sich schrittweise ändert auf der Basis eines Pulsweitenmodulation-Pulsmusters des Stromwandlers und vergleicht es mit einem vorbestimmten Schwellenwert, wodurch der

Erdschluss des Elektromotors erfasst wird. Es tritt jedoch ein Problem auf, das darin liegt, dass, da die Änderung der Spannung über dem Glättungskondensator klein ist, wenn der Modulationsgrad der Pulsweitenmodulation klein ist, es schwer ist, den Erdschluss zu erfassen.

**[0006]** Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung anzugeben, die einen Erdschluss genau erfassen kann, unabhängig von dem Grad der Modulation.

## Zusammenfassung der Erfindung

**[0007]** Erfindungsgemäß wird eine elektrische Motoransteuerungsvorrichtung vorgeschlagen, die mit einem elektrischen Motor über Ausgangsleitungen mit entsprechenden Phasen verbunden ist, um den elektrischen Motor anzusteuern. Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung ist mit einer Mehrzahl von Schaltelementen ausgerüstet, die jeweils mit den Ausgangsleitungen verbunden sind und dem oberen und dem unteren Zweig der Phasen entsprechen, einer Steuereinheit, die den Betrieb der Schaltelemente steuert, einem Glättungskondensator, der parallel zu den Reihenschaltungen der oberen und unteren Zweige der Phasen geschaltet ist, und einer Einheit zur Erfassung einer Abnormalität, die einen Wert bezüglich des Isolationszustandes einer jeden Ausgangsleitung erfasst und die einen Erdschluss der Ausgangsleitung auf der Basis einer Neigung einer zeitweisen Änderung des erfassten Werts erfasst.

**[0008]** Gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, einen Erdschluss genau zu erfassen unabhängig von dem Grad der Modulation.

## Kurze Beschreibung der Zeichnung

**[0009]** Fig. 1 ist ein Diagramm, welches den Aufbau einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung zeigt,

**[0010]** Fig. 2 ist ein Schaltungsdiagramm, welches ein Beispiel eines Erdschlussphänomens zeigt,

**[0011]** Fig. 3 ist ein Diagramm, welches die Art von Änderungen in den Spannungen eines Glättungskondensators und einen virtuellen neutralen Punkt beim Auftreten eines Erdschlusses zeigt,

**[0012]** Fig. 4 ist ein Diagramm, welches einen Steuerungsablauf einer Abnormalitätserfassungsverarbeitung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt,

**[0013]** Fig. 5 ist ein Diagramm, welches den Aufbau einer zweiten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Motoransteuerungsvorrichtung zeigt, und

**[0014]** Fig. 6 ist ein Diagramm, welches einen Steuerungsablauf einer Abnormalitätserfassungsverarbeitung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

**[0015]** Im Folgenden werden bevorzugte Ausführungsformen elektrischer Motoransteuerungsvorrichtungen gemäß der vorliegenden Erfindung im Detail unter Bezug auf die beigegefügte Zeichnung näher erläutert.

(Erste Ausführungsform)

<Aufbau der elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung>

**[0016]** Fig. 1 ist ein Diagramm, welches den Aufbau einer elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Die in Fig. 1 gezeigte elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** wird zum Beispiel in einem Fahrzeug-Hilfssystem verwendet. Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** ist über Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** an einen elektrischen Motor **300** angeschlossen, die jeweils vorgesehen sind für die U-, V- und W-Phasen, um den elektrischen Motor **300** anzusteuern. Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** ist mit einem Stromwandlerschaltkreis **110**, einem Schaltkreis **120** zum Festlegen eines virtuellen neutralen Punktes, einer Steuereinheit **200** und einer Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität ausgerüstet. In Fig. 1 sind die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** und der elektrische Motor **300** eines Fahrzeug-Hilfssystems als erfindungsgemäße Konfigurationen gezeigt. Andere mechanische Teile, aus denen das Fahrzeug-Hilfssystem besteht, sind weglassen.

**[0017]** Der Stromwandlerschaltkreis **110** weist Reihenschaltungen **50** der oberen und unteren Zweige bezüglich der jeweiligen Phasen U, V und W auf. Jede der Reihenschaltungen **50** besteht aus einem Schaltelement **52** und einer Diode **56**, die den oberen Zweig darstellen, und einem Schaltelement **62** und einer Diode **66**, die den unteren Zweig darstellen. Jede Reihenschaltung **50** ist mit einer Zwischenelektrode **69** zwischen dem oberen und dem unteren Zweig versehen. Die Zwischenelektroden **69** sind jeweils mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** verbunden. Die Schaltelemente **52** und **62** der jeweiligen Phasen sind jeweils mit den Ausgangsleitungen ihrer entsprechenden Phasen, den Ausgangsleitungen

**60u**, **60v** und **60w**, verbunden. Als Schaltelemente **52** und **62** werden zum Beispiel ein Bipolartransistor, ein Isolierschicht-Bipolartransistor (IGBT), ein Feldefekttransistor (FET), etc., verwendet.

**[0018]** Der elektrische Motor **300** ist ein Dreiphasen-Wechselstrommotor, der drehangetrieben wird durch Zufuhr von Dreiphasen-Wechselstrom. Als elektrischer Motor **300** werden zum Beispiel verwendet: ein Permanentmagnet-Synchronmotor, ein Induktionsmotor, ein Synchron-Reaktanzmotor, usw. Der elektrische Motor **300** hat Windungen, die jeweils den U-, V- und W-Phasen entsprechen. Die jeweiligen Reihenschaltungen **50** des Stromwandlerschaltkreises **110** sind elektrisch mit den Phasenwicklungen des elektrischen Motors **300** über die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** an den Zwischenelektroden **69** verbunden. Die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** umfassen jeweils Abschnitte von den Zwischenelektroden **69** der Reihenschaltung **50** zu den Phasenwicklungen des elektrischen Motors **300**.

**[0019]** Der Stromwandlerschaltkreis **110** ist mit einer Batteriestromversorgung VB verbunden, die als Gleichstrom-Spannungsquelle dient. In dem Stromwandlerschaltkreis **110** ist eine Kollektorelektrode eines jeden Schaltelements **52** des oberen Zweigs mit der positiven Elektrode der Batteriestromversorgung VB verbunden. Eine Emittierelektrode eines jeden Schaltelements **62** des unteren Zweigs ist elektrisch mit der negativen Elektrodenenseite der Batteriestromversorgung VB durch einen Nebenschlusswiderstand Rsh verbunden. Die Schaltelemente **52** und **62** des oberen und des unteren Zweigs werden durch Ein-/Aus-Signale (PWM-Signale) angesteuert und gesteuert, die von der Steuereinheit **200** ausgegeben werden, sodass eine Gleichspannung Vdc, die von der Batteriestromversorgung VB ausgegeben wird, in eine Dreiphasen-Wechselspannung mit variabler Spannung und variabler Frequenz umgewandelt wird, die anschließend an den elektrischen Motor **300** angelegt wird. Als ein Ergebnis wird der elektrische Motor **300** drehangetrieben.

**[0020]** Der Stromwandlerschaltkreis **110** weist ferner einen Glättungskondensator **51** auf zum Unterdrücken von Spannungsflektuationen aufgrund des Betriebs der Schaltelemente **52** und **62** des oberen und des unteren Zweigs. Der Glättungskondensator **51** ist in Parallelschaltung zu den Reihenschaltungen **50** des oberen und des unteren Zweigs für die jeweiligen Phasen mit der Batteriestromversorgung VB verbunden.

**[0021]** Die Schaltung **120** zum Festlegen eines virtuellen neutralen Punktes ist eine Schaltung zum Festlegen eines virtuellen neutralen Punktes VN, der ein zu dem neutralen Punkt des elektrischen Motors **300** äquivalentes Potential aufweist. Die Schaltung **120** zum Festlegen eines virtuellen neutralen Punktes ist

mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** verbunden. Bei der vorliegenden Ausführungsform können die Erdschlüsse der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** durch Überwachung der Spannung des virtuellen neutralen Punktes VN erfasst werden. Dieser Punkt wird später genauer beschrieben.

**[0022]** Die Steuereinheit **200** ist ein Teil zur Steuerung des Betriebs der Schaltelemente **52** und **62** der Stromwandlerschaltung **110** und weist einen Stromregler **210** und einen Pulsweitenmodulationsgenerator **220** auf.

**[0023]** Der Stromregler **210** regelt den Strom, um das Drehmoment und die Drehgeschwindigkeit des elektrischen Motors **300** zu regeln auf der Grundlage eines von außen eingeführten Steuerbefehls. Genauer gesagt bestimmt der Stromregler **210** Stromerfassungswerte ( $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$ ) von drei Phasen auf der Grundlage eines Gleichstromwerts  $I_{dc}$ , der mit dem Nebenschlusswiderstand  $R_{sh}$  erfasst wird, der in einem Gleichstrombus vorgesehen ist, um eine Verbindung herzustellen zwischen der negativen Ausgangsseite der Batteriestromversorgung VB und jeder Reihenschaltung **50** des oberen und des unteren Zweigs, und auf der Grundlage von PWM-Pulsmustern, die von dem PWM-Generator **220** erzeugt werden. Der Stromregler **210** erzeugt Spannungsbefehlswerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$  und  $V_w^*$ ) der drei Phasen für jede konstante PWM-Periode und gibt diese an den PWM-Generator **220** derart weiter, dass ein Fehler zwischen jedem der Stromerfassungswerte ( $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$ ) und einem Strombefehlswert auf der Grundlage des eingegebenen Steuerbefehls gleich 0 wird. Zu diesem Zeitpunkt gibt es kein Problem, selbst wenn, ohne die Stromerfassungswerte ( $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$ ) der drei Phasen zu benutzen wie sie sind, zum Beispiel die Drehlage  $\theta$  des elektrischen Motors **300** bestimmt wird, und Stromerfassungswerte ( $I_d$  und  $I_q$ ), die durch eine dq-Umwandlung der Dreiphasenstrom-Erfassungswerte ( $I_u$ ,  $I_v$  und  $I_w$ ) auf der Grundlage der Drehlage  $\theta$  erhalten werden, verwendet werden.

**[0024]** Auf der Grundlage der Spannungsbefehlswerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$  und  $V_w^*$ ), die von dem Stromregler **210** ausgegeben werden, bestimmt der PWM-Generator **220** die Pulsbreiten der Phasen, die äquivalent zu diesen Spannungsteuerwerten sind, auf der Grundlage der Spannungssteuerwerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$  und  $V_w^*$ ). Dann erzeugt der PWM-Generator **220** PWM-modulierte Steuersignale (PWM-Signale) in Übereinstimmung mit den erfassten Pulsbreiten und gibt diese an die Stromwandlerschaltung **110** weiter. In Reaktion auf die PWM-Signale werden die Schaltelemente **52** und **62** der Stromwandlerschaltung **110** jeweils für jede PWM-Periode an- oder ausgeschaltet, um damit die an den elektrischen Motor **300** auszugebenden Spannungen zu justieren.

**[0025]** Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität erfasst jeden Spannungswert des virtuellen neutralen Punktes VN, der von der Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes festgelegt wurde, und erfasst eine Abnormalität auf der Grundlage ihrer Erfassung, wenn die Abnormalität in jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** auftritt. Ein spezifisches Erfassungsverfahren zu diesem Zeitpunkt wird später im Detail beschrieben. Wenn das Auftreten der Abnormalität erfasst wurde, gibt die Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität ein vorbestimmtes Abnormalitätssignal aus und führt Meldungen aus, wie das Aufleuchtenlassen einer nicht gezeigten Warnlampe, usw.

<Details der Schaltung zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes und der Einheit zur Erfassung einer Abnormalität>

**[0026]** Als nächstes werden die Details der Schaltung **120** zur Festlegung eines virtuellen neutralen Punktes und der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität beschrieben, die Merkmale der vorliegenden Erfindung sind. Wie oben beschrieben, ist die Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes die Schaltung zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes VN, der potentialmäßig äquivalent zu dem neutralen Punkt des elektrischen Motors **300** ist. Genauer gesagt, wie in **Fig. 1** gezeigt, besteht die Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes aus einer Verbindung der Widerstände  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und  $60w$ , die jeweils zwischen den Zwischenelektroden **69** der Stromwandlerschaltung **110** und den Windungen des elektrischen Motors **300** geschaltet sind, und wobei diese Widerstände über einen Erdungswiderstand  $R_n$  geerdet sind. Somit kann das durchschnittliche Potential der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und  $60w$  der Phasen erfasst werden durch Festlegen des virtuellen neutralen Punktes VN zwischen den Widerständen  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  und dem Erdungswiderstand  $R_n$  und durch Erfassen der Spannungswerte (dividierte Spannungswerte) des virtuellen neutralen Punktes VN.

**[0027]** Da die Spannung der Batteriestromversorgung VB im Allgemeinen in dem Fahrzeug-Hilfssystem nur 12 Volt beträgt, gibt es kein Problem, selbst wenn die Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes konfiguriert ist durch ein direktes Verbinden der Widerstände  $R_u$ ,  $R_v$  und  $R_w$  mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und  $60w$  der Phasen, wie in **Fig. 1** gezeigt ist. Jedoch in dem Fall eines Systems, welches einen elektrischen Motor zum Antrieb eines Rads bei einer relativ hohen Spannung steuert, wie zum Beispiel bei einem Antriebssystem eines elektrischen Hybridfahrzeugs, ist die Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punktes vorzugsweise so konfiguriert, dass jeder Spannungswert des virtuellen neutralen Punktes VN indirekt erfasst

werden kann durch Verwendung einer Differential-Spannungserfassungsschaltung, eines Schutztrafos, usw.

**[0028]** Hier wird vorzugsweise ein Spannungsteilungsverhältnis zwischen den Widerständen in der Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punkts so festgelegt, dass jeder Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN in einen Bereich von Spannungswerten fällt, der von der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität verarbeitet werden kann. Zum Beispiel, wenn der Eingabewert eines A/D-Wandlers, der in der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität vorgesehen ist, in einen Bereich von 0 bis 5 V fällt, wobei das Ausgangssignal der Schaltung **230** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punkts in der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität digital verarbeitet wird, wird das Teilungsverhältnis der Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punkts so festgelegt, dass der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN in diesen Bereich fällt. Alternativ kann der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN korrigiert werden und verwendet werden durch Standardisierung auf einen Spannungswert, der von der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität verarbeitet werden kann. Wenn jeder Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN von der Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punkts in die Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität eingegeben wird, gibt es kein Problem, selbst wenn dieser durch einen Funktionsverstärker verstärkt wird oder eine Spannung angelegt wird, die durch Impedanzumformung erhalten wird.

**[0029]** Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität erfasst den Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN, der von der Schaltung **120** zur Festlegung des virtuellen neutralen Punkts auf die oben beschriebene Art festgelegt wurde, und vergleicht eine Neigung (zeitlicher Differentialwert) einer zeitlichen Änderung des erfassten Wertes mit einem vorbestimmten Schwellenwert. Wenn daher der Erdschluss in jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** auftritt, wird dieser erfasst als eine Abnormalität jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w**.

**[0030]** Der oben genannte Schwellenwert zur Erfassung des Erdschlusses durch die Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität kann festgelegt werden auf der Grundlage der Strommenge, die durch den Glättungskondensator **51** fließt. Zum Beispiel wird der Schwellenwert der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität definiert auf der Grundlage der Strommenge, die von der Batteriestromversorgung VB zu dem Glättungskondensator **51** fließt, wenn alle Schaltelemente **52**, die jeweils dem oberen Zweig entsprechen, im eingeschalteten Zustand sind. Genauer gesagt kann der Schwellenwert justiert werden auf der Grundlage der Spannung Vdc der Batteriestromver-

sorgung VB und des Wertes des Stroms, der durch den Nebenschlusswiderstand Rsh fließt.

**[0031]** Wenn die Strommenge, die von der Batteriestromversorgung VB zum Glättungskondensator **51** fließt, hinreichend klein ist, kann die Verarbeitung in der Einheit **230** zur Erfassung der Abnormalität vereinfacht werden, indem der Schwellenwert auf 0 gesetzt wird. Alternativ wird die Menge des Stroms, der von der Batteriestromversorgung VB zu dem Glättungskondensator **51** fließt, abgeschätzt, und der Schwellenwert kann auf der Grundlage des geschätzten Werts festgelegt werden. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird der erste Fall beschrieben.

<Beschreibung von Ausgangsspannungsvektoren>

**[0032]** Im Folgenden werden die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** beschrieben. Die Ausgangsspannungen der Stromwandlerschaltung **110** können dargestellt werden durch Klassifizierung in acht Typen von Ausgangsspannungsvektoren von V0 bis V7, die weiter unten gezeigt sind, in Übereinstimmung mit dem Schaltzustand der einzelnen Schaltelemente **52** und **62**. Im Folgenden wird in der Reihenfolge der U-, V- und W-Phasen das Anschalten eines jeden Schaltelements **52** des oberen Zweigs und das Ausschalten eines jeden Schaltelements **62** des unteren Zweigs als "1" ausgedrückt und das Ausschalten eines jeden Schaltelements **52** des oberen Zweigs und das Anschalten eines jeden Schaltelements **62** des unteren Zweigs werden als "0" ausgedrückt:

$$V0 = (0, 0, 0)$$

$$V1 = (1, 0, 0)$$

$$V2 = (1, 1, 0)$$

$$V3 = (0, 1, 0)$$

$$V4 = (0, 1, 1)$$

$$V5 = (0, 0, 1)$$

$$V6 = (1, 0, 1) \text{ und}$$

$$V7 = (1, 1, 1).$$

**[0033]** Die Kombinationen der Ausgangsspannungen der Stromwandlerschaltung **110** mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** ändern sich bei den obenstehenden Ausgangsspannungsvektoren von V0 zu V7 entsprechend der Pulsmuster der PWM-Signale, die von dem PWM-Generator **220** ausgegeben werden. Das heißt, 0 oder die Spannung Vdc der Batteriestromversorgung VB werden von der Stromwandlerschaltung **110** zu den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in Übereinstimmung mit den Ausgangsspannungsvektoren von V0 bis V7 zugeführt, die bestimmt sind auf der Grundlage der Pulsmuster der jeweiligen PWM-Signale. Ein V0-Vektor, bei dem die Ausgangsspannungen der drei Phasen 0 sind, und ein V7-Vektor, bei dem die Ausgangsspannungen der drei Phasen Vdc sind, werden jeweils Null-Vektor genannt.

<Änderungen in der Spannung  
beim Auftreten eines Erdschlusses>

**[0034]** Im Folgenden werden Spannungsänderungen beim Auftreten eines Erdschlusses beschrieben. **Fig. 2** ist ein Schaltungsdiagramm, das ein Beispiel eines Erdschlussphänomens zeigt.

**[0035]** Wie in dem Schaltungsdiagramm gemäß **Fig. 2** gezeigt ist, wird angenommen, dass ein Erdschluss zum Beispiel in der W-Phasen-Ausgangsleitung **60w** der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** auftritt. In diesem Fall fließt ein Erdschlussstrom über einen Pfad, der in der Figur als gestrichelter Pfeil dargestellt ist, wenn das Schaltelement **52**, was dem oberen Zweig der W-Phase entspricht, in einen EIN-Zustand gebracht wurde. Das heißt, da der Strom durch den Glättungskondensator **51** fließt, nimmt die Spannung über dem Glättungskondensator **51** ab.

**[0036]** **Fig. 3** ist ein Diagramm, welches die Art der Änderungen der Spannungen am Glättungskondensator **51** und am virtuellen neutralen Punkt VN beim Auftreten eines Erdschlusses zeigt. Wenn die Puls muster der PWM-Signale der U-, V- und W-Phasen, die in die Stromwandlerschaltung **110** eingegeben werden, sich wie in **Fig. 3(a)** ändern, wenn der Erdschluss in der Ausgangsleitung **60w** der W-Phase, wie oben beschrieben, auftritt, ändert sich die Spannung über dem Glättungskondensator **51**, wie in **Fig. 3(b)** gezeigt. Das heißt, wenn die PWM-Signale der U-, V- und W-Phasen in dieser Reihenfolge einen hohen Wert annehmen und die entsprechenden Schaltelemente **52** des oberen Zweigs jeweils angeschaltet sind, ändern sich die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** sequentiell zu V1, V2 und V7. Somit erfolgt die Stromversorgung von der Batteriestromversorgung VB zum elektrischen Motor **300** über die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in dieser Reihenfolge, und entsprechend wird die Spannung über dem Glättungskondensator **51** graduell abgesenkt.

**[0037]** Wenn die Schaltungselemente **52** des oberen Zweigs der U-, V- und W-Phasen alle angeschaltet sind, werden die Spannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** zum V7-Vektor. Zu diesem Zeitpunkt wird der Glättungskondensator **51** durch die Batteriestromversorgung VB im Normalfall ohne das Auftreten eines Erdschlusses geladen. Daher steigt, wie durch eine unterbrochene Linie in **Fig. 3b** gezeigt, die Spannung über dem Glättungskondensator **51** im Laufe der Zeit graduell und ihre Neigung wird größer 0. Wenn jedoch ein Erdschluss, wie in **Fig. 2** gezeigt, auftritt, wird der Glättungskondensator **51** durch das Fließen des Erdschlussstroms durch den Glättungskondensator **51** entladen. Daher sinkt, wie durch eine durchgezogene Linie in **Fig. 3(b)** gezeigt, die Spannung über dem Glättungskondensator

**51** im Laufe der Zeit graduell und ihre Neigung wird kleiner 0.

**[0038]** Andererseits ändert sich die Spannung des virtuellen neutralen Punkts VN wie in **Fig. 3(c)** gezeigt. Das heißt, wenn die PWM-Signale der U-, V- und W-Phasen in dieser Reihenfolge erhöht werden, sodass ihre entsprechenden Schaltelemente **52** des oberen Zweigs angeschaltet werden, werden die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** sequentiell geändert zu V1, V2 und V7. Daher wird von der Batteriestromversorgung VB Strom an den elektrischen Motor **300** über die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in dieser Reihenfolge geliefert, und die Spannung des virtuellen neutralen Punkts VN steigt stufenweise.

**[0039]** Wenn alle Schaltelemente **52** der U-, V- und W-Phase angeschaltet sind, werden die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** der V7-Vektor. Wenn zu diesem Zeitpunkt im Normalzustand kein Erdschluss auftritt, wird der Glättungskondensator **51** durch die Batteriestromversorgung VB, wie oben beschrieben, geladen. Daher, wie in **Fig. 3(c)** durch eine unterbrochene Linie dargestellt, steigt die Spannung des virtuellen neutralen Punkts VN im Laufe der Zeit graduell und ihre Neigung wird größer 0. Wenn jedoch ein Erdschluss, wie in **Fig. 2** gezeigt, auftritt, wird der Glättungskondensator **51** durch das Fließen des Erdschlussstroms durch den Glättungskondensator **51**, wie oben beschrieben, entladen. Daher, wie in **Fig. 3(c)** durch eine durchgezogene Linie dargestellt, sinkt die Spannung des virtuellen neutralen Punkts VN im Laufe der Zeit graduell, und ihre Neigung wird kleiner als 0.

**[0040]** Erfindungsgemäß wird das Auftreten des Erdschlusses in jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** erfasst durch Beobachtung der Art der Änderung der Spannung des Glättungskondensators **51** oder des virtuellen neutralen Punkts VN beim oben beschriebenen Auftreten eines Erdschlusses mit Hilfe der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität. Das heißt, die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität erfasst als einen Wert, der sich auf den Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** bezieht, den Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51**, wenn jeder Ausgangsspannungsvektor der Stromwandlerschaltung **110** der V7-Vektor innerhalb der PWM-Periode ist oder der Wert der Spannung des virtuellen neutralen Punkts VN, und bestimmt die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Wertes. Genauer gesagt, wie in **Fig. 3** gezeigt, ist zum Beispiel die Periode des V7-Vektors definiert als eine Messwertentnahmeperiode, und der Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** oder der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN werden erfasst bei jedem Messwertentnahmezeitpunkt VS1 und VS2, die innerhalb der Messwertentnahmeperiode festgelegt

sind. Dann wird die Differenz zwischen den gemessenen Werten bestimmt, sodass die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Wertes erhalten werden kann. Zu diesem Zeitpunkt kann die Anzahl der Messwertentnahmezeitpunkte auf 3 oder mehr gesetzt werden. Es wird bestimmt, ob die so erhaltene Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Wertes größer oder gleich einem vorbestimmten Schwellenwert (z.B. 0) ist oder nicht. Wenn der Wert kleiner als der Schwellenwert ist, kann erfasst werden, dass ein Erdschluss in einer der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** aufgetreten ist.

**[0041]** Bei dieser Ausführungsform wird der Fall beschrieben, bei dem der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN erfasst wird, und der Erdschluss auf der Grundlage der Neigung der zeitlichen Änderung dieses erfassten Werts erfasst wird. Ein anderer Fall, d.h. der Fall, in dem der Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** erfasst wird und ein Erdschluss erfasst wird auf der Grundlage der Neigung einer zeitlichen Änderung seines erfassten Wertes, wird später im Detail mit Bezug auf eine zweite Ausführungsform beschrieben.

**[0042]** <Darstellung der vorliegenden Ausführungsform> Bei der vorliegenden Ausführungsform wird erfasst, dass ein Erdschluss aufgetreten ist, wenn die zeitliche Änderung des Spannungswertes des virtuellen neutralen Punkts VN, die erfasst wird, wenn jeder Ausgangsspannungsvektor der Stromwandlerschaltung **110**, der bestimmt wird in Abhängigkeit von dem Pulsmuster eines jeden PWM-Signals, der V7-Vektor ist, unter den vorbestimmten Schwellenwert fällt. Das heißt, wenn der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN, der beim Betrieb des elektrischen Motors **300** auftritt, gleich dem Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** in dem Zustand des V7-Vektors wird, werden die Isolationszustände der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** überprüft, ob sie normal sind, durch Vergleichen der Neigung der zeitlichen Änderung des Spannungswertes mit dem vorbestimmten Schwellenwert gemäß dieser Ausführungsform.

**[0043]** Wenn die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** der V0-Vektor sind, sind alle Ausgangsspannungen der drei Phasen gleich 0 Volt, und somit wird der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN gleich 0. Somit kann, wenn der Erdschluss bei dem V0-Vektor auftritt, dieser nicht für eine Erfassung vorgesehen sein. Andererseits wird der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN gleich  $V_{dc}$ , da alle Ausgangsspannungen der drei Phasen von der Gleichspannung  $V_{dc}$  der Batterie-stromversorgung VB sind, wenn die Ausgangsspannungsvektoren der Stromwandlerschaltung **110** der V7-Vektor sind.

<Abnormalitätserfassungsverarbeitung>

**[0044]** Die oben beschriebene Erdschlusserfassung wird durchgeführt durch die Abnormalitätserfassungsverarbeitung, die in der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität durchgeführt wird. **Fig. 4** ist ein Diagramm, welches den Steuerungsfluss der Abnormalitätserfassungsverarbeitung nach der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität führt die Abnormalitätserfassungsverarbeitung aus, indem sie für jede vorbestimmte Periode den Steuerungsfluss, der in **Fig. 4** gezeigt ist, ausführt.

**[0045]** In Schritt S40 bestimmt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität, ob der Ausgangsspannungsvektor der Stromwandlerschaltung **110** der V7-Vektor ist oder nicht. Wenn festgestellt wird, dass es sich um den V7-Vektor handelt, startet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Ausführung des Schritts S41 und der folgenden Schritte.

**[0046]** In Schritt S41 entnimmt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN zweimal oder eine vorbestimmte Anzahl von Malen größer als zwei. Somit wird der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN, der von der Schaltung **120** zum Festlegen des virtuellen neutralen Punkts festgelegt ist, mehrmals erfasst als Werte, die sich auf die Isolationszustände der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** während einer Messwertentnahmepériode beziehen, in der alle Schaltelemente **52** innerhalb der PWM-Periode den oberen Zweigen der Stromwandlerschaltung **110** entsprechen.

**[0047]** In Schritt S42 berechnet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Neigung (Zeitdifferentialwert) eines jeden Spannungswertes des virtuellen neutralen Punkts VN, der in Schritt S41 gemessen wurde. Das heißt, die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität berechnet die Neigung der zeitlichen Änderung des Spannungserfassungswertes des virtuellen neutralen Punkts VN, wenn alle Schaltelemente **52**, die den oberen Zweigen entsprechen, sich in der Stromwandlerschaltung **110** im eingeschalteten Zustand befinden.

**[0048]** In Schritt S43A vergleicht die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die im Schritt S42 berechnete Neigung mit 0 als Schwellenwert und bestimmt, ob die Neigung größer oder gleich 0 ist. Als ein Ergebnis schreitet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität zu Schritt S44, wenn die Neigung größer oder gleich 0 ist, und schreitet zu Schritt S45, wenn die Neigung kleiner als 0 ist.

**[0049]** In Schritt S44 bestimmt die Einheit **230** zur Bestimmung einer Abnormalität, dass kein Erdschluss in den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w**

erzeugt wurde, und dass der Isolationszustand jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** normal ist. Nachdem Schritt S44 ausgeführt wurde, vervollständigt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Abnormalitätserfassungsverarbeitung.

**[0050]** In Schritt S45 bestimmt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität, dass der Isolationszustand einer der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** abnormal ist. Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität bestimmt somit, dass mindestens eine der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** geerdet wurde, und erfasst deren Erdschluss.

**[0051]** In Schritt S46 zeigt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität an, dass ein Erdschluss in Schritt S45 erfasst wurde. Zum Beispiel wird das Auftreten eines Erdschlusses angezeigt durch Ausgabe eines vorbestimmten Abnormalitätssignals und das Aufleuchtenlassen der nicht dargestellten Warnlampe. Nachdem Schritt S46 ausgeführt wurde, beendet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Abnormalitätserfassungsverarbeitung.

**[0052]** Wie oben beschrieben, wird bei der vorliegenden Ausführungsform der Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN erfasst gemäß dem Ausgangsspannungsvektor, der durch das Pulsmuster eines jeden PWM-Signals definiert wird. Wenn die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Spannungswertes nicht größer ist als der vorbestimmte Wert, wird bestimmt, dass eine Erdungsabnormalität aufgetreten sein muss. Daher wird eine sehr zuverlässige Abnormalitätserfassung ermöglicht.

**[0053]** Die oben beschriebene erste Ausführungsform der vorliegenden Erfindung hat folgende operative Wirkungen:

(1) Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** ist mit dem elektrischen Motor **300** über die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** der Phasen verbunden, um den elektrischen Motor **300** anzusteuern. Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** ist mit Schaltelementen **52** und **62** ausgerüstet, die jeweils mit den Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** verbunden sind und dem oberen und dem unteren Zweig der Phasen entsprechen, mit der Steuereinheit **200**, die den Betrieb der Schaltelemente **52** und **62** steuert, dem Glättungskondensator **51**, der parallel zu den Reihenschaltungen **50** des oberen und des unteren Zweigs der Phasen geschaltet ist, und mit der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität. Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität erfasst den Wert, der mit dem Isolationszustand einer jeden Ausgangsleitung **60u**, **60v** und **60w** (Schritt S41) in Beziehung steht und erfasst den Erdschluss einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** auf der Grundlage der Neigung der zeitlichen Änderung ihres erfassten

Wertes (Schritte S42, S43A, S45). Dadurch kann der Erdschluss genau erfasst werden, unabhängig von dem Grad der Modulation.

(2) Die elektrische Motoransteuerungsvorrichtung **100** ist ferner ausgerüstet mit einer Schaltung **120** zum Festlegen des virtuellen neutralen Punkts, die den virtuellen neutralen Punkt VN auf ein Potential festlegt, das äquivalent ist zu dem des neutralen Punkts des elektrischen Motors **300**. In Schritt S41 erfasst die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts VN als den Wert, der zu dem Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in Beziehung steht. Durch diese Vorgehensweise kann der Erdschluss genau erfasst werden, indem ein Wert erhalten wird, der den Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** anzeigt.

(3) Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität bestimmt, ob die Neigung der zeitlichen Änderung des Erfassungswertes, wenn alle Schaltelemente **52**, die dem oberen Zweig entsprechen, sich im eingeschalteten Zustand befinden, kleiner ist als der vorbestimmte Schwellenwert (Schritt S43A) oder nicht. Wenn dieser Wert kleiner ist als der Schwellenwert, bestimmt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität, dass die Ausgangsleitung **60u**, **60v** oder **60w** geerdet wurde (Schritt S45). Durch dieses Vorgehen wird es möglich, leicht und sicher zu bestimmen, ob die Ausgangsleitung **60u**, **60v** oder **60w** geerdet ist oder nicht.

(4) Die Steuereinheit **200** steuert den Betrieb der Schaltelemente **52** und **62** für jede konstante PWM-Periode. Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität führt die Verarbeitung des Schritts S41 während der Messwertentnahmeperiode, in der alle Schaltelemente **52**, die den oberen Zweigen entsprechen, im eingeschalteten Zustand innerhalb der PWM-Periode sind, mehrmals aus und erfasst die Werte, die mit den Isolationszuständen der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in Verbindung stehen. Durch dieses Vorgehen ist es möglich, die Werte sicher zu erfassen, die notwendig sind, um die Neigung der zeitlichen Änderung zu berechnen.

(Zweite Ausführungsform)

**[0054]** Im Folgenden wird eine zweite Ausführungsform der vorliegenden Erfindung beschrieben. Die vorliegende Ausführungsform beschreibt einen Fall, bei dem der Wert einer Spannung über dem Glättungskondensator **51** erfasst wird und ein Erdschluss auf der Grundlage der Neigung einer zeitlichen Änderung des erfassten Wertes erfasst wird.

**[0055]** Fig. 5 ist ein Diagramm, welches den Aufbau einer elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung nach der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt. Die elektrische Motoran-

steuerungsvorrichtung **500**, die in **Fig. 5** gezeigt ist, unterscheidet sich von der elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung **100** gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel, welches in **Fig. 1** gezeigt ist, dadurch, dass die Schaltung **120** zum Festlegen des virtuellen neutralen Punkts nicht vorgesehen ist, und die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Spannung über dem Glättungskondensator **51** erfasst.

**[0056]** Da in dem Fahrzeug-Hilfssystem die Spannung der Batteriestromversorgung VB im Allgemeinen nur 12 Volt beträgt, gibt es keine Probleme, selbst wenn, wie in **Fig. 5** gezeigt, die Spannung über dem Glättungskondensator **51** direkt gemessen wird. In dem Fall eines Systems, welches den elektrischen Radantriebsmotor mit relativ hoher Spannung antreibt, wie zum Beispiel in einem Antriebssystem eines elektrischen Hybridfahrzeugs, ist es wünschenswert, die Spannung über dem Glättungskondensator **51** unter Verwendung einer Differentialspannungserfassungsschaltung, einem Schutztrafo, usw., zu messen.

**[0057]** Hier wird das Ergebnis der Erfassung der Spannung über dem Glättungskondensator **51** vorzugsweise so gewählt, dass es in den Spannungsbereich fällt, der durch die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität verarbeitet werden kann. Wenn zum Beispiel die Höhe des Eingangssignals am A/D-Wandler, der in der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität vorgesehen ist, in den Bereich von 0 bis 5 V fällt, wird die Spannung über dem Glättungskondensator **51** geteilt, um in diesen Bereich zu fallen, wenn die Spannung über dem Glättungskondensator **51** in der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität digital verarbeitet wird. Der Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** kann somit korrigiert werden und auf eine Spannungshöhe standardisiert verwendet werden, die von der Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität verarbeitet werden kann. Wenn die Spannung über dem Glättungskondensator **51** in die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität eingeführt wird, kann sie durch einen Funktionsverstärker verstärkt werden, oder eine durch eine Impedanzwandlung erhaltene Spannung kann daran angelegt werden.

**[0058]** Bei der vorliegenden Ausführungsform kann das Auftreten eines Erdschlusses in jeder der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** erfasst werden durch Beobachtung der Art der Änderung der Spannung über dem Glättungskondensator **51** beim Auftreten eines solchen Erdschlusses, wie in **Fig. 3(b)** gezeigt. Das heißt, wenn die zeitliche Änderung des Wertes der Spannung über dem Glättungskondensator **51**, die erfasst wird, wenn der Ausgangsspannungsvektor der Stromwandlerschaltung **110**, der in Abhängigkeit von den Pulsmustern eines jeden PWM-Signals bestimmt wird, der V7-Vektor ist, un-

ter den vorbestimmten Schwellenwert fällt, wird bestimmt, dass ein Erdschluss aufgetreten ist.

**[0059]** Genauer gesagt, in Schritt S41 des Steuerungsflussdiagramms gemäß **Fig. 4** misst die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** zweimal oder eine vorbestimmte Anzahl von Malen größer als zwei. Der Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** wird somit mehrmals erfasst als Werte, die zu den Isolierungszuständen der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** während der Messperiode, in der alle Schaltelemente **52**, die den oberen Zweigen der Stromwandlerschaltung **110** entsprechen, in dem eingeschalteten Zustand innerhalb der PWM-Periode sind, in Beziehung stehen. In dem folgenden Schritt S42 berechnet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die Neigung (Zeitdifferentialwert) eines jeden Spannungswertes über dem Glättungskondensator **51**, der in Schritt S41 gemessen wurde. Das heißt, die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität berechnet die Neigung der zeitlichen Änderung des Wertes der Spannung über dem Glättungskondensator **51**, wenn alle Schaltelemente (**52**), die zu den oberen Zweigen gehören, sich in eingeschaltetem Zustand in der Stromwandlerschaltung **110** befinden. Die anderen Verarbeitungsschritte sind bei der zweiten Ausführungsform ähnlich wie bei der ersten Ausführungsform.

**[0060]** Wie oben beschrieben, wird bei der vorliegenden Ausführungsform der Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** gemäß dem Ausgangsspannungsvektor erfasst, der durch das Pulsmuster eines jeden PWM-Signals definiert ist. Wenn die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Spannungswertes nicht größer als der vorbestimmte Wert ist, wird bestimmt, dass eine Erdschlussabnormalität aufgetreten ist. Daher wird eine hochzuverlässige Abnormalitätserfassung möglich.

**[0061]** Gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die oben beschrieben wurde, treten zusätzlich zu den in (1), (3) und (4) beschriebenen Wirkungen des ersten Ausführungsbeispiels folgende operative Wirkungen (5) auf.

**[0062]** (5) In Schritt S41 erfasst die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Wert der Spannung über dem Glättungskondensator **51** als den Wert, der mit dem Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** in Beziehung steht. Da dies auf diese Weise geschieht, kann der Erdschluss genau erfasst werden durch das Erhalten des Wertes, der den Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** geeignet angibt.

(Dritte Ausführungsform)

**[0063]** Eine dritte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird als nächstes beschrieben. Bei der vorliegenden Ausführungsform wird ein Fall beschrieben, bei dem die Menge des Stroms, der in dem Glättungskondensator **51** von der Batteriestromversorgung VB fließt, abgeschätzt wird, und ein Schwellenwert zur Bestimmung eines Erdschlusses festgelegt wird auf der Grundlage des geschätzten Werts.

**[0064]** Da der Aufbau der elektrischen Motoransteuerungsvorrichtung nach der vorliegenden Erfindung ähnlich dem Aufbau sowohl des in **Fig. 1** gezeigten ersten Ausführungsbeispiels als auch dem Aufbau der in **Fig. 5** gezeigten zweiten Ausführungsform ist, wird dessen Beschreibung unterlassen.

**[0065]** **Fig. 6** ist ein Diagramm, welches einen Steuerungsfluss einer Abnormalitätserfassungsverarbeitung gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung zeigt. Bei der vorliegenden Ausführungsform führt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den in **Fig. 6** gezeigten Steuerungsfluss für jede vorbestimmte Periode aus, um eine Abnormalitätserfassungsverarbeitung auszuführen.

**[0066]** In dem in **Fig. 6** gezeigten Steuerungsfluss werden Verarbeitungsschritte, die Verarbeitungen durchführen, die ähnlich dem Steuerungsfluss bei dem ersten und dem zweiten Ausführungsbeispiel sind, die in **Fig. 4** gezeigt sind, jeweils mit den gleichen Schrittnummern wie in **Fig. 4** bezeichnet. Die Beschreibung der Verarbeitungsschritte mit den gleichen Schrittnummern wie in **Fig. 4** wird unten ausgelassen, es sei denn, sie ist erforderlich.

**[0067]** Nach der Ausführung des Schritts S42 führt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Schritt S42B aus. In Schritt S42B legt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität einen Schwellenwert fest für die Festlegung des folgenden Schritts S43B. Hier kann der Schwellenwert festgelegt werden auf der Grundlage der Strommenge, die durch den Glättungskondensator **51** fließt. Zum Beispiel wird die Strommenge des Glättungskondensators **51** abgeschätzt auf der Grundlage der Spannung Vdc der Batteriestromversorgung VB und des Stromwerts, der durch den Nebenschlusswiderstand Rsh gemessen wird. Alternativ kann die Strommenge des Glättungskondensators **51** direkt gemessen werden oder sie kann berechnet werden durch Erfassung der Strommenge, die von der Batteriestromversorgung VB geliefert wird, und durch Subtraktion des Stromwertes, der durch den Nebenschlusswiderstand Rsh erfasst wird, von dem erfassten Wert.

**[0068]** Nachdem die Strommenge des Glättungskondensators **51** auf diese Weise bestimmt worden

ist, legt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität einen Schwellenwert auf der Grundlage der Strommenge fest. Wenn zum Beispiel die Strommenge kleiner als ein vorbestimmter Bezugswert ist, wird der Schwellenwert auf 0 gesetzt, wohingegen, wenn die Strommenge größer oder gleich einem Bezugswert ist, ein vorbestimmter Schwellenwert Th ( $Th > 0$ ) festgelegt wird. Zu diesem Zeitpunkt kann der Schwellenwert Th entsprechend der Strommenge geändert werden. Der Schwellenwert kann somit gemäß der Strommenge, die durch den Glättungskondensator **51** fließt, angepasst werden.

**[0069]** Nach der Durchführung des Schritts S42B führt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität den Schritt S43B durch. In Schritt S43B vergleicht die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität die in Schritt S42 berechnete Neigung mit dem in Schritt S42B festgelegten Schwellenwert und bestimmt, ob die Neigung größer oder gleich dem Schwellenwert ist. Die mit dem Schwellenwert zu vergleichende Neigung entspricht der Neigung der zeitlichen Änderung des Spannungserfassungswertes des mit Bezug auf die erste Ausführungsform beschriebenen virtuellen neutralen Punkts VN oder der Neigung der zeitlichen Änderung des Wertes der Spannung über dem Glättungskondensator **51**, der mit Bezug auf die zweite Ausführungsform beschrieben wurde. Als Ergebnis schreitet die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität zum Schritt S44 fort, wenn die Neigung größer oder gleich dem Schwellenwert ist, und schreitet zu Schritt S55 fort, wenn sie kleiner als der Schwellenwert ist. Danach wird eine Verarbeitung ähnlich der in **Fig. 4** gezeigten ausgeführt.

**[0070]** Gemäß der dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung, die oben beschrieben wurde, treten folgende operative Wirkungen (6) zusätzlich zu den bezüglich der ersten und zweiten Ausführungsform beschriebenen Wirkungen (1) bis (5) ein.

**[0071]** (6) Die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität legt einen Schwellenwert fest zur Verwendung bei der Bestimmung des Schritts S43B auf der Grundlage der Strommenge, die durch den Glättungskondensator **51** fließt (Schritt S42B). Da der Schwellenwert zu seiner Festlegung geeignet auf die oben beschriebene Weise angepasst werden kann, ist es möglich, genauer zu bestimmen, ob die Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w** geerdet sind oder nicht.

**[0072]** Bei jeder der oben beschriebenen Ausführungsformen gibt es einen Fall, bei dem, wenn der elektrische Motor **300** in einem hohen Lastzustand betrieben wird und der Tastgrad des PWM-Signals in der Nähe von 100% liegt, die Messwertentnahmeprobe, während der der Ausgangsspannungsvektor der Stromwandlerschaltung **110** der V7-Vektor ist, kurz ist, und eine Mehrzahl von Messwertpunkten

während der Entnahmeperiode nicht erhalten werden kann. In einem solchen Fall kann somit die Zeitspanne zur Erzeugung eines jeden PWM-Signals angepasst werden, wie zum Beispiel durch Rücksetzen eines Zählers, der während der Erzeugung des PWM-Signals verwendet wird, derart, dass eine ausreichend lange Messwertentnahmeperiode erhalten wird. Zum Beispiel wird die Zeitspanne, die gegeben wird, um ein PWM-Signal zu erzeugen, so angepasst, dass der PWM-Puls einer jeden Phase ausgegeben wird zu einem Zeitpunkt, bei dem jeder der Spannungssteuerwerte ( $V_u^*$ ,  $V_v^*$ ,  $V_w^*$ ) der drei Phasen maximal wird. Bei diesem Vorgehen ist es möglich, die Anwesenheit oder Abwesenheit eines Erdschlusses zu erfassen durch Erhalten einer ausreichend langen Messwertentnahmeperiode für jeden elektrischen Winkel von  $60^\circ$ .

**[0073]** Ferner weist jede der oben beschriebenen Ausführungsformen das Beispiel auf, bei dem, wenn die negative Feststellung gemacht wurde, dass in Schritt S43A von **Fig. 4** die Neigung kleiner als 0 ist, oder wenn die negative Feststellung gemacht wurde, dass in Schritt S43B von **Fig. 6** die Neigung kleiner als der Schwellenwert ist, der Isolationszustand der Ausgangsleitung **60u**, **60v** oder **60w** in dem folgenden Schritt S45 als abnormal bestimmt wird, um dadurch einen Erdschluss zu erfassen. Ohne so vorzugehen, kann jedoch der Erdschluss erfasst werden, wenn die negative Bestimmung kontinuierlich mehrmals in Schritt S43A oder S43B erfolgt. Das heißt, wenn die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Wertes zu einer Zeit, bei der alle Schaltelemente **52**, die den oberen Zweigen entsprechen, über zwei oder mehr aufeinanderfolgende PWM-Perioden im eingeschalteten Zustand sind, kleiner als ein vorbestimmter Schwellenwert ist, kann festgelegt werden, dass die Ausgangsleitung **60u**, **60v** oder **60w** geerdet wurde. Wenn so vorgegangen wird, wenn eine Fluktuation der Spannung der Batteriestromversorgung VB und ein Erdschlussphänomen geeignet getrennt werden und die Gleichspannung  $V_{dc}$  der Batteriestromversorgung VB variiert, ist es möglich zu vermeiden, dass dies irrtümlicherweise als Erdschluss erfasst wird.

**[0074]** Ferner führt die Einheit **230** zur Erfassung einer Abnormalität in jedem der oben beschriebenen Ausführungsbeispiele die Abnormalitätserfassungsverarbeitung gemäß den **Fig. 4** oder **Fig. 6** aus, wenn der elektrische Motor **300** kraftbetrieben wird, und erfasst den Erdschluss einer jeden der Ausgangsleitungen **60u**, **60v** und **60w**. Wenn man so vorgeht, wenn der Erdschluss auftritt, wenn der elektrische Motor **300** kraftbetrieben ist, ist es möglich, den Erdschluss zuverlässig zu erfassen und seine Gefahren zu vermeiden.

**[0075]** Die oben beschriebenen Ausführungsbeispiele und verschiedenen Modifikationen sind ledig-

lich Beispiele. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf deren Inhalt begrenzt, es sei denn, die Merkmale der Erfindung sind unbrauchbar. Die vorliegende Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen Ausführungsformen beschränkt, sondern kann auf verschiedene Arten modifiziert werden, ohne den Schutzzumfang der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

**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 2007-244104 A [0004]

### Patentansprüche

1. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100), die durch Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) entsprechender Phasen (U, V, W) mit einem elektrischen Motor (300) verbunden ist, um den elektrischen Motor (300) anzusteuern, mit einer Mehrzahl von Schaltelementen (52, 62), die jeweils mit den Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) verbunden sind, wobei die Schaltelemente (52, 62) dem oberen und dem unteren Zweig der Phasen (U, V, W) entsprechen, einer Steuereinheit (200), die den Betrieb der Schaltelemente (52, 62) steuert, einem Glättungskondensator (51), der parallel zu Reihenschaltungen (50) des oberen und des unteren Zweigs der Phasen (U, V, W) geschaltet ist, und einer Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität, die einen Wert erfasst, der in Beziehung zu dem Isolationszustand einer jeden der Ausgangsleitungen (60u, 60v, 60w) steht, und einen Erdschluss der Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) auf der Grundlage einer Neigung einer zeitlichen Änderung des erfassten Wertes erfasst.

2. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach Anspruch 1 ferner aufweisend eine Schaltung (120) zum Festlegen eines virtuellen neutralen Punkts, die einen virtuellen neutralen Punkt potentialmäßig äquivalent zu einem neutralen Punkt des elektrischen Motors (300) festlegt, wobei die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität einen Spannungswert des virtuellen neutralen Punkts erfasst als den Wert, der in Beziehung zu dem Isolationszustand der Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) steht.

3. Elektrische Motoransteuervorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität einen Wert einer Spannung über dem Glättungskondensator (51) als den Wert erfasst, der zu dem Isolationszustand der Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) in Beziehung steht.

4. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Werts, wenn alle Schaltelemente (52, 62), die den oberen Zweigen entsprechen, in einem eingeschalteten Zustand sind, kleiner ist als ein vorbestimmter Schwellenwert, wobei die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität die Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) bestimmt, die geerdet werden soll.

5. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach Anspruch 4, wobei die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität den Schwellenwert festlegt auf der Grundlage einer Strommenge, die durch den Glättungskondensator (51) fließt.

6. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach Anspruch 4, wobei die Steuereinheit (200) den Betrieb der Schaltelemente (52, 62) für jede konstante PWM-Periode steuert, und wobei die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität den Wert, der in Beziehung zu dem Isolationszustand der Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) steht, mehrmals während einer Periode erfasst, in der sich alle Schaltelemente (52, 62), die den oberen Zweigen entsprechen, innerhalb der PWM-Periode im eingeschalteten Zustand befinden.

7. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach Anspruch 6, wobei die Neigung der zeitlichen Änderung des erfassten Werts, wenn alle Schaltelemente (52, 62), die den oberen Zweigen entsprechen, während zwei oder mehr aufeinanderfolgender PWM-Perioden im eingeschalteten Zustand sind, kleiner ist als der vorgegebene Schwellenwert, die Einheit zur Erfassung einer Abnormalität die Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) bestimmt, die geerdet werden soll.

8. Elektrische Motoransteuerungsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der elektrische Motor (300) kraftbetrieben ist und die Einheit (230) zur Erfassung einer Abnormalität den Erdschluss der Ausgangsleitung (60u, 60v, 60w) erfasst.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

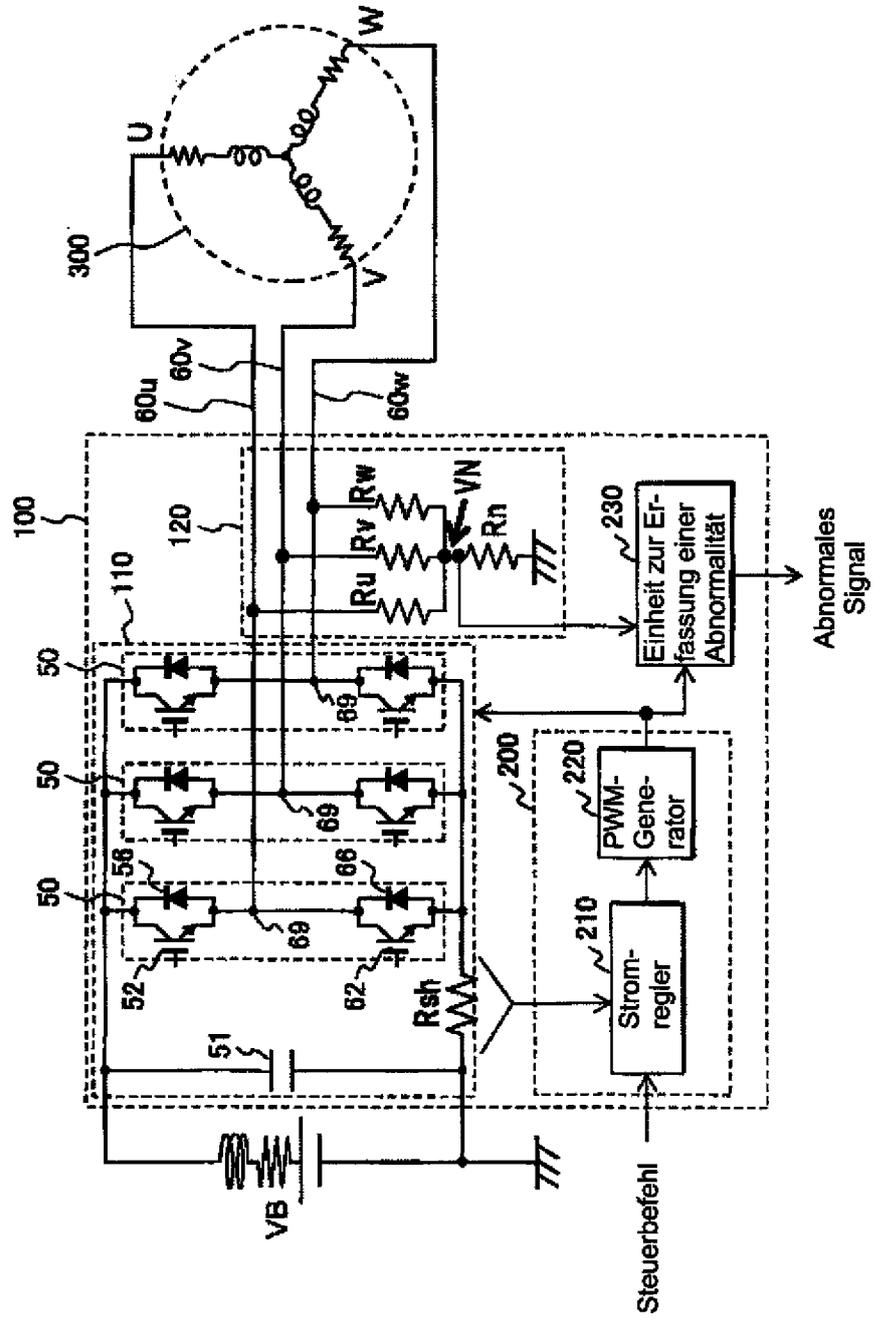
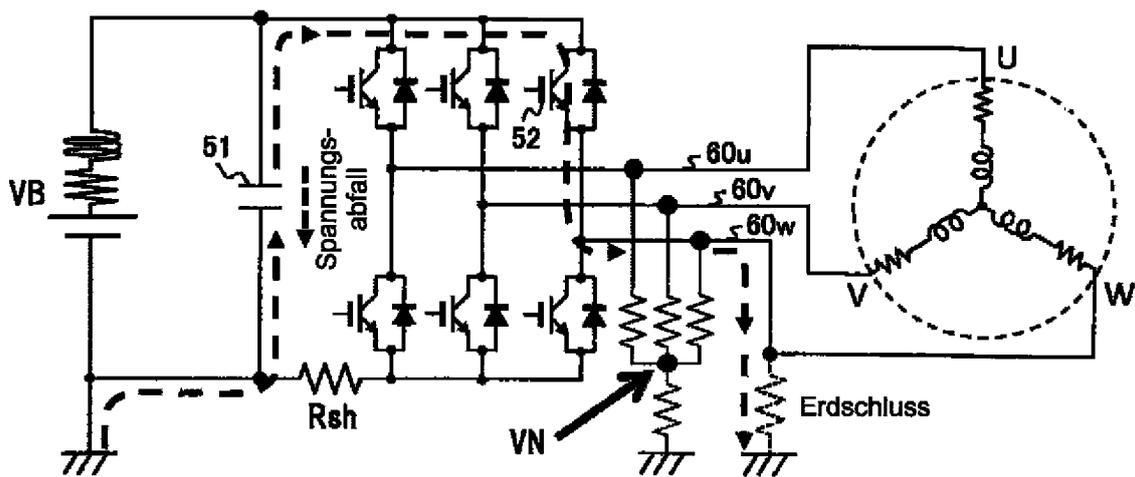


FIG. 2



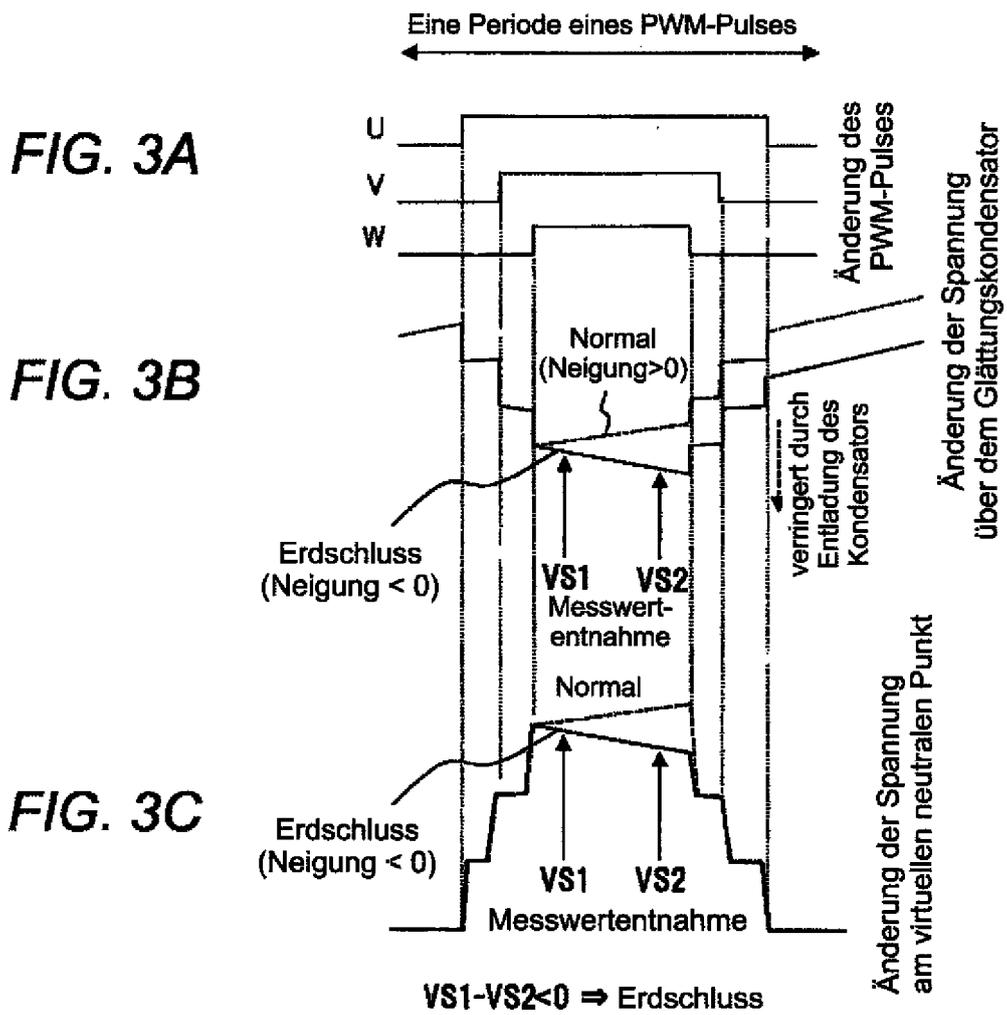


FIG. 4

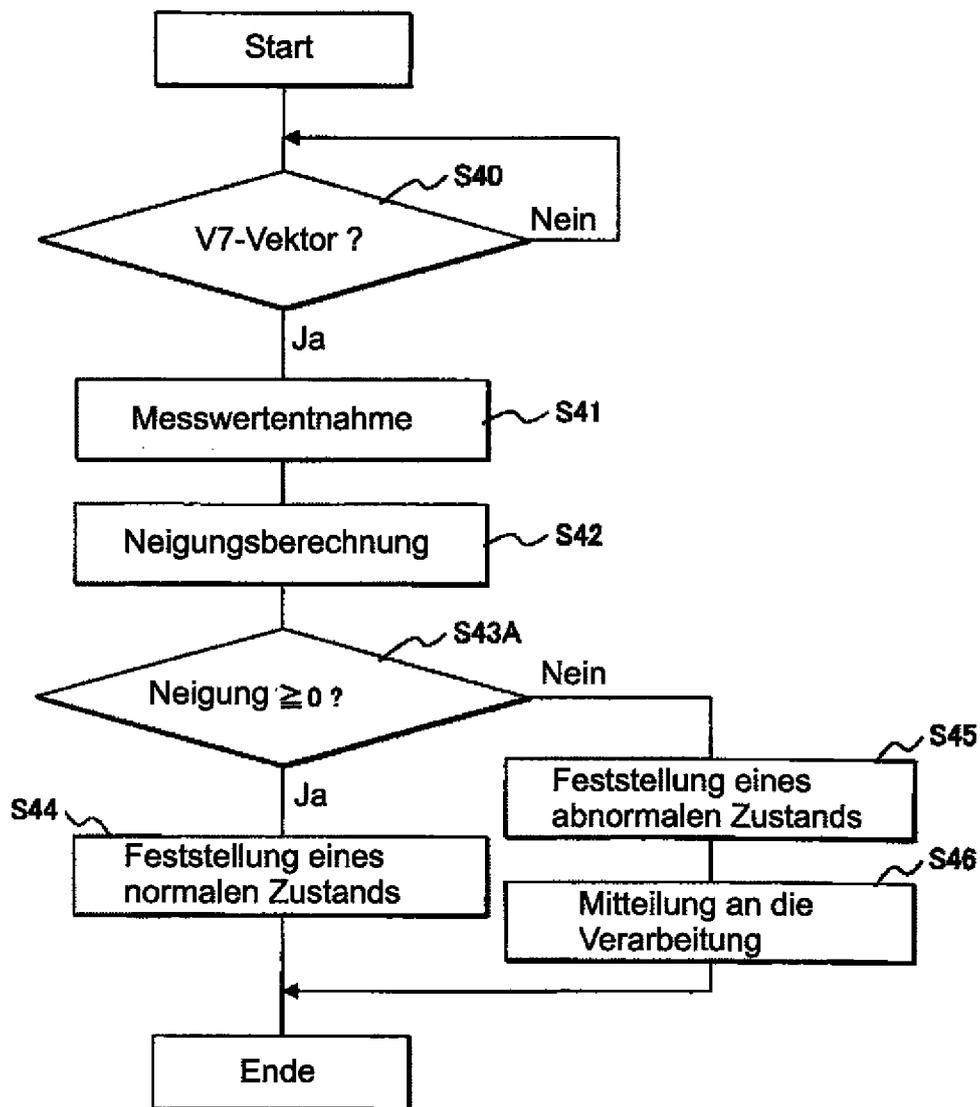


FIG. 5

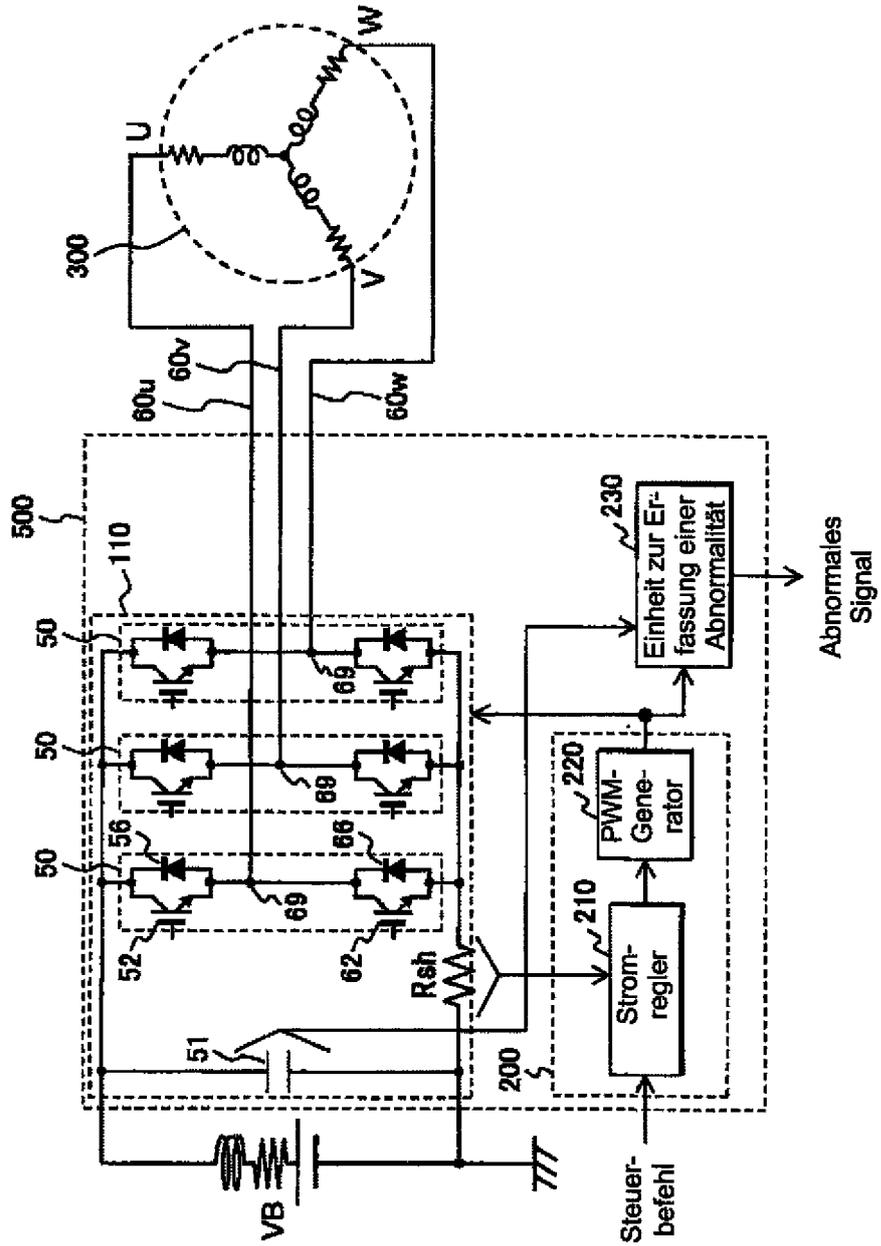


FIG. 6

