



(10) **DE 10 2007 013 576 B4** 2018.02.22

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 013 576.0**  
(22) Anmeldetag: **21.03.2007**  
(43) Offenlegungstag: **08.11.2007**  
(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **22.02.2018**

(51) Int Cl.: **H02P 17/00 (2006.01)**  
**H02P 21/00 (2016.01)**

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

(30) Unionspriorität:  
**2006-078554 22.03.2006 JP**

(73) Patentinhaber:  
**Honda Motor Co., Ltd., Tokyo, JP**

(74) Vertreter:  
**Mitscherlich, Patent- und Rechtsanwälte  
PartmbB, 80331 München, DE**

(72) Erfinder:  
**Atarashi, Hirofumi, Wako, Saitama, JP; Isegawa,  
Hiroyuki, Wako, Saitama, JP**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

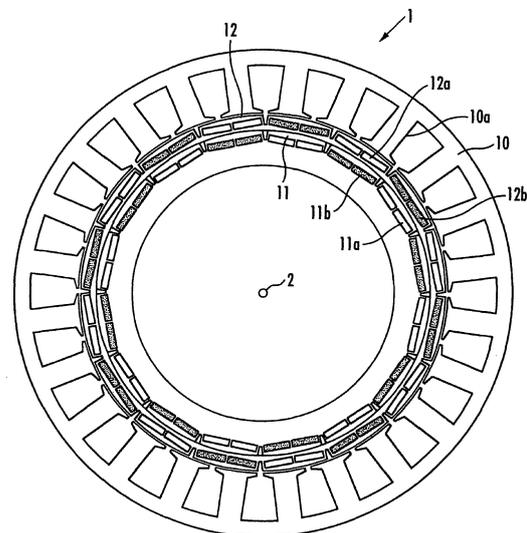
<b>US</b>	<b>65 63 246</b>	<b>B1</b>
<b>US</b>	<b>67 74 591</b>	<b>B2</b>
<b>US</b>	<b>68 79 125</b>	<b>B2</b>
<b>JP</b>	<b>2002- 204 541</b>	<b>A</b>

**Kawamura A.(u.A.): Analysis on the Two Axis  
Motor (Super Motor) for Electric Vehicles, IEEE,  
AMC 2004 Kawasaki, Japan;**

(54) Bezeichnung: **Motorsteuerung**

(57) Hauptanspruch: Motorsteuerung, die ausgelegt ist, einen Betrieb eines Dauermagnetfeld-Drehmotors mit einem ersten Rotor (12) und einem zweiten Rotor (11), die mehrere durch Dauermagnete erzeugte Felder aufweisen und die um eine Drehachse angeordnet sind, durch Feldsteuerung zu steuern, die durch Änderung einer Rotorphasendifferenz, die eine Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor (12) und dem zweiten Rotor (11) ist, ausgeführt wird, wobei die Steuerung umfasst:  
eine Wechselrichterschaltung (62), die von einer Gleichstromquelle bereitgestellten Gleichstrom in Mehrphasenwechselstrom umwandelt, der in einen Motoranker gespeist wird;  
ein Rotorphasendifferenzschiebermittel (30, 25), das die Rotorphasendifferenz ändert;  
ein Gleichspannungswandlernmittel (101), das eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) ändert; und  
ein Klemmenspannungserhöhungsmittel, das wenigstens eine erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, um die Rotorphasendifferenz in eine Richtung zur Verringerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder durch das Rotorphasendifferenzschiebermittel (30, 25) zu ändern, oder eine zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durchführt, um eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) durch das Gleichspannungswandlernmittel (101) in dem Fall zu erhöhen, in dem der Betrag (Vp) eines resultierenden Vektors

(V) der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors eine Sollspannung ( $V_{p\_soll}$ ) übersteigt, die festgelegt wurde, nicht größer als eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) zu sein.



**Beschreibung**

## HINTERGRUND DER ERFINDUNG

## 1. Gebiet der Erfindung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Motorsteuerung, die ausgelegt ist, eine Feldschwächungssteuerung eines Dauermagnetfeld-Drehmotors durch Ändern einer Phasendifferenz zwischen zwei um eine Drehachse angeordnete Rotoren durchzuführen.

## 2. Beschreibung des Stands der Technik

**[0002]** Bis jetzt ist ein Dauermagnetfeld-Drehmotor bekannt, der mit einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor ausgestattet ist, die konzentrisch um eine Drehachse bereitgestellt sind, und der ausgelegt ist, die Feldschwächungssteuerung durch Ändern einer Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor und dem zweiten Rotor entsprechend einer Drehgeschwindigkeit auszuführen (siehe zum Beispiel die japanische offen gelegte Patentanmeldung JP 2002-204 541 A).

**[0003]** In einem solchen herkömmlichen Motor sind der erste Rotor und der zweite Rotor durch das Zwischenstück eines Elements verbunden, das sich in Radialrichtung verlagert, wenn es einer Zentrifugalkraft ausgesetzt ist. Der Motor ist derart ausgelegt, dass, wenn sich der Motor in einem Haltezustand befindet, die Magnetpole der in dem ersten Rotor angeordneten Dauermagnete und die Magnetpole der in dem zweiten Rotor angeordneten Dauermagnete in dieselbe Richtung ausgerichtet sind, was maximale magnetische Flüsse des Felds bereitstellt. Während die Motordrehgeschwindigkeit zunimmt, vergrößert sich die Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor und dem zweiten Rotor auf Grund einer Zentrifugalkraft, was folglich die magnetischen Flüsse des Felds verringert.

**[0004]** Fig. 14 stellt einen Bereich dar, in dem das Motorfeld abgeschwächt werden muss, wobei die Ordinatenachse das Abtriebsdrehmoment  $T_r$  und die Abszissenachse die Umdrehungszahl  $N$  kennzeichnet. In Fig. 14 kennzeichnet ein Buchstabe „u“ eine orthogonale Linie des Motors. Die Linie u wird durch Verbinden der Punkte gebildet, an denen eine Phasenspannung des Motors gleich einer Speisespannung wird, abhängig von einer Kombination der Umdrehungszahl und eines Abtriebsdrehmoments, wenn der Motor ohne Durchführung der Feldschwächungssteuerung betrieben wird. Ein Buchstabe X in der Figur kennzeichnet einen Bereich, in dem die Feldschwächung nicht erforderlich ist, während ein Buchstabe Y einen Bereich kennzeichnet, in dem die Feldschwächung erforderlich ist.

**[0005]** Wie in Fig. 14 dargestellt ist, wird der Bereich Y, in dem die Feldschwächung erforderlich ist, durch die Umdrehungszahl  $N$  und das Abtriebsdrehmoment  $T_r$  des Motors bestimmt. Folglich neigt bei der herkömmlichen Feldschwächungssteuerung, die nur von der Umdrehungszahl abhängt, ein Feldschwächungssteuerungsbetrag dazu, ungünstigerweise überhöht oder nicht ausreichend zu sein.

**[0006]** Grundlegend beabsichtigt die Feldschwächungssteuerung, eine elektromotorische Gegenkraft zu verringern, die in einem Anker durch die Umdrehung des Motors erzeugt wird, um so eine Ankerklemmenspannung zu hindern, größer als eine Speisespannung zu werden, wodurch es möglich ist, den Motor in einem größeren Umdrehungsbereich zu verwenden. Wenn die Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor und dem zweiten Rotor durch Verändern der Umdrehungszahl des Motors oder einer Zentrifugalkraft geändert wird, ist lediglich die Umdrehungszahl der Parameter zur Änderung der Feldschwächungshöhe. Dies verhindert ungünstigerweise flexible Änderungen des steuerbaren Bereichs eines Abtriebsmoments oder einer Umdrehungszahl des Motors.

**[0007]** Bei einem Motor, der ebenfalls als Generator arbeitet, wird die Betriebsleistung durch Verwenden unterschiedlicher Feldsteuerungsbeträge für einen Antriebsbetrieb (positives Abtriebsdrehmoment) bzw. einem Energieerzeugungsbetrieb (negatives Abtriebsdrehmoment) für dieselbe Umdrehungszahl verbessert. Ferner kann der Feldsteuerungsbetrag ungünstigerweise nicht zwischen dem Antriebsbetrieb und dem Energieerzeugungsbetrieb geändert werden, wenn die Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor und dem zweiten Rotor durch die Umdrehungszahl oder eine Zentrifugalkraft geändert wird.

## ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

**[0008]** Die vorliegende Erfindung wurde mit Blick auf den zuvor genannten Hintergrund gemacht und es ist ein Ziel der Erfindung, eine Motorsteuerung bereitzustellen, die in der Lage ist, eine effiziente Erregungssteuerung gemäß einem Betriebszustand des Motors zu erreichen, ohne von einer Umdrehungszahl des Motors bei dem Betrieb des Motors abzuhängen, der zwei um eine Drehachse angeordnete Rotoren aufweist.

**[0009]** Zu diesem Zweck ist gemäß der vorliegenden Erfindung eine Motorsteuerung bereitgestellt, die ausgelegt ist, den Betrieb eines Dauermagnetfeld-Drehmotors mit einem ersten Rotor und einem zweiten Rotor, die mehrere durch Dauermagnete erzeugte Felder aufweisen und die um eine Drehachse angeordnet sind, durch eine Feldsteuerung zu steuern, die durch Ändern einer Rotorphasendifferenz, die die Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor und

dem zweiten Rotor ist, durchgeführt wird. Die Feldsteuerung umfasst eine Feldschwächungssteuerung zur Verringerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder und eine Feldstärkungssteuerung zur Vergrößerung der Flüsse der Motorfelder.

**[0010]** Eine Motorsteuerung gemäß einem ersten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung beinhaltet: eine Wechselrichterschaltung zur Umwandlung von Gleichstrom, der von einer Gleichstromquelle geliefert wird, in Mehrphasenwechselstrom, der in einen Motoranker gespeist wird; einen Rotorphasendifferenzschieber zur Änderung der Rotorphasendifferenz; einen Gleichspannungswandler zur Änderung einer Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle; und einen Klemmenspannungserhöher, der wenigstens eine erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, um die Rotorphasendifferenz in eine Richtung zur Verringerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder durch den Rotorphasendifferenzschieber zu ändern, oder eine zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durchführt, um eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle durch den Gleichspannungswandler in dem Fall zu erhöhen, in dem der Betrag eines resultierenden Vektors von Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors eine Sollspannung übersteigt, die festgelegt wurde, nicht größer als eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle zu sein.

**[0011]** Mit dieser Anordnung nimmt, wenn der Betrag eines resultierenden Vektors von Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors die Sollspannung übersteigt, die Erregungshöhe des Motors durch die Wechselrichterschaltung ab und ein Abtriebsdrehmoment des Motors verringert sich entsprechend. In diesem Fall führt der Klemmenspannungserhöher daher die erste Verarbeitung zur Änderung der Rotorphasendifferenz in die Richtung aus, die magnetischen Flüsse der Motorfelder zu verringern, um so eine elektromotorische Gegenkraft des Motors zu verringern, was es ermöglicht, die Erregungshöhe des Motors zu vergrößern. Es ist ebenfalls möglich, die Erregungshöhe des Motors durch Ausführen der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung zu vergrößern, um eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle durch den Klemmenspannungserhöher zu vergrößern. Die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung werden durch den Klemmenspannungserhöher basierend auf dem Betrag eines resultierenden Vektors von Klemmenspannungen in dem Motor anstatt einer Umdrehungszahl des Motors durchgeführt. Dies ermöglicht es, den Motor effizient zu betreiben, indem eine erforderliche Erregungshöhe gemäß einer Betriebsbedingung des Motors sichergestellt ist.

**[0012]** Bevorzugt führt der Klemmenspannungserhöher die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vor der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch, wenn der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors die zuvor genannte Sollspannung übersteigt und führt danach die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch, wenn der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors größer bleibt als die Sollspannung, selbst wenn die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt wurde.

**[0013]** Mit dieser Anordnung führt dann in dem Fall, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors die Sollspannung übersteigt, der Klemmenspannungserhöher die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung zuerst aus, um die magnetischen Flüsse der Motorfelder zu verringern. In dem Fall, in dem die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung den Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannung in dem Motor veranlasst, gleich oder kleiner als die Sollspannung zu werden, kann die Motorerregung dann durch die Wechselrichterschaltung erhalten werden. In dem Fall unterdessen, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannung in dem Motor noch höher als die Sollspannung ist, nachdem die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt wurde, wird dann die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt, um eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle zu vergrößern, um so zu ermöglichen, den Betriebsbereich des Motors zu erweitern, innerhalb dessen der Motor durch die Wechselrichterschaltung erregt werden kann.

**[0014]** Bevorzugt wird ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert gesteuert und der Klemmenspannungserhöher bestimmt die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts.

**[0015]** Mit dieser Anordnung benötigt die mechanische Verarbeitung zur Änderung der Rotorphasendifferenz durch den Rotorphasendifferenzschieber in der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung länger, um auf einen Änderungssteuerwert zu reagieren, als die elektrische Verarbeitung in der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, wobei eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle durch den Gleichspannungswandler geändert wird. Aus diesem Grund wird dann abhängig von einer Änderungsrate des Drehmoment-

steuerwerts, wenn zum Beispiel die Änderungsrate größer ist als ein voreingestellter Referenzwert, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine kleinere Reaktionszeit erfordert, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Erregungshöhe des Motors Priorität eingeräumt werden kann. In dem Fall, in dem die Änderungsrate gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Motorbetriebsleistung Priorität eingeräumt werden kann.

**[0016]** Bevorzugt bestimmt der Klemmenspannungserhöher die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf einem Differenzbetrag zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors und der Sollspannung.

**[0017]** Mit dieser Anordnung wird dann abhängig von einem Differenzbetrag zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors und der Sollspannung, wenn zum Beispiel die Differenz größer als ein voreingestellter Referenzwert ist, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine kleinere Reaktionszeit erfordert, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Erregungshöhe des Motors Priorität eingeräumt werden kann. In dem Fall, in dem die Differenz gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Motorbetriebsleistung Priorität eingeräumt werden kann.

**[0018]** Bevorzugt beinhaltet die Motorsteuerung einen Rotorstellungsdetektor, der eine Stellung des ersten Rotors detektiert; und eine Erregungssteuerungseinheit, die den Motor durch Umformung des Motors in eine Äquivalenzschaltung handhabt, basierend auf einem rotierenden Zweiphasengleichstromkoordinatensystem, das sich aus einer d-Achse, die die Richtung eines magnetischen Feldflusses angibt, und einer zu der d-Achse orthogonalen q-Achse zusammensetzt, basierend auf der Stellung des ersten Rotors, und die die Erregungshöhe eines auf jeder Achse angeordneten Ankers in der Äquivalenzschaltung steuert und dadurch die Motorerregung, wobei der Klemmenspannungserhöher wenigstens die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung oder eine dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausführt, wodurch die Erregungshöhe des auf der d-Achse angeordneten Ankers in der Erregungssteuerung in dem Fall vergrößert wird, in dem der Betrag eines resul-

tierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor die Sollspannung übersteigt.

**[0019]** Mit dieser Anordnung führt der Klemmenspannungserhöher die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch, wodurch die Erregungshöhe des auf der d-Achse angeordneten Ankers zusätzlich zu der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vergrößert wird, was es somit ermöglicht, eine in dem Motor erzeugte elektromotorische Gegenspannung weiter zu verringern. Dies ermöglicht es, dass der Motor in einem höheren Drehbereich betrieben wird.

**[0020]** Bevorzugt führt der Klemmenspannungserhöher die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vor der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall aus, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor die Sollspannung übersteigt, und führt die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall aus, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor größer als die Sollspannung bleibt, selbst nachdem die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt wurden.

**[0021]** Mit dieser Anordnung führt dann in dem Fall, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor die Sollspannung übersteigt, der Klemmenspannungserhöher die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vor der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung aus. Dies ermöglicht es zu verhindern, dass sich die Betriebsleistung des Motors auf Grund eines Anstiegs der Erregungshöhe des d-Achsen-Ankers durch die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung verringert.

**[0022]** Bevorzugt wird ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert gesteuert und der Klemmenspannungserhöher bestimmt die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts.

**[0023]** Mit dieser Anordnung wird dann abhängig von einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts, wenn zum Beispiel die Änderungsrate größer ist als ein voreingestellter Referenzwert, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung

oder die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die elektrische Verarbeitungen sind und eine kleinere Reaktionszeit erfordern, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Erregungshöhe des Motors Priorität eingeräumt werden kann. In dem Fall, in dem die Änderungsrate gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, wodurch die Erregungshöhe des Motors verringert wird, obwohl es eine mechanische Verarbeitung ist und eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Motorbetriebsleistung Priorität eingeräumt werden kann.

**[0024]** Bevorzugt bestimmt der Klemmenspannungserhöher die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Sollspannung.

**[0025]** Mit dieser Anordnung wird dann abhängig von einem Differenzbetrag zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Sollspannung, wenn zum Beispiel die Differenz größer ist als ein voreingestellter Referenzwert, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung oder die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine kleinere Reaktionszeit erfordern, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Erregungshöhe des Motors Priorität eingeräumt werden kann. In dem Fall, in dem die Differenz gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass der Erhaltung der Motorbetriebsleistung Priorität eingeräumt werden kann.

**[0026]** Eine Motorsteuerung gemäß einem zweiten Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung beinhaltet: eine Wechselrichterschaltung zur Umwandlung von Gleichstrom, der von einer Gleichstromquelle geliefert wird, in Mehrphasenwechselstrom, der in einen Motoranker gespeist wird; einen Rotorphasendifferenzschieber zur Änderung der Rotorphasendifferenz; einen Gleichspannungswandler zur Änderung einer Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle; und einen Klemmenspannungsreduzierer, der wenigstens eine erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, um die Rotorphasendifferenz in eine Richtung zur Vergrößerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder durch den Rotorphasendifferenzschieber zu ändern, oder eine zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durchführt, um eine Ausgangsspannung der

Gleichspannungsquelle durch den Gleichspannungswandler in dem Fall zu verringern, in dem der Betrag eines resultierenden Vektors von Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner als eine Sollspannung wird, die festgelegt wurde, nicht größer als eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle zu sein.

**[0027]** Mit dieser Anordnung steigt dann in dem Fall, in dem der Betrag eines resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner wird als die Sollspannung, die Verlustleistung, die auftritt, wenn die Gleichspannung in der Wechselrichterschaltung in die Mehrphasenwechselspannung umgewandelt wird. In diesem Fall führt daher der Klemmenspannungsreduzierer die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch Ändern der Rotorphasendifferenz aus, so dass die magnetischen Flüsse der Motorfelder vergrößert werden können, um die Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen anzuheben. Dies wiederum ermöglicht, eine Differenz zwischen dem Betrag eines resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Sollspannung zu reduzieren, was folglich eine Verringerung der Verlustleistung in der Wechselrichterschaltung ermöglicht.

**[0028]** Eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle kann durch Ausführen der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch Ändern einer Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle durch den Klemmenspannungsreduzierer verringert werden. Dies ermöglicht es wiederum, eine Differenz zwischen dem Betrag eines resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Spannung der Gleichspannungsquelle, die der Wechselrichterschaltung zugeführt wird, zu verringern, was folglich eine Verringerung der Verlustleistung in der Wechselrichterschaltung ermöglicht. Die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung werden basierend auf dem Betrag eines resultierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor anstelle einer Umdrehungszahl des Motors ausgeführt. Somit ist es möglich, eine Betriebsleistungsverschlechterung des Motors gemäß einer Betriebsbedingung des Motors einzuschränken.

**[0029]** Bevorzugt führt der Klemmenspannungsreduzierer die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung vor der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung in dem Fall aus, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner wird als die zuvor genannte Sollspannung und führt dann die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung in dem

Fall aus, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner bleibt als die Sollspannung, selbst nachdem die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung ausgeführt wurde.

**[0030]** Mit dieser Anordnung führt dann in dem Fall, in dem der Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner wird als die Sollspannung, der Klemmenspannungsreduzierer die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung zuerst aus, um die magnetischen Flüsse der Motorfelder zu vergrößern. Die Ausführung der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung bringt den Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen in dem Motor nahe an die Sollspannung. Dies ermöglicht es, die Verlustleistung in der Wechselrichterschaltung zu verringern und die Erregungshöhe des Motors zu reduzieren.

**[0031]** Bevorzugt wird ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert gesteuert und der Klemmenspannungsreduzierer bestimmt die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts.

**[0032]** Mit dieser Anordnung wird dann abhängig von einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts, wenn zum Beispiel die Änderungsrate größer als ein voreingestellter Referenzwert ist, die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die eine elektrische Verarbeitung ist und eine kürzere Reaktionszeit erfordert, zuerst ausgeführt, so dass eine Betriebsbedingung der Wechselrichterschaltung sofort gemäß einer Änderung eines Abtriebsdrehmoments des Motors geändert werden kann. In dem Fall, in dem die Änderungsrate gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die es ermöglicht, die Erregungshöhe des Motors zu reduzieren, obwohl sie eine mechanische Verarbeitung ist und eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass die Betriebsbedingung der Wechselrichterschaltung geändert werden kann.

**[0033]** Bevorzugt bestimmt der Klemmenspannungsreduzierer die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung basierend auf dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Sollspannung.

**[0034]** Mit dieser Anordnung wird dann abhängig von dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag des resultierenden Vektors der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors und der Sollspannung, wenn zum Beispiel die Differenz größer als ein voreingestellter Referenzwert ist, die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die eine kürzere Reaktionszeit erfordert, zuerst ausgeführt, so dass eine Betriebsbedingung der Wechselrichterschaltung sofort gemäß einer Änderung eines Abtriebsdrehmoments des Motors geändert werden kann. In dem Fall, in dem die Differenz gleich dem Referenzwert oder kleiner ist, wird dann die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die es ermöglicht, die Erregungshöhe des Motors zu reduzieren, obwohl sie eine längere Reaktionszeit benötigt, zuerst ausgeführt, so dass eine Betriebsbedingung der Wechselrichterschaltung geändert werden kann.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0035]** Fig. 1 ist ein Anordnungsdiagramm eines bürstenlosen Gleichstrommotors, der mit einem Doppelrotor ausgestattet ist;

**[0036]** Fig. 2(a) und Fig. 2(b) sind ein Anordnungsdiagramm bzw. ein erläuterndes Betriebsdiagramm eines Mechanismus zur Änderung einer Phasendifferenz zwischen einem Außenrotor und einem Innenrotor des in Fig. 1 dargestellten bürstenlosen Gleichstrommotors;

**[0037]** Fig. 3(a) und Fig. 3(b) sind erläuternde Diagramme der Vorteile, die durch Änderung der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor und dem Innenrotor bereitgestellt werden;

**[0038]** Fig. 4 ist ein erläuterndes Diagramm der Vorteile, die durch Änderung der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor und dem Innenrotor bereitgestellt werden;

**[0039]** Fig. 5 ist ein Steuerblockdiagramm einer Motorsteuerung;

**[0040]** Fig. 6 ist ein Spannungszeigerdiagramm in einem d-q-Koordinatensystem;

**[0041]** Fig. 7(a) ist ein erläuterndes Diagramm einer Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstanten und Fig. 7(b) ist eine Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstanten und einer Induktanz eines q-Achsen-Ankers;

**[0042]** Fig. 8(a), Fig. 8(b), Fig. 8(c) und Fig. 8(d) sind erläuternde Diagramme der durch Schwächung

der Felder und Vergrößerung einer Versorgungsspannung erzielten Vorteile;

**[0043]** Fig. 9(a), Fig. 9(b), Fig. 8(c) und Fig. 9(d) sind erläuternde Diagramme der durch Stärkung der Felder und Verkleinerung einer Versorgungsspannung erzielten Vorteile;

**[0044]** Fig. 10 ist ein Ablaufflussdiagramm zur Bestimmung der Ausführungsreihenfolge, um einen resultierenden Vektor der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors nahe an einen Sollspannungskreis zu bringen;

**[0045]** Fig. 11 ist ein Ablaufflussdiagramm, um einen resultierenden Vektor der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors nahe an einen Sollspannungskreis zu bringen;

**[0046]** Fig. 12 ist ein erläuterndes Diagramm einer Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstante;

**[0047]** Fig. 13 ist ein Ablaufflussdiagramm zur Änderung einer Rotorphasendifferenz durch einen Aktor; und

**[0048]** Fig. 14 ist ein erläuterndes Diagramm, das einen Bereich darstellt, in dem eine Feldschwächung in dem Motor erforderlich ist.

#### BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

**[0049]** Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird mit Bezug auf Fig. 1 bis Fig. 13 erläutert werden. Fig. 1 ist ein Anordnungsdiagramm eines bürstenlosen Gleichstrommotors, der mit einem Doppelrotor ausgestattet ist, Fig. 2(a) und Fig. 2(b) sind ein Anordnungsdiagramm bzw. ein erläuterndes Betriebsdiagramm eines Mechanismus zur Änderung einer Phasendifferenz zwischen einem Außenrotor und einem Innenrotor des in Fig. 1 dargestellten bürstenlosen Gleichstrommotors, Fig. 3 und Fig. 4 sind erläuternde Diagramme der Vorteile, die durch Änderung der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor und dem Innenrotor bereitgestellt werden, Fig. 5 ist ein Steuerblockdiagramm einer Motorsteuerung, Fig. 6 ist ein Spannungszeigerdiagramm in einem d-q-Koordinatensystem, Fig. 7 stellt erläuternde Diagramme einer Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstante und eine Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstante und einer Induktanz eines q-Achsen-Ankers dar, Fig. 8 stellt erläuternde Diagramme der durch Schwächung eines Feldes und Vergrößerung einer Versorgungsspannung erhaltenen Vorteile dar, Fig. 9 stellt erläuternde Diagramme der durch Stärkung der Felder und Verkleinerung einer Versor-

gungsspannung erhaltenen Vorteile dar, Fig. 10 ist ein Ablaufflussdiagramm zur Bestimmung der Ausführungsreihenfolge, um einen resultierenden Vektor der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors nahe an einen Sollspannungskreis zu bringen, Fig. 11 ist ein Ablaufflussdiagramm, um einen resultierenden Vektor der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors nahe an einen Sollspannungskreis zu bringen, Fig. 12 ist ein erläuterndes Diagramm einer Abbildung zur Bestimmung einer Rotorphasendifferenz aus einer Induktionsspannungskonstante und Fig. 13 ist ein Ablaufflussdiagramm zur Änderung einer Rotorphasendifferenz durch einen Aktor.

**[0050]** In Fig. 1 ist ein Motor 1 in der vorliegenden Ausführungsform ein bürstenloser Gleichstrommotor, der mit einem Innenrotor 11 (der einem zweiten Rotor in der vorliegenden Erfindung entspricht), der Felder von Dauermagneten 11a und 11b aufweist, die in gleichen Abständen in Umfangsrichtung angeordnet sind, einem Außenrotor 12 (der einem ersten Rotor in der vorliegenden Erfindung entspricht), der Felder von Dauermagneten 12a und 12b aufweist, die in gleichen Abständen in Umfangsrichtung angeordnet sind, und einem Stator 10 ausgestattet ist, der einen Anker 10a zur Erzeugung von Rotationsfeldern in Bezug zu dem Innenrotor 11 und dem Außenrotor 12 aufweist. Der Motor 1 wird als Antriebsquelle zum Beispiel eines Hybridfahrzeugs oder eines elektrisch betriebenen Fahrzeugs verwendet und arbeitet als Motor und Generator, wenn er in einem Hybridfahrzeug angebracht ist.

**[0051]** Der Innenrotor 11 und der Außenrotor 12 sind konzentrisch derart angeordnet, dass ihre Drehachsen beide zu einer Drehachse 2 des Motors 1 koaxial sind. In dem Innenrotor 11 sind die Dauermagnete 11a mit ihren Nordpolen der Drehachse 2 gegenüberliegend und die Dauermagnete 11b mit ihren Südpolen der Drehachse 2 gegenüberliegend abwechselnd angeordnet. Ähnlich sind in dem Außenrotor 12 die Dauermagnete 12a mit ihren Nordpolen der Drehachse 2 gegenüberliegend und die Dauermagnete 12b mit ihren Südpolen der Drehachse 2 gegenüberliegend abwechselnd angeordnet.

**[0052]** Der Motor 1 umfasst ferner einen Planetengetriebemechanismus 30, der in Fig. 2(a) dargestellt ist, um eine Rotorphasendifferenz zu ändern, die eine Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor 12 und dem Innenrotor 11 ist. In Fig. 2(a) ist der Planetengetriebemechanismus 30 ein Einritzelplanetengetriebemechanismus, der in einem hohlen Bereich des Innenrotors 11 an seiner inneren Umfangsseite angeordnet ist. Der Planetengetriebemechanismus 30 umfasst einen ersten Zahnkranz R1, der koaxial und in einem Stück mit dem Außenrotor 12 ausgebildet ist, einen zweiten Zahnkranz R2, der koaxial und in einem Stück mit dem Innenrotor 11 ausgebildet ist, ein

erstes Planetenrad **31**, das mit dem ersten Zahnkranz R1 in Eingriff steht, ein zweites Planetenrad **32**, das mit dem zweiten Zahnkranz R2 in Eingriff steht, ein Sonnenrad S, das ein Zwischenrad ist, das mit dem ersten Planetenrad **31** und dem zweiten Planetenrad **32** in Eingriff steht, einen ersten Planetenträger C1, der rotierend das erste Planetenrad **31** hält und der rotierend durch die Drehachse **2** gehalten wird, und einen zweiten Planetenträger C2, der rotierend das zweite Planetenrad **32** hält und der an dem Stator **10** befestigt ist.

**[0053]** In dem Planetengetriebemechanismus **30** weisen der erste Zahnkranz R1 und der zweite Zahnkranz R2 ungefähr denselben Zahnradbau auf und das erste Planetenrad **31** und das zweite Planetenrad **32** weisen ungefähr denselben Zahnradbau auf. Die Drehachse **33** des Sonnenrads S ist koaxial zu der Drehachse **2** des Motors **1** angeordnet und wird rotierend durch ein Lager **34** gehalten. Folglich ist der Planetengetriebemechanismus **30** derart aufgebaut, dass das erste Planetenrad **31** und das zweite Planetenrad **32** in Eingriff mit dem Sonnenrad S stehen und sich der Außenrotor **12** und der Innenrotor **11** im Gleichlauf drehen.

**[0054]** Ferner ist eine Drehachse **35** des ersten Planetenträgers C1 koaxial zu der Drehachse **2** des Motors **1** angeordnet und mit einem Aktor **25** verbunden. Der zweite Planetenträger C2 ist an dem Stator **10** befestigt.

**[0055]** Der Aktor **25** bewirkt hydraulisch, dass sich der erste Planetenträger C1 in Vorwärtsrichtung oder in Rückwärtsrichtung dreht oder schränkt die Drehung des ersten Planetenträgers C1 um die Drehachse **2** als Antwort auf ein von einer externen Quelle eingegebenes Steuersignal ein. Dann ändert sich, während der erste Planetenträger C1 durch den Aktor **25** gedreht wird, eine relative Lagebeziehung (Phasendifferenz) zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11**. Der Planetengetriebemechanismus **30** und der Aktor **25** bilden den Rotorphasendifferenzschieber in der vorliegenden Erfindung. Der Aktor **25** kann ein Aktor sein, der den ersten Planetenträger C1 elektrisch anstatt hydraulisch dreht.

**[0056]** Fig. 2(b) stellt eine Beziehung zwischen den Drehgeschwindigkeiten des ersten Zahnkranzes R1, dem ersten Planetenträger C1, dem Sonnenrad S, dem zweiten Planetenträger C2 und dem zweiten Zahnkranz R2 in dem Planetengetriebemechanismus **30** dar, wobei die Ordinatenachse eine Drehgeschwindigkeit  $V_r$  angibt.

**[0057]** In Fig. 2(b) ist die Geschwindigkeit des zweiten Planetenträgers C2, der an dem Stator **10** befestigt ist, Null. Dies bedeutet, dass sich zum Beispiel, wenn sich das Sonnenrad S in Rückwärtsrichtung dreht ( $V_r < 0$ ), der zweite Zahnkranz R2 und der In-

nenrotor **11** in Vorwärtsdrehrichtung ( $V_r > 0$ ) mit einer Geschwindigkeit basierend auf einem Übersetzungsverhältnis  $g_2$  relativ zu dem zweiten Zahnkranz R2 drehen.

**[0058]** Wenn der Aktor **25** nicht in Betrieb ist (wenn der erste Planetenträger C1 nicht durch den Aktor **25** gedreht wird), ist die Drehgeschwindigkeit des ersten Planetenträgers C1 Null. Folglich drehen sich der erste Zahnkranz R1 und der Außenrotor **12** in Rückwärtsrichtung relativ zu dem sich drehenden Sonnenrad S mit einer Geschwindigkeit basierend auf dem Übersetzungsverhältnis  $g_1$  des Sonnenrads S relativ zu dem ersten Zahnkranz R1. Das Übersetzungsverhältnis  $g_1$  und das Übersetzungsverhältnis  $g_2$  sind so festgelegt, dass sie ungefähr gleich sind ( $g_1 \approx g_2$ ), so dass sich der Innenrotor **11** und der Außenrotor **12** im Gleichlauf drehen, womit folglich die Phasendifferenz zwischen dem Innenrotor **11** und dem Außenrotor **12** auf einem konstanten Wert gehalten wird.

**[0059]** Wenn der Aktor **25** in Betrieb ist (wenn der erste Planetenträger C1 durch den Aktor **25** gedreht wird), drehen sich der erste Zahnkranz R1 und der Außenrotor **12** in Rückwärtsrichtung relativ zu dem sich drehenden Sonnenrad S mit einer Geschwindigkeit, die durch Vergrößern oder Verkleinern einer Geschwindigkeit basierend auf dem Übersetzungsverhältnis  $g_1$  des Sonnenrads S relativ zu dem ersten Zahnkranz R1 durch den Drehumfang des ersten Planetenträgers C1 erhalten wird. Dies ändert die Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11**.

**[0060]** Der Aktor **25** ist derart aufgebaut, dass er in der Lage ist, den ersten Planetenträger C1 in Vorwärtsrichtung oder Rückwärtsrichtung um wenigstens einen mechanischen Winkel  $\beta$  (Grad) =  $(180/P) \times g_1/(1 + g_1)$  relativ zu dem Übersetzungsverhältnis  $g_1$  des Sonnenrads S bezüglich des ersten Zahnkranzes R1 und der Anzahl an Polpaaren P des Motors **1** zu drehen.

**[0061]** Deshalb kann die Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11** in Richtung eines Voreilwinkels oder eines Nacheilwinkels innerhalb des Bereichs von wenigstens 180 Grad im Sinne des elektrischen Winkels geändert werden. Der Motor **1** kann, sofern angebracht, zwischen einem Feldschwächungsbetrieb, bei dem die Dauermagnete **12a** und **12b** des Außenrotors **12** und die Dauermagnete **11a** und **11b** des Innenrotors **11** mit denselben Polen einander gegenüberliegend angeordnet sind, und einem Feldstärkungsbetrieb, bei dem die Dauermagnete **12a** und **12b** des Außenrotors **12** und die Dauermagnete **11a** und **11b** des Innenrotors **11** mit entgegengesetzten Polen einander gegenüberliegend angeordnet sind, eingestellt werden.

**[0062]** Fig. 3(a) stellt den Feldstärkungsbetrieb dar. Die Richtungen der magnetischen Flüsse Q2 der Dauermagnete **12a** und **12b** des Außenrotors **12** und die Richtungen der magnetischen Flüsse Q1 der Dauermagnete **11a** und **11b** des Innenrotors **11** sind dieselben, die zu großen zusammengesetzten magnetischen Flüssen Q3 führen. Unterdessen stellt Fig. 3(b) den Feldschwächungsbetrieb dar. Die Richtungen der magnetischen Flüsse Q2 der Dauermagnete **12a** und **12b** des Außenrotors **12** und die Richtungen der magnetischen Flüsse Q1 der Dauermagnete **11a** und **11b** des Innenrotors **11** sind einander entgegengerichtet, was dazu führt, dass die zusammengesetzten magnetischen Flüsse Q3 kleiner sind.

**[0063]** Fig. 4 stellt einen Graphen dar, der die Induktionsspannungen vergleicht, die in einem Anker des Stators **10** erzeugt werden, wenn der Motor **1** mit einer vorgegebenen Umdrehungszahl in der in Fig. 3(a) dargestellten Betriebsart bzw. in der in Fig. 3(b) dargestellten Betriebsart betrieben wird, wobei die Ordinatenachse die Induktionsspannung (V) und die Abszissenachse den elektrischen Winkel (Grad) angibt. In dem Graph gibt „a“ die in Fig. 3(a) dargestellte Betriebsart an (die Feldstärkungsbetriebsart), während „b“ die in Fig. 3(b) dargestellte Betriebsart angibt (die Feldschwächungsbetriebsart). Fig. 4 zeigt, dass eine Änderung der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11** eine wesentliche Änderung einer erzeugten Induktionsspannung verursacht.

**[0064]** Folglich kann die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** durch Vergrößern oder Verkleinern der magnetischen Flüsse der Felder durch Ändern der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11** geändert werden. Dies ermöglicht es, einen Betriebsbereich bezüglich des Abtriebs und der Umdrehungszahl des Motors **1** zu erweitern, verglichen mit einem Fall, in dem die Spannungskonstante  $K_e$  konstant ist. Überdies kann die Betriebsleistung des Motors **1** gesteigert werden, da sich der Kupferverlust des Motors **1** verringert, verglichen mit einem Fall, in dem die Feldschwächungssteuerung durch Erregung des auf der d-Achse (Feldachse) angeordneten Ankers durch d-q-Koordinatenumwandlung durchgeführt wird, was gewöhnlich zur Motorsteuerung eingesetzt wird.

**[0065]** In Fig. 5 bis Fig. 13 wird nun die Motorsteuerung in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung erläutert. Die in Fig. 5 dargestellte Motorsteuerung (hierin nachstehend einfach als „die Steuerung“ bezeichnet) formt den Motor **1** in eine äquivalente Schaltung basierend auf einem rotierenden Zweiphasengleichstromkoordinatensystem um, in dem die Feldrichtung durch die d-Achse angegeben wird, während die zu der d-Achse orthogonale Richtung durch die q-Achse angegeben wird. Die Steuerung regelt die Erregungshöhe des Motors **1**

derart, dass ein Drehmoment basierend auf einem Drehmomentsteuerwert  $Tr_c$ , der von einer externen Quelle erhalten wird, von dem Motor **1** abgegeben wird.

**[0066]** Die Steuerung ist eine elektrische Einheit, die aus einer CPU, Speicher und dergleichen zusammengesetzt ist und beinhaltet einen Stromsteuererwertermittler **60**, der einen Steuerwert  $Id_c$  eines dem auf der d-Achse angeordneten Anker zuzuführenden Stroms (hierin nachstehend als „der d-Achsen-Strom“ bzw. „der d-Achsen-Anker“ bezeichnet) und einen Steuerwert  $Iq_c$  eines dem auf der q-Achse angeordneten Anker zuzuführenden Stroms (hierin nachstehend als „der q-Achsen-Strom“ bzw. „der q-Achsen-Anker“ bezeichnet) basierend auf einem Drehmomentsteuerwert  $Tr_c$  und einem Schätzwert  $\theta_{d_e}$  einer Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11** (Rotorphasendifferenz) des Motors **1** ermittelt, einen Dreiphasen/dq-Umwandler **75**, der einen d-Achsen-Stromerfassungswert  $Id_s$  und einen q-Achsen-Stromerfassungswert  $Iq_s$  durch Dreiphasen/dq-Umwandlung basierend auf den Stromerfassungssignalen, die durch Strommessgeber **70** und **71** ermittelt werden, aus denen unerwünschte Bestandteile durch einen Bandpassfilter **72** entfernt wurden, und einem Rotorwinkel  $\theta$  des Außenrotors **12**, der durch einen Messwandler **73** (der dem Rotorstellungsdetektionsmittel in der vorliegenden Erfindung entspricht) ermittelt wird, berechnet, eine Erregungssteuereinheit **50** (die dem Erregungssteuermittel in der vorliegenden Erfindung entspricht), die einen Steuerwert  $Vd_c$  einer Spannung zwischen den Klemmen des d-Achsen-Ankers (hierin nachstehend als „die d-Achsen-Spannung“ bezeichnet) und einen Steuerwert  $Vq_c$  einer Spannung zwischen den Klemmen des q-Achsen-Ankers (hierin nachstehend als „die q-Achsen-Spannung“ bezeichnet) derart ermittelt, dass eine Differenz  $\Delta Id$  zwischen dem Steuerwert  $Id_c$  und dem Erfassungswert  $Id_s$  des d-Achsen-Stroms und eine Differenz  $\Delta Iq$  zwischen dem Steuerwert  $Iq_c$  und dem Erfassungswert  $Iq_s$  des q-Achsen-Stroms verringert wird, einen  $r\theta$ -Umwandler **61**, der den Steuerwert  $Vd_c$  der d-Achsen-Spannung und den Steuerwert  $Vq_c$  der q-Achsen-Spannung in einen Teil eines Betrags  $V1$  und eines Winkels  $\theta$  umwandelt, und einen PWM-Rechner **62**, der die Teile des Betrags  $V1$  und des Winkels  $\theta$  durch PWM-Steuerung in eine Dreiphasenwechselspannung (U, V, W) umwandelt, wobei der PWM-Rechner **62** eine Funktion der Wechselrichterschaltung in der vorliegenden Erfindung beinhalten.

**[0067]** Die Steuerung ist ferner ausgestattet mit einem Konstantenrechner **63**, der die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** und die Induktanz  $Lq$  des q-Achsen-Ankers basierend auf dem d-Achsen-Spannungssteuerwert  $Vd_c$ , dem q-Achsen-Spannungssteuerwert  $Vq_c$ , dem d-Achsen-Stromerfassungswert  $Id_s$ , dem q-Achsen-Stromerfassungswert

wert  $I_{q\_s}$  und einem Winkelgeschwindigkeitserfassungswert  $\omega\_s$  des Motors **1** (erfasst durch einen Winkelgeschwindigkeitsdetektor, der nicht dargestellt ist) berechnet, einem Rotorphasendifferenzschätzer **64**, der einen Schätzwert  $\theta\_d\_e$  der Rotorphasendifferenz basierend auf der Induktionsspannungskonstanten  $K_e$  und der Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers ermittelt, einem Sollspannungskreisrechner **90**, der einen Radius  $V_{p\_soll}$  eines Sollspannungskreises aus einer Versorgungsspannung  $V_{dc}$  einer Gleichspannungsquelle **100**, die dem PWM-Rechner **62** Gleichstrom zuführt, berechnet, was später erläutert werden wird, einem Ist-Spannungskreisrechner **92**, der einen Radius  $V_p$  eines tatsächlichen Spannungskreises aus einem d-Achsen-Spannungssteuerwert  $V_{d\_c}$  und einem q-Achsen-Spannungssteuerwert  $V_{q\_c}$  berechnet, was später erläutert werden wird, einem Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93**, der einen Steuerwert  $K_{e\_c}$  einer Induktionsspannungskonstanten basierend auf einer Differenz  $\Delta V_p$  zwischen  $V_{p\_soll}$  und  $V_p$  ermittelt, einem Rotorphasendifferenz erfasser **95**, der eine Rotorphasendifferenz  $\theta_{d\_c1}$ , die mit einem Induktionsspannungskonstantensteuerwert  $K_{e\_c}$  verknüpft ist, erfasst und einem Rotorphasendifferenzsteuerwertermittler **97**, der einen Rotorphasendifferenzsteuerwert  $\theta_{d\_c2}$  basierend auf einer Differenz  $\theta_d$  zwischen  $\theta_{d\_c1}$  und dem Schätzwert  $\theta_{d\_e}$  einer Rotorphasendifferenz ermittelt.

**[0068]** Die Steuerung beinhaltet ferner einen Gleichspannungssteuerwertermittler **120**, der einen Ausgangsspannungssteuerwert  $V_{dc\_c}$  einer Gleichspannungsquelle **100** basierend auf der Differenz  $\Delta V_p$  zwischen  $V_{p\_soll}$  und  $V_p$  und dem Induktionsspannungskonstantensteuerwert  $K_{e\_c}$  ermittelt, einen Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121**, der einen Feldschwächungsstromkorrekturwert  $\Delta I_{d\_vol}$  basierend auf dem Ausgangsspannungssteuerwert  $V_{dc\_c}$  und der Differenz zwischen dem durch einen Subtrahierer **125** berechneten  $V_{dc\_c}$  und einer durch einen Spannungsmessgeber **103** erfassten Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** berechnet, und einen Drehmomentreaktionsermittler **110**, der die Zeitpunkte zur Ansteuerung des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93**, des Gleichspannungssteuerwertermittlers **120** und des Feldschwächungsstromkorrekturwertrechners **121** basierend auf dem Drehmomentsteuerwert  $Tr\_c$  und der Differenz  $\Delta V_p$  zwischen  $V_{p\_soll}$  und  $V_p$  ermittelt.

**[0069]** Die Gleichspannungsquelle **100** ist aus einer Batterie **102** und einem Gleichspannungswandler **101** zusammengesetzt. Der Gleichspannungswandler **101** entspricht dem Gleichspannungsänderungsmittel in der vorliegenden Erfindung. Ferner bilden der Spannungsmessgeber **103**, der Sollspannungskreisrechner **90**, der Ist-Spannungskreisrechner **92**, der Subtrahierer **91**, der Drehmomentreak-

tionsermittler **110**, der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93**, der Gleichspannungssteuerwertermittler **120**, der Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121**, ein Addierer **51**, der Rotorphasendifferenz erfasser **95**, ein Subtrahierer **96** und der Rotorphasendifferenzsteuerwertermittler **97** die Klemmenspannungserhöhungsmittel und die Klemmenspannungsreduzierungsmittel in der vorliegenden Erfindung.

**[0070]** Die Erregungssteuereinheit **50** beinhaltet den Addierer **51**, der einen Korrekturwert  $\Delta I_{d\_vol}$  zu dem d-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d\_c}$  addiert, einen Subtrahierer **52**, der eine Differenz  $\Delta I_d$  zwischen dem d-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d\_ca}$ , zu dem der Korrekturwert  $\Delta I_{d\_vol}$  addiert wurde, und einem Erfassungswert  $I_{d\_s}$  des d-Achsen-Stroms berechnet, eine d-Achsen-Stromsteuereinheit **53**, die eine d-Achsen-Differenzspannung  $\Delta V_d$  zur Erzeugung der Differenz  $\Delta I_d$  berechnet, eine Entstörungssteuereinheit **56**, die eine Komponente (Entstörungskomponente) zur Aufhebung der Einflüsse elektromotorischer Geschwindigkeitskräfte berechnet, die einander zwischen der d-Achse und der q-Achse überlagern, basierend auf dem d-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d\_c}$  und dem q-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{q\_c}$ , einen Subtrahierer **54**, der die durch die Entstörungssteuereinheit **56** berechnete Entstörungskomponente von der d-Achsen-Differenzspannung  $\Delta V_d$  subtrahiert, einen Subtrahierer **55**, der die Differenz  $\Delta I_q$  zwischen dem Steuerwert  $I_{q\_c}$  und dem Erfassungswert  $I_{q\_s}$  des q-Achsen-Stroms berechnet, eine q-Achsen-Stromsteuereinheit **57**, die eine q-Achsen-Differenzspannung  $\Delta V_q$  zur Erzeugung der Differenz  $\Delta I_q$  berechnet und einen Addierer **58**, der die Entstörungskomponente zu der q-Achsen-Differenzspannung  $\Delta V_q$  addiert.

**[0071]** Fig. 6 stellt eine Beziehung zwischen Strom und Spannung in dem d-q-Koordinatensystem dar, wobei die Ordinatenachse die q-Achse (Drehmomentachse) kennzeichnet und die Abszissenachse die d-Achse (Feldachse) kennzeichnet. In der Figur kennzeichnet C einen Sollspannungskreis, dessen Radius  $V_{p\_soll}$  (entspricht einer Sollspannung in der vorliegenden Erfindung) durch den Sollspannungskreisrechner **90** berechnet wird.  $V_{p\_soll}$  ist zum Beispiel auf  $V_{dc} \times 0,5$  oder  $V_{dc}/6^{1/2}$  basierend auf einer sinusförmigen Modulation festgelegt.

**[0072]** Die Steuerung steuert die Rotorphasendifferenz des Motors **1**, eine Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle **100** und den d-Achsen-Strom derart, dass der resultierende Vektor  $V$  der Spannung  $V_d$  zwischen den Klemmen des d-Achsen-Ankers und der Spannung  $V_q$  zwischen den Klemmen des q-Achsen-Ankers (der Betrag des resultierenden Vektors  $V$  liefert den Radius eines Ist-Spannungskreises) den Umfang des Sollspannungskreises C zeichnet. In der Figur bezeichnet E eine durch

die Umdrehung des Motors **1** in dem q-Achsen-Anker erzeugte elektromotorische Gegenkraft,  $\omega$  bezeichnet eine Winkelgeschwindigkeit des Motors **1**,  $R$  bezeichnet den Widerstand des d-Achsen-Ankers und des q-Achsen-Ankers,  $L_q$  bezeichnet eine Induktanz des q-Achsen-Ankers,  $L_d$  bezeichnet eine Induktanz des d-Achsen-Ankers,  $V_d$  bezeichnet eine d-Achsen-Spannung,  $V_q$  bezeichnet eine q-Achsen-Spannung,  $I_d$  bezeichnet den d-Achsen-Strom und  $I_q$  bezeichnet den q-Achsen-Strom.

**[0073]** Hinsichtlich der in **Fig. 6** dargestellten Komponenten auf der q-Achse gilt die durch den Ausdruck (1) dargestellte unten angegebene Beziehung; daher kann die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** aus dem unten angegebenen Ausdruck (2) berechnet werden:

$$K_e \cdot \omega + R \cdot I_q = V_q - \omega \cdot L_d \cdot I_d \quad (1),$$

wobei  $K_e$ : Induktionsspannungskonstante;  $\omega$ : Winkelgeschwindigkeit des Motors;  $R$ : Widerstand des q-Achsen-Ankers und des d-Achsen-Ankers;  $I_q$ : q-Achsen-Strom;  $V_q$ : Spannung zwischen den Klemmen des q-Achsen-Ankers;  $L_d$ : Induktanz des d-Achsen-Ankers; und  $I_d$ : d-Achsen-Strom.

$$K_e = \frac{V_q - \omega \cdot L_d \cdot I_d - R \cdot I_q}{\omega} \quad (2)$$

**[0074]** Hinsichtlich der in **Fig. 6** dargestellten Komponenten auf der d-Achse gilt die durch den Ausdruck (3) dargestellte unten angegebene Beziehung; daher kann die Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers aus dem unten angegebenen Ausdruck (4) berechnet werden:

$$V_d = R \cdot I_d - \omega \cdot L_q \cdot I_q \quad (3),$$

$$L_q = \frac{R \cdot I_d - V_d}{\omega \cdot I_q} \quad (4).$$

**[0075]** Der Konstantenrechner **63** setzt die q-Achsen-Steuerspannung  $V_{q_c}$ , den Winkelgeschwindigkeitserfassungswert  $\omega_s$  des Motors **1**, den d-Achsen-Stromerfassungswert  $I_{d_s}$  und den q-Achsen-Stromerfassungswert  $I_{q_s}$  in  $V_q$ ,  $\omega$ ,  $I_d$  bzw.  $I_q$  des obigen Ausdrucks (2) ein, um die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  zu berechnen. Der Konstantenrechner **63** setzt ebenfalls den d-Achsen-Stromerfassungswert  $I_{d_s}$ , den d-Achsen-Spannungssteuerwert  $V_{d_c}$ , den Winkelgeschwindigkeitserfassungswert  $\omega_s$  des Motors **1** und den q-Achsen-Stromerfassungswert  $I_{q_s}$  in  $I_d$ ,  $V_d$ ,  $\omega$  bzw.  $I_q$  des obigen Ausdrucks (4) ein, um die Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers zu berechnen.

**[0076]** Der Widerstand  $R$  des d-Achsen-Ankers und des q-Achsen-Ankers in dem oben angegebenen Ausdruck (2) und Ausdruck (4) nimmt vorgegebene feste Werte an. Die Induktanz  $L_d$  des d-Achsen-Ankers in Ausdruck (2) kann einen vorgegebenen festen Wert annehmen; es verringert sich jedoch die In-

duktanz  $L_d$  des d-Achsen-Ankers, während eine Rotorphasendifferenz ansteigt, so dass die Induktanz  $L_d$  einen Schätzwert annehmen kann, der bewirkt, dass sich die Induktanz  $L_d$  verringert, während der Rotorphasendifferenzsteuerwert  $\theta_{d_c}$  ansteigt.

**[0077]** Dann ermittelt der Rotorphasendifferenzschätzer **64** einen Schätzwert  $\theta_{d_e}$  einer Rotorphasendifferenz basierend auf der Induktionsspannungskonstanten  $K_e$  und der Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers, die durch den Konstantenrechner **63** berechnet werden. Wenn sich die Rotorphasendifferenz ändert, dann ändern sich die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** und die Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers entsprechend.

**[0078]** Somit wendet der Rotorphasendifferenzschätzer **64** die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  und die q-Achsen-Ankerinduktanz  $L_q$ , die durch den Konstantenrechner **63** berechnet worden sind, auf eine in **Fig. 7(b)** dargestellte Korrespondenzabbildung von  $K_e$  und  $L_q/\theta_d$  an, um eine zugehörige Phasendifferenz  $\theta_d$  zu erhalten und bestimmt die Phasendifferenz  $\theta_d$  als den Schätzwert  $\theta_{d_e}$  der Phasendifferenz zwischen dem Außenrotor **12** und dem Innenrotor **11**.

**[0079]** Die Korrespondenzabbildung von  $K_e$  und  $L_q/\theta_d$  wird basierend auf Experimentaldaten oder Computersimulationen angefertigt und im Voraus in einem Speicher (nicht dargestellt) gespeichert. Die durch den Konstantenrechner **63** berechnete Induktionsspannungskonstante  $K_e$  könnte auf die in **Fig. 7(a)** dargestellte  $K_e/\theta_d$ -Korrespondenzabbildung angewendet werden, um  $\theta_{d_e}$  zu bestimmen; die Schätzgenauigkeit einer Rotorphasendifferenz kann jedoch durch Verwenden der Induktanz  $L_q$  des q-Achsen-Ankers zusätzlich zur Induktionsspannungskonstanten  $K_e$  verbessert werden, um den Schätzwert  $\theta_{d_e}$  einer Rotorphasendifferenz zu bestimmen.

**[0080]** Dann wendet der Stromsteuerwertermittler **60** den Drehmomentsteuerwert  $T_{r_c}$  und den Schätzwert  $\theta_{d_e}$  einer Rotorphasendifferenz auf eine Abbildung von  $T_r$ ,  $\theta_d/I_d$  und  $I_q$  an, die im Voraus in einem Speicher gespeichert wurde, um das zugehörige  $I_d$  und  $I_q$  zu erhalten und bestimmt die erhaltenen  $I_d$  und  $I_q$  als einen d-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d_c}$  bzw. einen q-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d_q}$ . Somit ermöglicht die Verwendung des Schätzwerts  $\theta_{d_e}$  einer Rotorphasendifferenz, den d-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{d_c}$  und den q-Achsen-Stromsteuerwert  $I_{q_c}$  zu bestimmen, die eine tatsächliche Änderung des magnetischen Feldflusses des Motors **1** widerspiegeln. Somit können Abtriebsdrehmomente des Motors **1** basierend auf dem Drehmomentsteuerwert  $T_{r_c}$  genau gesteuert werden.

**[0081]** In **Fig. 8** wird nun eine Erläuterung der Vorteile gegeben, die durch Änderung einer Rotorphasendifferenz, einer Ausgangsspannung der Gleichspan-

nungsquelle **100** und des d-Achsen-Stroms derart erzielt werden, dass ein resultierender Vektor  $V$  den Umfang des Sollspannungskreises  $C$  mit  $V_p\_soll$  als seinem Radius zeichnet, wenn der Betrag  $V_p$  des resultierenden Vektors  $V$  einer Spannung zwischen den Klemmen des d-Achsen-Ankers und einer Spannung zwischen den Klemmen des q-Achsen-Ankers größer als  $V_p\_soll$  ist ( $V_p\_soll < V_p$ ).

**[0082]** Fig. 8(a) stellt einen resultierenden Vektor  $V$  dar, der außerhalb des Sollspannungskreises  $C$  liegt. In diesem Fall wird die Erregungshöhe des Motors **1** von dem PWM-Rechner **62** begrenzt, was die Erregungssteuerung des Motors **1** verhindert. Um dies zu handhaben, wird die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt, um die Rotorphasendifferenz  $\theta_d$  in Richtung der Verringerung der magnetischen Flüsse der Felder (in die Richtung zur Feldschwächung durch Erhöhen einer Rotorphasendifferenz) zu ändern. Somit verringert sich die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** und die in dem q-Achsen-Anker erzeugte elektromotorische Gegenkraft  $E$  nimmt um einen Betrag entsprechend der Verringerung der Induktionsspannungskonstanten  $K_e$  ab. Folglich nähert sich der resultierende Vektor  $V$  dem Umfang des Sollspannungskreises  $C$ , wie in Fig. 8(b) dargestellt ist.

**[0083]** Als nächstes wird die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt, um die Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** zu erhöhen. Dies vergrößert das durch den Sollspannungskreisrechner **90** berechnete  $V_p\_soll$ , was dazu führt, dass sich der Sollspannungskreis  $C$  ausweitet, wie in Fig. 8(c) dargestellt ist, so dass sich der resultierende Vektor  $V$  dem Sollspannungskreis  $C$  weiter nähert.

**[0084]** Dann wird die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt, um den d-Achsen-Strom zu erhöhen. Dies führt dazu, dass der resultierende Vektor  $V$  den Umfang des Sollspannungskreises  $C$  erreicht, wie in Fig. 8(d) dargestellt ist. Somit kann die Erregungshöhe des Motors **1** von dem PWM-Rechner **62** vergrößert werden, indem der resultierende Vektor  $V$  nahe an den Sollspannungskreis  $C$  gebracht wird, was es ermöglicht, die Beschränkung der Erregungssteuerung des Motors **1** zu umgehen.

**[0085]** In Fig. 9 wird nun eine Erläuterung der Vorteile gegeben, die durch Änderung einer Rotorphasendifferenz und einer Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle **100** derart erzielt werden, dass ein resultierender Vektor  $V$  den Umfang des Sollspannungskreises  $C$  mit  $V_p\_soll$  als seinem Radius zeichnet, wenn der Betrag  $V_p$  des resultierenden Vektors  $V$  einer Spannung zwischen den Klemmen des d-Achsen-Ankers und einer Spannung zwischen den Klem-

men des q-Achsen-Ankers kleiner als  $V_p\_soll$  ist ( $V_p < V_p\_soll$ ).

**[0086]** Fig. 9(a) stellt einen resultierenden Vektor  $V$  dar, der innerhalb des Sollspannungskreises  $C$  liegt. In diesem Fall erleidet der PWM-Rechner **62** einen erhöhten Leistungsverlust auf Grund des Schaltens der Gleichspannung  $V_{dc}$ . Um dies zu handhaben, führt die Steuerung die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung aus, um so die Rotorphasendifferenz  $\theta_d$  in Richtung der Erhöhung der magnetischen Flüsse der Felder (in die Richtung zur Feldstärkung durch Verringern einer Rotorphasendifferenz) zu ändern. Somit vergrößert sich die Induktionsspannungskonstante  $K_e$  des Motors **1** und die in dem q-Achsen-Anker erzeugte elektromotorische Gegenkraft  $E$  nimmt um einen Betrag entsprechend der Vergrößerung der Induktionsspannungskonstanten  $K_e$  zu. Folglich nähert sich der resultierende Vektor  $V$  dem Umfang des Sollspannungskreises  $C$ , wie in Fig. 9(b) dargestellt ist.

**[0087]** Als nächstes führt die Steuerung die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung aus, um so die Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** zu verringern. Dies verkleinert das durch den Sollspannungskreisrechner **90** berechnete  $V_p\_soll$ , was dazu führt, dass sich der Sollspannungskreis  $C$  verkleinert, wie in Fig. 9(c) dargestellt ist, so dass sich der resultierende Vektor  $V$  dem Sollspannungskreis  $C$  weiter nähert und den Umfang des Sollspannungskreises  $C$  erreicht.

**[0088]** Somit kann der durch das Schalten der Gleichspannung  $V_{dc}$  hervorgerufene Leistungsverlust in dem PWM-Rechner **62** verringert werden, indem der resultierende Vektor  $V$  nahe an den Sollspannungskreis  $C$  gebracht wird. Außerdem wird der Wechselanteil des Stroms verringert, der dem Strom überlagert ist, der dem Motor zugeführt wird, einhergehend mit einer Verringerung des in dem Motor **1** erzeugten Kupferverlusts. Zusätzlich verringert sich die Überlagerung von Hochfrequenzströmen, was es ermöglicht, einen Vorteil eines in dem Motor **1** erzeugten verringerten Eisenverlusts zu erzielen.

**[0089]** In Fig. 10 wird nun eine Erläuterung der Verarbeitung zur Steuerung des Betriebs des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93**, des Gleichspannungssteuerwertermittlers **120** und des Feldschwächungsstromkorrekturwertrechners **121** durch den Drehmomentreaktionsermittler **110** gegeben.

**[0090]** Der Drehmomentreaktionsermittler **110** ermittelt in SCHRITT 10, ob eine Änderungsrate  $\Delta Tr_c$  (zum Beispiel durch Berechnen der Änderungsrate  $Tr_c$  zwischen aufeinanderfolgenden Steuerzyklen der Steuerung) des Drehmomentsteuerwerts  $Tr_c$  nicht größer als ein vorgegebener Referenzwert

$\Delta Tr\_limit$  ist. In dem Fall, in dem  $\Delta Tr\_c$  kleiner ist als  $\Delta Tr\_limit$  ( $\Delta Tr\_c < \Delta Tr\_limit$ ), verzweigt der Drehmomentreaktionsermittler **110** dann nach SCHRITT 20, um eine Betätigungskennzeichnung F1 des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93**, eine Betätigungskennzeichnung F2 des Gleichspannungssteuerwertermittlers **120** und eine Betätigungskennzeichnung F3 des Feldschwächungsstromkorrekturwertrechners **121** einzuschalten oder zu aktivieren und fährt mit SCHRITT 13 fort.

**[0091]** Mit dieser Einstellung wird die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch Betätigung des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93** vor der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch den Gleichspannungssteuerwertermittler **120** und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch den Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121** ausgeführt. Ferner wird die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch den Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** vor der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch den Gleichspannungssteuerwertermittler **120** ausgeführt.

**[0092]** Die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die mechanische Verarbeitungen sind, die eine höhere Betriebsleistung eines Motors erlauben, obwohl sie langsam in der Reaktion sind, ermöglichen es, den Betrieb des Motors **1** mit Priorität auf die Betriebsleistung zu steuern.

**[0093]** Währenddessen fährt in dem Fall, in dem die Änderungsrate  $\Delta Tr\_c$  des Drehmomentsteuerwerts  $Tr\_c$  in SCHRITT 10 gleich dem Referenzwert  $\Delta Tr\_limit$  oder größer ist, der Drehmomentreaktionsermittler **110** dann mit SCHRITT 1 fort. In SCHRITT 11 ermittelt der Drehmomentreaktionsermittler **110**, ob die Differenz  $\Delta Vp$  zwischen dem Betrag  $Vp$  des resultierenden Vektors  $V$  der Klemmenspannung des d-Achsen-Ankers und der Klemmenspannung des q-Achsen-Ankers und der Sollspannung  $Vp\_soll$  gleich dem vorgegebenen Referenzwert  $\Delta Vp\_limit$  ist oder größer. Wenn  $\Delta Vp$  größer als  $\Delta Vp\_limit$  ist, das heißt, wenn  $\Delta Vp$  klein ist während die Änderungsrate  $\Delta Tr\_c$  eines Drehmomentsteuerwerts groß ist, verzweigt der Drehmomentreaktionsermittler **110** dann nach SCHRITT 20, um die oben beschriebene Verarbeitung in SCHRITT 20 auszuführen und fährt mit SCHRITT 13 fort.

**[0094]** Währenddessen fährt in dem Fall, in dem  $\Delta Vp$  gleich  $\Delta Vp\_limit$  oder größer ist, das heißt, in dem Fall, in dem die Änderungsrate  $\Delta Tr\_c$  eines Drehmomentsteuerwerts groß ist und  $\Delta Vp$  ebenfalls groß ist, der Drehmomentreaktionsermittler **110** dann

mit SCHRITT 12 fort. Der Drehmomentreaktionsermittler **110** schaltet die Betätigungskennzeichnung F1 des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93** aus oder deaktiviert sie, während er die Betätigungskennzeichnung F2 des Gleichspannungssteuerwertermittlers **120** und die Betätigungskennzeichnung F3 des Feldschwächungsstromkorrekturwertrechners **121** einschaltet oder aktiviert und fährt dann mit SCHRITT 13 fort.

**[0095]** Mit dieser Einstellung wird die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch den Gleichspannungssteuerwertermittler **120** und die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch den Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121** vor der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durch den Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** ausgeführt. Ferner wird die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch den Gleichspannungssteuerwertermittler **120** vor der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durch den Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** ausgeführt.

**[0096]** Die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, die elektrische Verarbeitungen sind, die eine schnelle Reaktion erlauben, ermöglichen es, den Betrieb des Motors **1** mit Priorität auf die Reaktionsfähigkeit einer Änderung des Drehmomentsteuerwerts  $Tr\_c$  zu steuern.

**[0097]** In der vorliegenden Ausführungsform wurde die Höhe von  $\Delta Tr\_c$  in SCHRITT 10 bestimmt und die Höhe von  $\Delta Vp$  wurde in SCHRITT 11 bestimmt, um die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung festzulegen, und um die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung festzulegen. Alternativ kann jedoch lediglich die Höhe entweder von  $\Delta Tr\_c$  oder von  $\Delta Vp$  bestimmt werden, um die Ausführungsreihenfolge der Verarbeitung festzulegen.

**[0098]** In Fig. 5 wird nun entsprechend dem in Fig. 11 dargestellten Flussdiagramm eine Erläuterung des Betriebs des Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittlers **93**, des Gleichspannungssteuerwertermittlers **120** und des Feldschwächungsstromkorrekturwertrechners **121** gegeben, wenn alle der zuvor genannten Kennzeichnungen F1, F2 und F3 auf EIN stehen. In Fig. 11 wird die Verarbeitung in SCHRITT 30 bis SCHRITT 32 und

SCHRITT 40 bis SCHRITT 41 durch den Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** ausgeführt und die Verarbeitung in SCHRITT 32 und SCHRITT 50 bis SCHRITT 51 wird durch den Gleichspannungssteuerwertermittler **120** ausgeführt. Die Verarbeitung in SCHRITT 60 wird durch den Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121** ausgeführt.

**[0099]** In SCHRITT 30 in **Fig. 11** ermittelt der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93**, ob das durch den Subtrahierer **91** (siehe **Fig. 5**) berechnete  $\Delta V_p$  ( $\Delta V_{p\_soll} - V_p$ ) Null oder größer ist ( $0 \leq \Delta V_p$ ). Wenn  $\Delta V_p$  kleiner ist als Null ( $\Delta V_p < 0$ ), das heißt, wenn der in **Fig. 8(a)** dargestellte, oben beschriebene resultierende Vektor  $V$  außerhalb des Sollspannungskreises  $C$  liegt, verzweigt der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** dann zu SCHRITT 40. Der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** ermittelt in SCHRITT 40, ob der mit dem Induktionsspannungskonstantensteuerwert  $K_{e\_c}$  verknüpfte Rotorphasendifferenzsteuerwert  $\theta_{d\_c}$ , der durch proportionale Integrationssteuerung (PI) über  $\Delta V_p$  berechnet wird, nicht kleiner als ein Grenzwert  $\theta_{d\_max}$  (180 Grad) auf der Feldschwächungsseite durch den Aktor **30** ist. Wenn  $\theta_{d\_c}$  kleiner ist als  $\theta_{d\_max}$  ( $\theta_{d\_c} < \theta_{d\_max}$ ), dann fährt der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93** mit SCHRITT 41 fort, worin er  $K_{e\_c}$  an den Rotorphasendifferenzfasser **95** ausgibt.

**[0100]** Der Rotorphasendifferenzfasser **95** wendet  $K_{e\_c}$  auf die in **Fig. 12** dargestellte  $K_e/\theta_d$ -Abbildung an, um die mit  $K_{e\_c}$  verknüpfte Rotorphasendifferenz  $\theta_{d\_c1}$  zu ermitteln. Dann wird die durch den Subtrahierer **96** berechnete Differenz  $\Delta\theta_d$  zwischen  $\theta_{d\_c1}$  und  $\theta_{d\_e}$  an den Rotorphasendifferenzsteuerwertermittler **97** ausgegeben. Der Rotorphasendifferenzsteuerwertermittler **97** gibt einen Steuerwert  $\theta_{d\_c2}$  der durch die PI-Steuerung über  $\Delta\theta_d$  ermittelten Phasendifferenz an den Aktor **25** aus.

**[0101]** Der Aktor **25** führt die Verarbeitung des in **Fig. 13** dargestellten Flussdiagramms aus, um die Rotorphasendifferenz des Motors **1** zu ändern. Genauer wandelt der Aktor **25** bei Empfang des Rotorphasendifferenzsteuerwerts  $\theta_{d\_c2}$  von dem Rotorphasendifferenzsteuerwertermittler **97** in SCHRITT 1 der **Fig. 13**  $\theta_{d\_c2}$  in einen mechanischen Winkel  $\beta$  in SCHRITT 2 um. Dann wandelt der Aktor **25** in dem nachfolgenden SCHRITT 3 den mechanischen Winkel  $\beta$  in einen Arbeitswinkel  $\gamma$  des ersten Planetenträgers  $C1$  um und dreht den ersten Planetenträger  $C1$  um den Arbeitswinkel  $\gamma$  in SCHRITT 4. Dies führt dazu, dass die Rotorphasendifferenz um den Winkel basierend auf dem Rotorphasendifferenzsteuerwert  $\theta_{d\_c2}$  geändert wird und die magnetischen Flüsse der Felder des Motors **1** werden entsprechend geändert, was somit die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausführt, um von dem in **Fig. 8(a)**

dargestellten Zustand in den in **Fig. 8(b)** dargestellten Zustand wie oben beschrieben zu wechseln.

**[0102]** Währenddessen verzweigt der Gleichspannungssteuerwertermittler **120** zu SCHRITT 50, wenn  $\theta_{d\_c}$  in SCHRITT 40 gleich  $\theta_{d\_max}$  oder größer ist. Der Gleichspannungssteuerwertermittler **120** ermittelt in SCHRITT 50, ob der durch die PI-Steuerung über  $\Delta V_p$  berechnete Gleichspannungssteuerwert  $V_{dc\_c}$  nicht kleiner als  $V_{dc\_max}$  ist, das eine Höchstspannung darstellt, die durch den Gleichspannungswandler **101** ausgegeben werden kann.

**[0103]** Wenn  $V_{dc\_c}$  kleiner ist als  $V_{dc\_max}$ , dann fährt der Gleichspannungssteuerwertermittler **120** mit SCHRITT 51 fort, worin er das durch die PI-Steuerung über  $\Delta V_p$  berechnete  $V_{dc\_c}$  ( $V_{dc\_c}$  wird in diesem Fall erhöht) an den Gleichspannungswandler **101** ausgibt und fährt mit SCHRITT 33 fort. Dies erhöht die Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** und der Radius  $V_{p\_soll}$  eines durch den Sollspannungskreisrechner berechneten Versorgungs-Sollspannungskreises erhöht sich entsprechend. Dann wird die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt, um von dem in **Fig. 8(b)** dargestellten Zustand in den in **Fig. 8(c)** dargestellten Zustand wie oben beschrieben zu wechseln.

**[0104]** Wenn in SCHRITT 50  $V_{dc\_c}$  gleich oder größer  $V_{dc\_max}$  ist ( $V_{dc\_max} \leq V_{dc\_c}$ ), dann verzweigt die Verarbeitung zu SCHRITT 60. In diesem Fall kann die Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** nicht weiter erhöht werden. Folglich gibt der Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121** den durch die PI-Steuerung über der Differenz  $\Delta V_{dc}$  zwischen  $V_{dc\_c}$  und  $V_{dc\_s}$  berechneten Feldschwächungsstromkorrekturwert  $\Delta I_{d\_vol}$  an den Addierer **51** aus. Dies führt dazu, dass der d-Achsenstrom zunimmt und die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt wird, um von dem in **Fig. 8(c)** dargestellten Zustand in den in **Fig. 8(d)** dargestellten Zustand wie oben beschrieben zu wechseln.

**[0105]** Somit wird dann, wenn in SCHRITT 30 bestimmt wird, dass  $V_p$  größer ist als  $V_{p\_soll}$ , die Verarbeitung, um  $V_p$  nahe an  $V_{p\_soll}$  zu bringen, in der folgenden Reihenfolge ausgeführt: die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung – die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung **4** die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung.

**[0106]** Wenn nachfolgend in SCHRITT 30 ermittelt wird, dass  $V_p$  gleich  $V_{p\_soll}$  oder kleiner ist (der in **Fig. 9(a)** dargestellte oben beschriebene Zustand), dann fährt die Verarbeitung mit SCHRITT 31 fort. In SCHRITT 31 ermittelt der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93**, ob der mit dem Indukti-

onsspannungskonstantensteuerwert  $Ke_c$  verknüpfte Rotorphasendifferenzsteuerwert  $\theta_{d_c}$ , der durch die PI-Steuerung über  $\Delta V_p$  berechnet wurde, nicht größer als ein Grenzwert  $\theta_{d_{min}}$  (Null Grad) auf der Feldstärkungsseite durch den Aktor **30** ist.

**[0107]** Wenn  $\theta_{d_c}$  größer als  $\theta_{d_{min}}$  ist ( $\theta_{d_{min}} < \theta_{d_c}$ ), dann fährt die Verarbeitung mit SCHRITT 32 fort, in dem der Induktionsspannungskonstantensteuerwertermittler **93**  $Ke_c$  an den Rotorphasendifferenzgeber **95** ausgibt. Dies führt dazu, dass die Rotorphasendifferenz des Motors **1** auf dieselbe Weise geändert wird, wie bei der oben erläuterten Verarbeitung in SCHRITT 41 und die magnetischen Flüsse der Felder des Motors **1** zunehmen, wodurch die Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung ausgeführt wird, um von dem in **Fig. 9(a)** dargestellten Zustand in den in **Fig. 9(b)** wie oben beschrieben zu wechseln.

**[0108]** Währenddessen verzweigt die Verarbeitung dann, wenn in SCHRITT 31 festgestellt wird, dass  $\theta_{d_c}$  gleich  $\theta_{d_{min}}$  oder kleiner ist ( $\theta_{d_c} \leq \theta_{d_{min}}$ ), zu SCHRITT 70. In diesem Fall kann die Rotorphasendifferenz nicht weiter verringert werden; daher gibt der Gleichspannungssteuerwertermittler **120** das durch die PI-Steuerung über  $\Delta V_p$  berechnete  $V_{dc_c}$  ( $V_{dc_c}$  wird in diesem Fall verringert) aus und fährt mit SCHRITT 33 fort.

**[0109]** Somit verringert sich die Ausgangsspannung  $V_{dc}$  der Gleichspannungsquelle **100** und der Radius  $V_{p_{soll}}$  des durch den Sollspannungskreisrechner berechneten Versorgungs-Sollspannungskreises verringert sich entsprechend. Dann wird die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung ausgeführt, um von dem in **Fig. 9(b)** dargestellten Zustand in den in **Fig. 9(c)** dargestellten Zustand zu wechseln.

**[0110]** Wie oben beschrieben ist, wird, wenn in SCHRITT 30 festgestellt wird, dass  $V_p$  gleich  $V_{p_{soll}}$  oder kleiner ist, die Verarbeitung, um  $V_p$  nahe an  $V_{p_{soll}}$  zu bringen, in der folgenden Reihenfolge ausgeführt: die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung → die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung.

**[0111]** In der vorliegenden Ausführungsform wurde die Steuerung durch die in **Fig. 11** dargestellte Verarbeitung durchgeführt, um den Betrag  $V_p$  durch Ausführen der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung nahe an  $V_{p_{soll}}$  zu bringen, wenn  $V_p$  größer als  $V_{p_{soll}}$  ist, und die Steuerung wurde durchgeführt, um  $V_p$  durch Ausführen der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspan-

nung nahe an  $V_{p_{soll}}$  zu bringen, wenn  $V_p$  gleich  $V_{p_{soll}}$  oder kleiner ist; die Vorteile der vorliegenden Erfindung können jedoch ebenfalls erzielt werden, wenn lediglich eine der zuvor genannten Steuerungen ausgeführt wird.

**[0112]** Ferner wurde in der vorliegenden Ausführungsform der Feldschwächungsstromkorrekturwertrechner **121** bereitgestellt, um die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung auszuführen, um die Felder des Motors **1** durch Vergrößern des d-Achsen-Stroms zu schwächen; die Vorteile der vorliegenden Erfindung können jedoch erzielt werden, selbst wenn die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung nicht ausgeführt wird.

**[0113]** Zusätzlich wurde in SCHRITT 11 in **Fig. 10** und in SCHRITT 30 in **Fig. 11** der Betrag  $V_p$  des resultierenden Vektors  $V$  des d-Achsen-Spannungssteuerwerts  $V_{d_c}$  und des q-Achsen-Spannungssteuerwerts  $V_{q_c}$  mit dem Sollspannungskreisradius  $V_{p_{soll}}$  verglichen. Alternativ können jedoch die Klemmenspannungen der Anker des Motors **1** erfasst werden, um den Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen der einzelnen Phasen zu berechnen und der berechnete Betrag des resultierenden Vektors (der dem Betrag des resultierenden Vektors der Klemmenspannungen der Anker der einzelnen Phasen des Motors in der vorliegenden Erfindung entspricht) und der Sollspannungskreisradius  $V_{p_{soll}}$  können verglichen werden.

**[0114]** Die vorliegende Erfindung hat die Motorsteuerung dargestellt, die ausgelegt ist, den Motor durch Umformen des Motors in eine Äquivalenzschaltung basierend auf einem rotierenden 2-Phasengleichstromkoordinatensystem, das aus der d-Achse und der q-Achse zusammengesetzt ist, zu bedienen. Die vorliegende Erfindung kann jedoch ebenfalls auf eine Motorsteuerung angewendet werden, die ausgelegt ist, den Motor durch Umformen des Motors in eine Äquivalenzschaltung basierend auf einem festen 2-Phasenwechselstromkoordinatensystem, das aus einer  $\alpha$ -Achse und einer  $\beta$ -Achse zusammengesetzt ist, zu bedienen oder auf eine Motorsteuerung, die ausgelegt ist, einen 3-Phasenwechselstrommotor so wie er ist ohne Umformung des Motors in eine Äquivalenzschaltung zu bedienen.

## Patentansprüche

1. Motorsteuerung, die ausgelegt ist, einen Betrieb eines Dauermagnetfeld-Drehmotors mit einem ersten Rotor (**12**) und einem zweiten Rotor (**11**), die mehrere durch Dauermagnete erzeugte Felder aufweisen und die um eine Drehachse angeordnet sind, durch Feldsteuerung zu steuern, die durch Änderung einer Rotorphasendifferenz, die eine Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor (**12**) und dem zweiten Ro-

tor (11) ist, ausgeführt wird, wobei die Steuerung umfasst:

eine Wechselrichterschaltung (62), die von einer Gleichstromquelle bereitgestellten Gleichstrom in Mehrphasenwechselstrom umwandelt, der in einen Motoranker gespeist wird;  
 ein Rotorphasendifferenzschiebermittel (30, 25), das die Rotorphasendifferenz ändert;  
 ein Gleichspannungswandlernittel (101), das eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) ändert; und  
 ein Klemmenspannungserhöhungsmittel, das wenigstens eine erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, um die Rotorphasendifferenz in eine Richtung zur Verringerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder durch das Rotorphasendifferenzschiebermittel (30, 25) zu ändern, oder eine zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung durchführt, um eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) durch das Gleichspannungswandlernittel (101) in dem Fall zu erhöhen, in dem der Betrag (Vp) eines resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors eine Sollspannung (Vp\_soll) übersteigt, die festgelegt wurde, nicht größer als eine Ausgangsspannung (Vdc) der Gleichspannungsquelle (100) zu sein.

2. Motorsteuerung gemäß Anspruch 1, worin das Klemmenspannungserhöhungsmittel die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vor der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag (Vp) des resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors die Sollspannung (Vp\_soll) übersteigt und danach die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag (Vp) des resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors größer als die Sollspannung (Vp\_soll) bleibt, selbst nachdem die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt ist.

3. Motorsteuerung gemäß Anspruch 1, worin ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert (Tr\_c) gesteuert wird und das Klemmenspannungserhöhungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts (Tr\_c) bestimmt.

4. Motorsteuerung gemäß Anspruch 1, worin das Klemmenspannungserhöhungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ba-

sierend auf dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag (Vp) des resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors und der Sollspannung (Vp\_soll) bestimmt.

5. Motorsteuerung gemäß Anspruch 1, umfassend: ein Rotorstellungsdetektionsmittel (73), das eine Stellung des ersten Rotors (12) erfasst; und ein Erregungssteuermittel (50), das den Motor durch Umformung des Motors in eine Äquivalenzschaltung basierend auf einem rotierenden Zweiphasengleichstromkoordinatensystem, das sich aus einer d-Achse, die sich in die Richtung eines magnetischen Flusses eines Felds erstreckt, und einer zu der d-Achse orthogonalen q-Achse zusammensetzt, basierend auf der Stellung des ersten Rotors (12) handhabt, und das die Erregungshöhe eines auf jeder Achse in der Äquivalenzschaltung angeordneten Ankers steuert, wodurch die Erregung des Motors gesteuert wird, worin das Klemmenspannungserhöhungsmittel wenigstens die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung oder eine dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausführt, wodurch die Erregungshöhe des auf der d-Achse angeordneten Ankers in der Erregungssteuerung in dem Fall vergrößert wird, in dem der Betrag (Vp) eines resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors die Sollspannung (Vp\_soll) übersteigt.

6. Motorsteuerung gemäß Anspruch 5, worin das Klemmenspannungserhöhungsmittel die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung vor der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag des resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors die Sollspannung (Vp\_soll) übersteigt und dann die dritte Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag (Vp) des resultierenden Vektors (V) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors größer als die Sollspannung (Vp\_soll) bleibt, selbst nachdem die erste Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und die zweite Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung ausgeführt sind.

7. Motorsteuerung gemäß Anspruch 5, worin ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert (Tr\_c) gesteuert wird und das Klemmenspannungserhöhungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts (Tr\_c) bestimmt.

8. Motorsteuerung gemäß Anspruch 5, worin das Klemmenspannungserhöhungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung, der zweiten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung und der dritten Verarbeitung zur Erhöhung einer Klemmenspannung basierend auf dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag ( $V_p$ ) des resultierenden Vektors ( $V$ ) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors und der Sollspannung ( $V_{p\_soll}$ ) bestimmt.

9. Motorsteuerung, die ausgelegt ist, einen Betrieb eines Dauermagnetfeld-Drehmotors mit einem ersten Rotor (**12**) und einem zweiten Rotor (**11**), die mehrere durch Dauermagnete erzeugte Felder aufweisen und die um eine Drehachse angeordnet sind, durch Feldsteuerung zu steuern, die durch Änderung einer Rotorphasendifferenz als die Phasendifferenz zwischen dem ersten Rotor (**12**) und dem zweiten Rotor (**11**) ausgeführt wird, wobei die Steuerung umfasst: eine Wechselrichterschaltung (**62**), die von einer Gleichstromquelle bereitgestellten Gleichstrom in Mehrphasenwechselstrom umwandelt, der in einen Motoranker gespeist wird; ein Rotorphasendifferenzschiebermittel (**30, 25**), das die Rotorphasendifferenz ändert; ein Gleichspannungswandlernittel (**101**), das eine Ausgangsspannung ( $V_{dc}$ ) der Gleichspannungsquelle (**100**) ändert; und ein Klemmenspannungsreduzierungsmittel, das wenigstens eine erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung, um die Rotorphasendifferenz in eine Richtung zur Vergrößerung der magnetischen Flüsse der Motorfelder durch das Rotorphasendifferenzschiebermittel (**30, 25**) zu ändern, oder eine zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung durchführt, um eine Ausgangsspannung ( $V_{dc}$ ) der Gleichspannungsquelle (**100**) durch das Gleichspannungswandlernittel (**101**) in dem Fall zu verringern, in dem der Betrag ( $V_p$ ) eines resultierenden Vektors ( $V$ ) der Ankerklemmenspannungen einzelner Phasen des Motors kleiner wird als eine Sollspannung ( $V_{p\_soll}$ ), die festgelegt wurde, nicht größer als eine Ausgangsspannung ( $V_{dc}$ ) der Gleichspannungsquelle (**100**) zu sein.

10. Motorsteuerung gemäß Anspruch 9, worin das Klemmenspannungsreduzierungsmittel die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung vor der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag ( $V_p$ ) des resultierenden Vektors ( $V$ ) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors kleiner wird als die Sollspannung ( $V_{p\_soll}$ ) und danach die zweite Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung in dem Fall ausführt, in dem der Betrag ( $V_p$ ) des resultierenden Vektors ( $V$ ) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors kleiner bleibt als die Soll-

spannung ( $V_{p\_soll}$ ), selbst nachdem die erste Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung ausgeführt ist.

11. Motorsteuerung gemäß Anspruch 9, worin ein Betrieb des Motors basierend auf einem vorgegebenen Drehmomentsteuerwert ( $Tr_c$ ) gesteuert wird und das Klemmenspannungsreduzierungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung basierend auf einer Änderungsrate des Drehmomentsteuerwerts ( $Tr_c$ ) bestimmt.

12. Motorsteuerung gemäß Anspruch 9, worin das Klemmenspannungsreduzierungsmittel die Ausführungsreihenfolge der ersten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung und der zweiten Verarbeitung zur Reduzierung einer Klemmenspannung basierend auf dem Betrag einer Differenz zwischen dem Betrag ( $V_p$ ) des resultierenden Vektors ( $V$ ) der Ankerklemmenspannungen der einzelnen Phasen des Motors und der Sollspannung ( $V_{p\_soll}$ ) bestimmt.

Es folgen 14 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG. 1

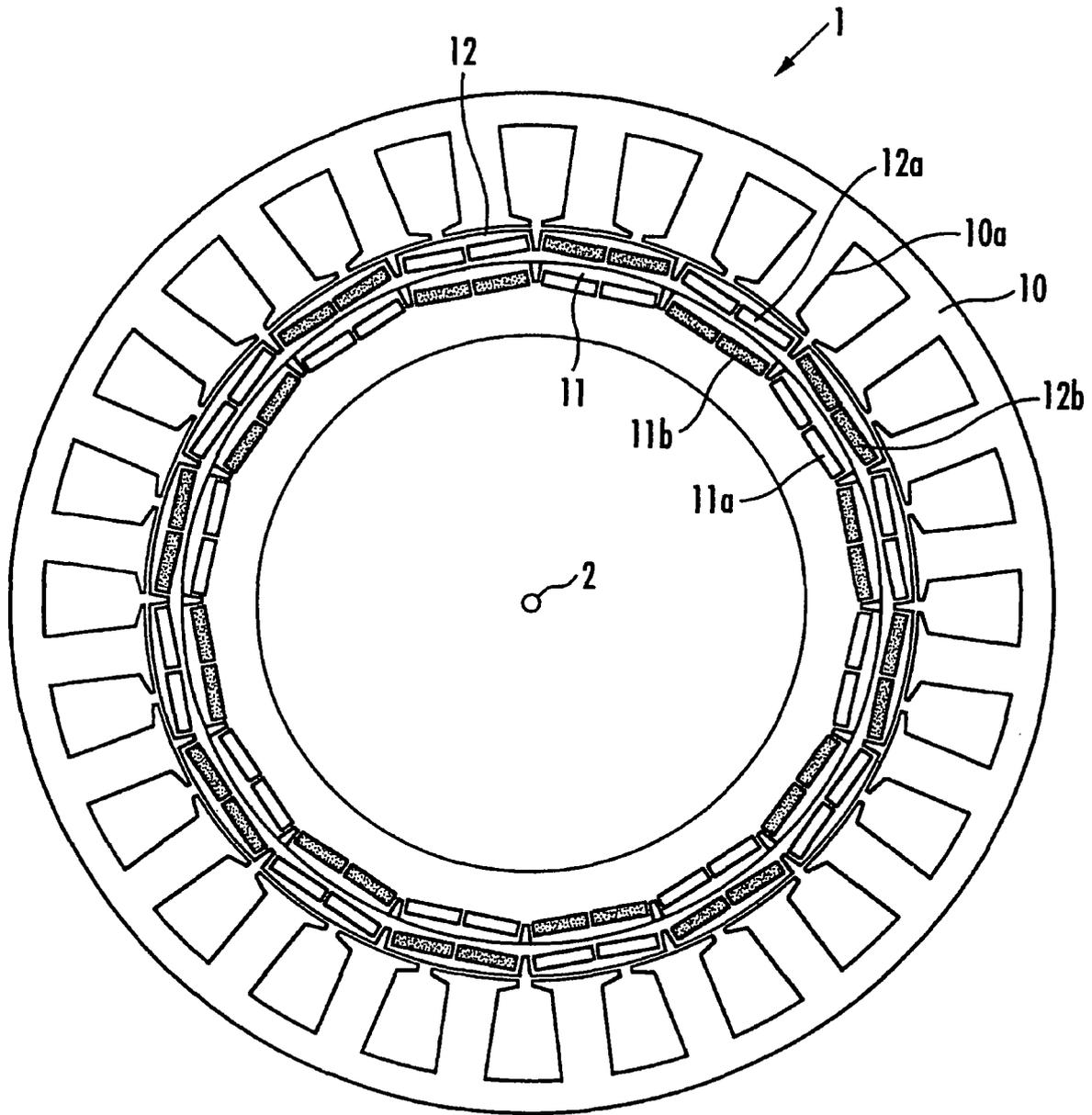


FIG. 2 (a)

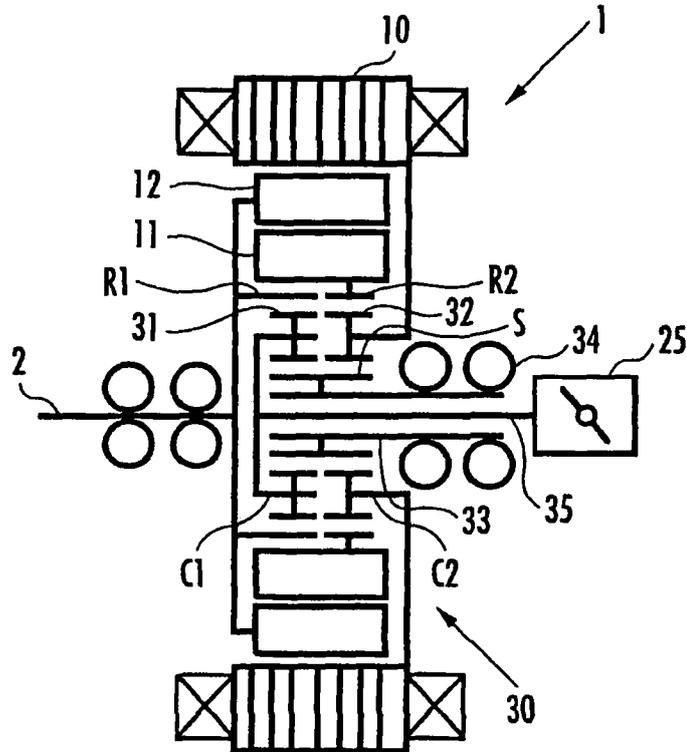


FIG. 2 (b)

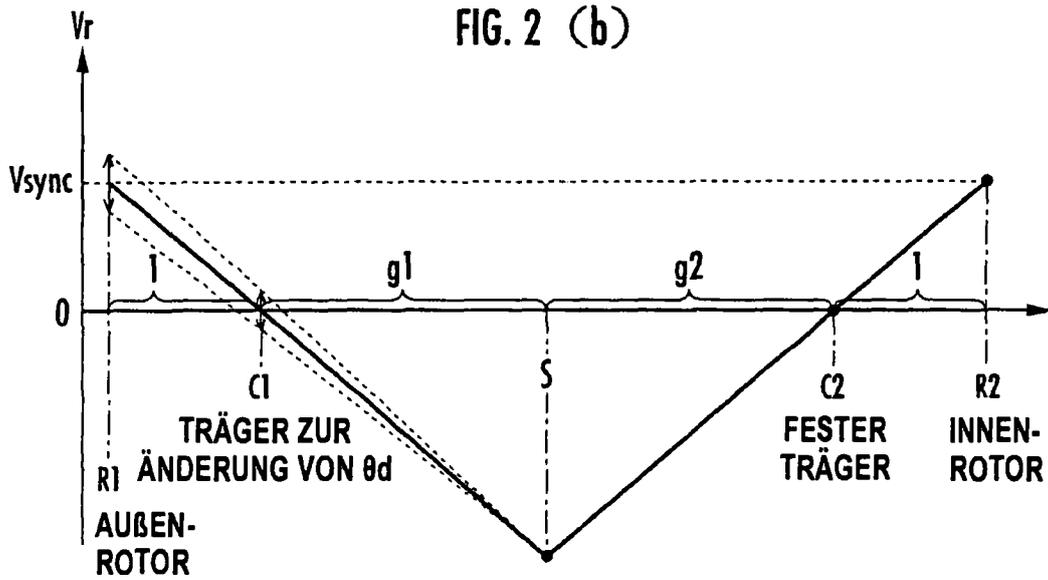


FIG. 3 (a)

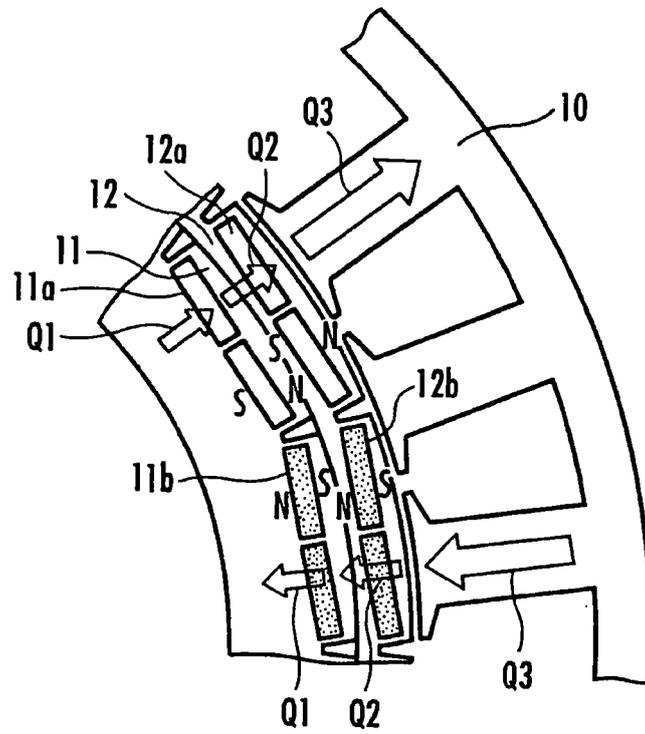


FIG. 3 (b)

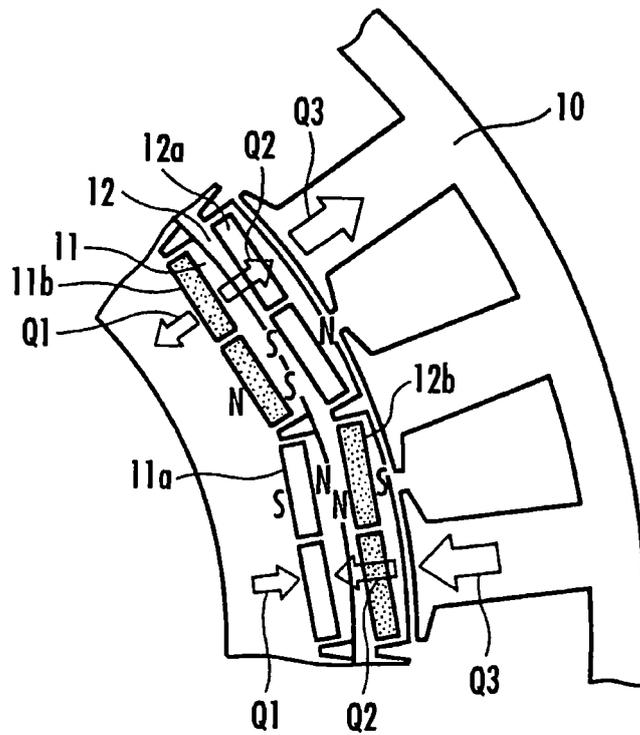
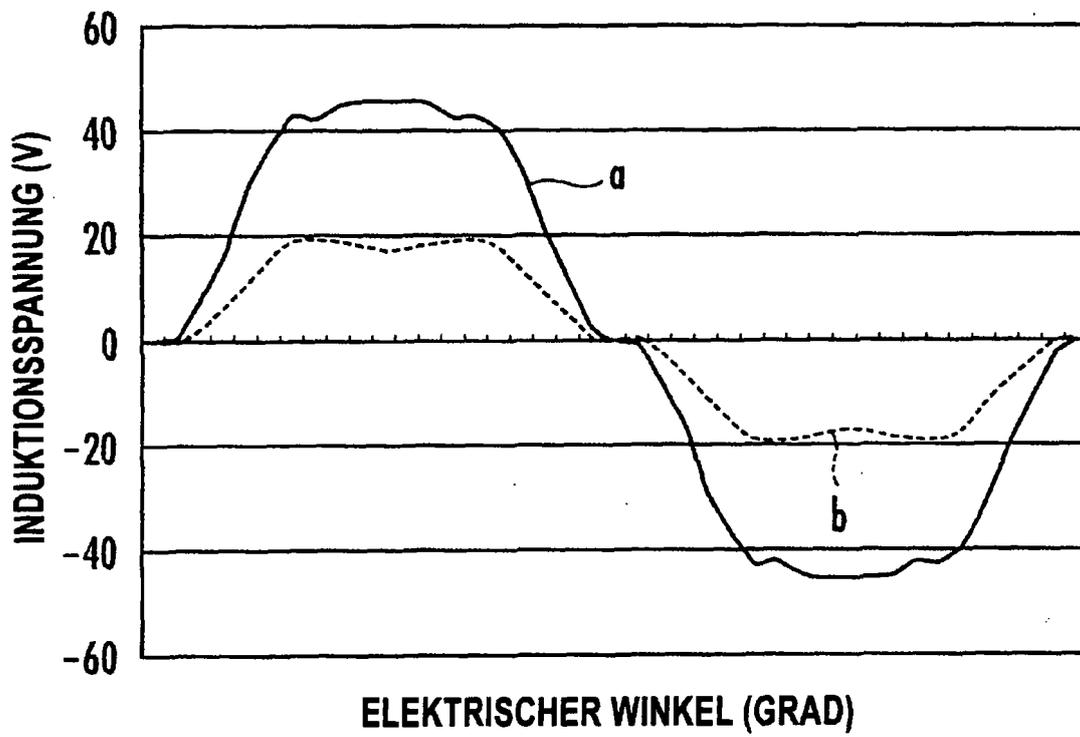


FIG. 4



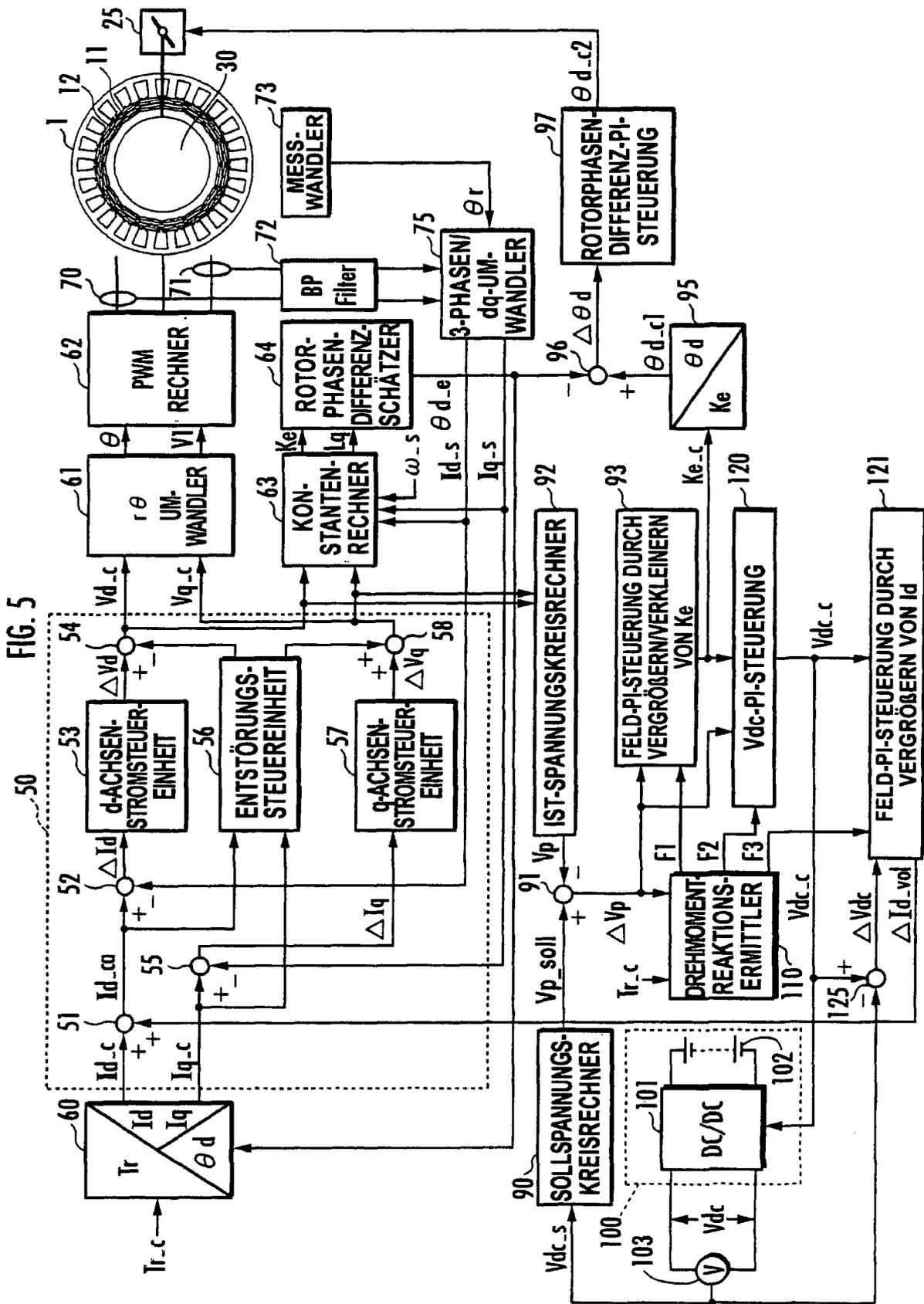




FIG. 7 (a)

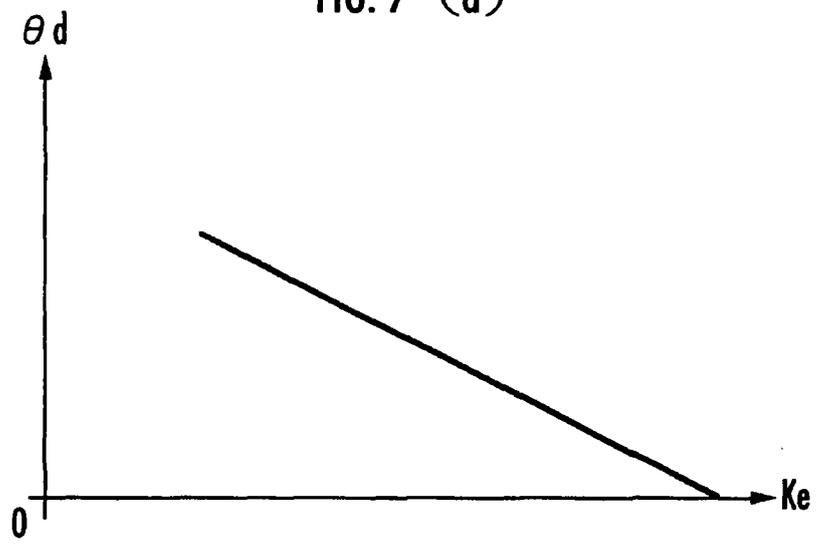


FIG. 7 (b)

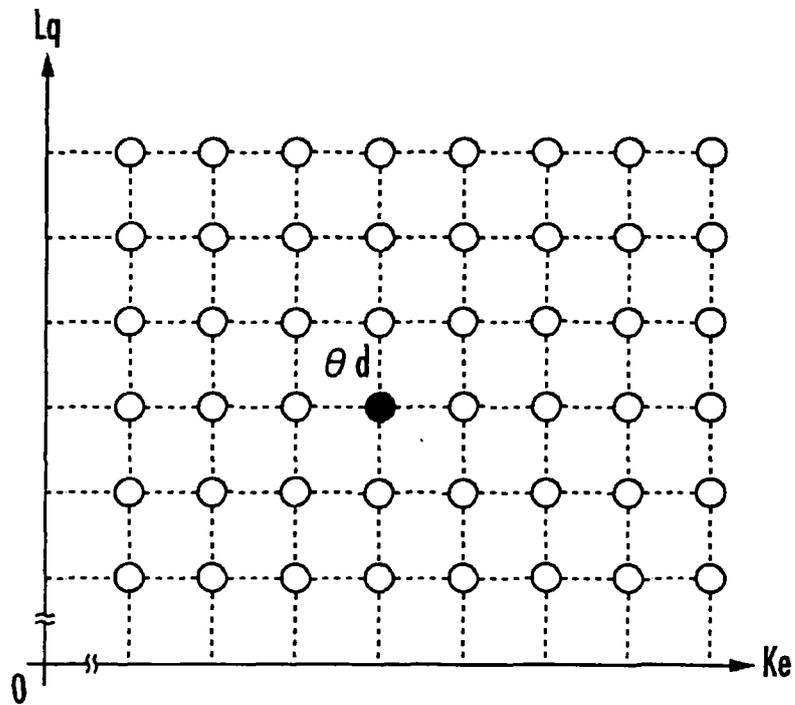


FIG. 8 (a)

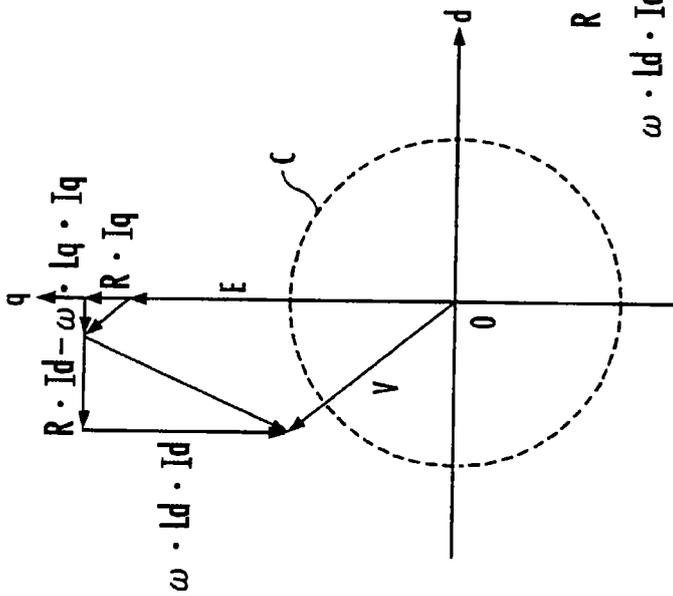


FIG. 8 (c)

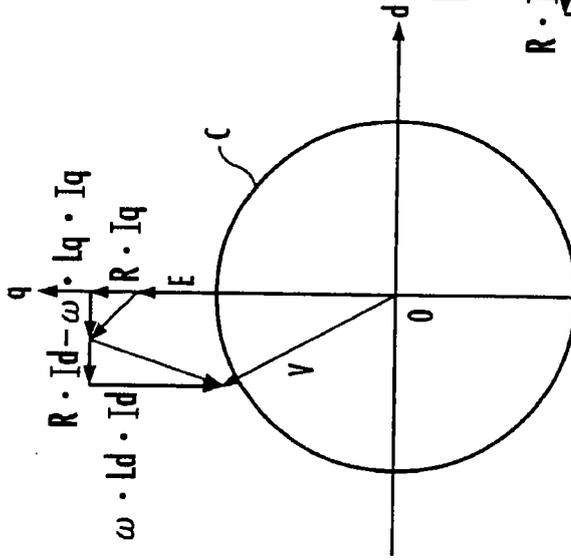


FIG. 8 (b)

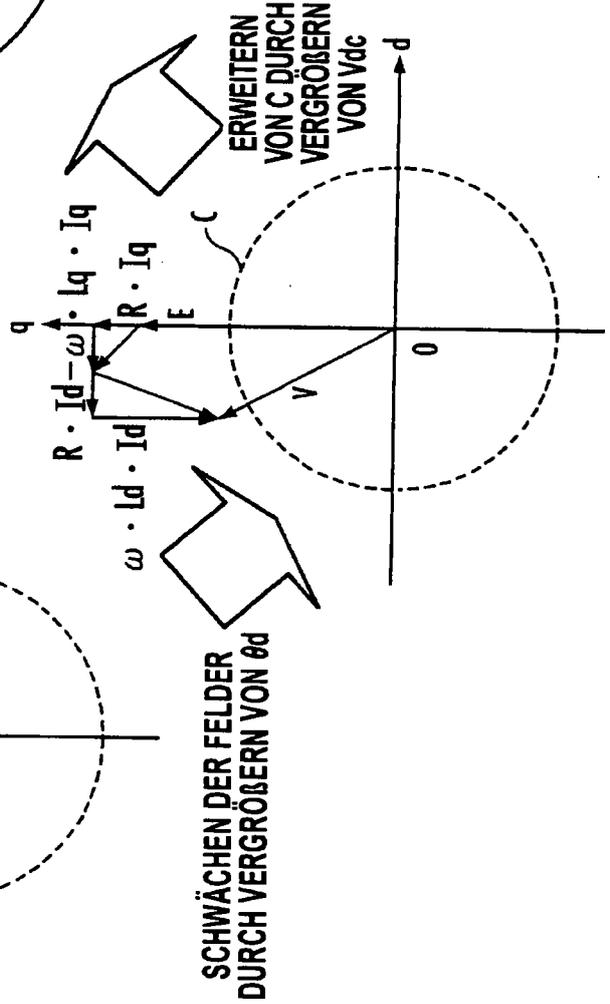


FIG. 8 (d)

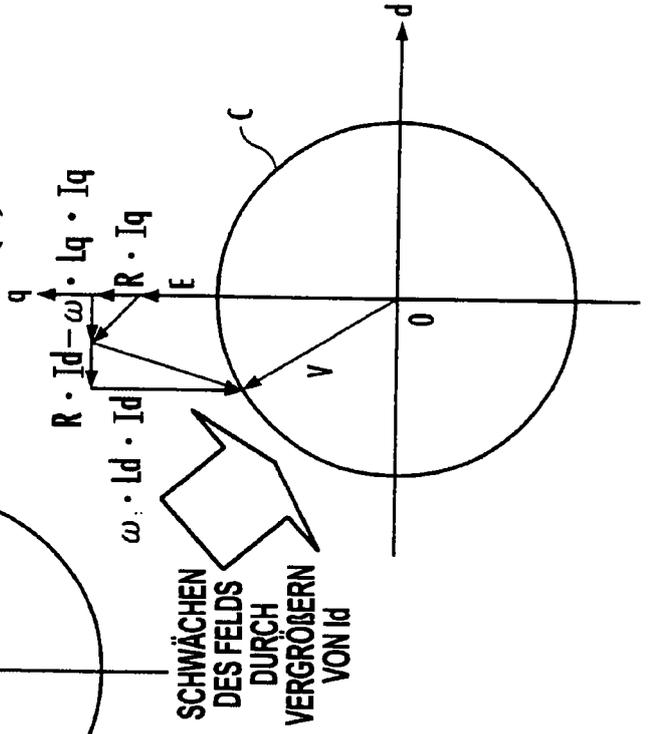
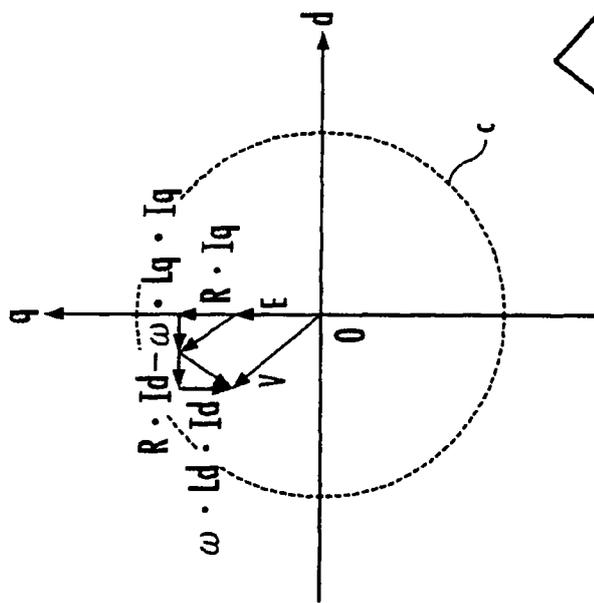


FIG. 9 (a)



STÄRKEN DES FIELDS  
DURCH VERKLEINERN VON  $\theta_d$

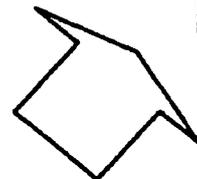
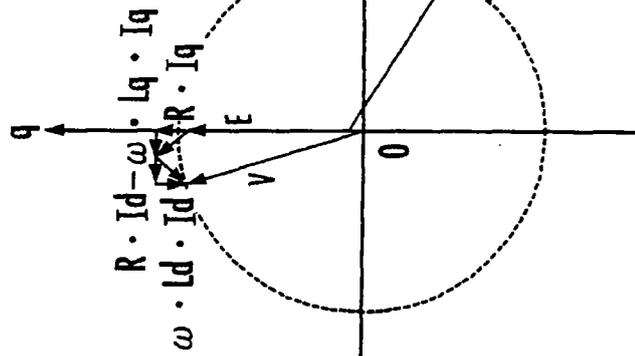
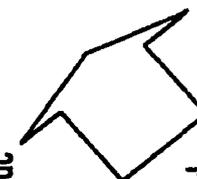


FIG. 9 (b)



VERKLEINERN VON C  
DURCH VERRINGERN  
VON  $V_{dc}$



E NIMMT ZU

FIG. 9 (c)

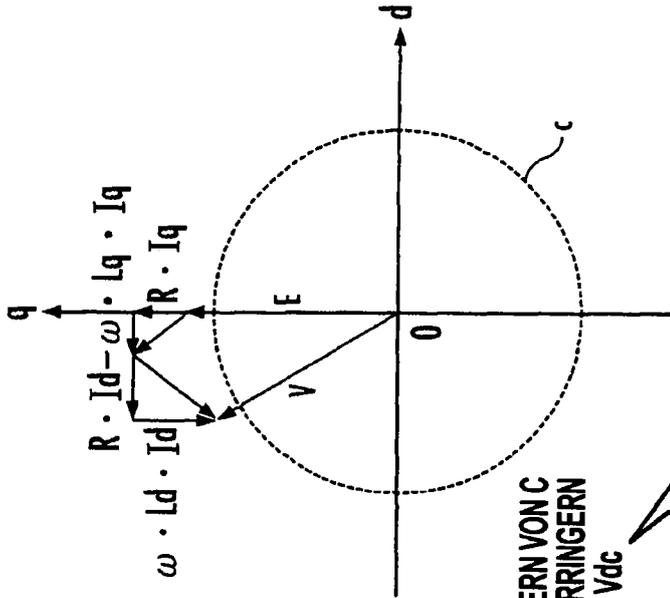


FIG.10

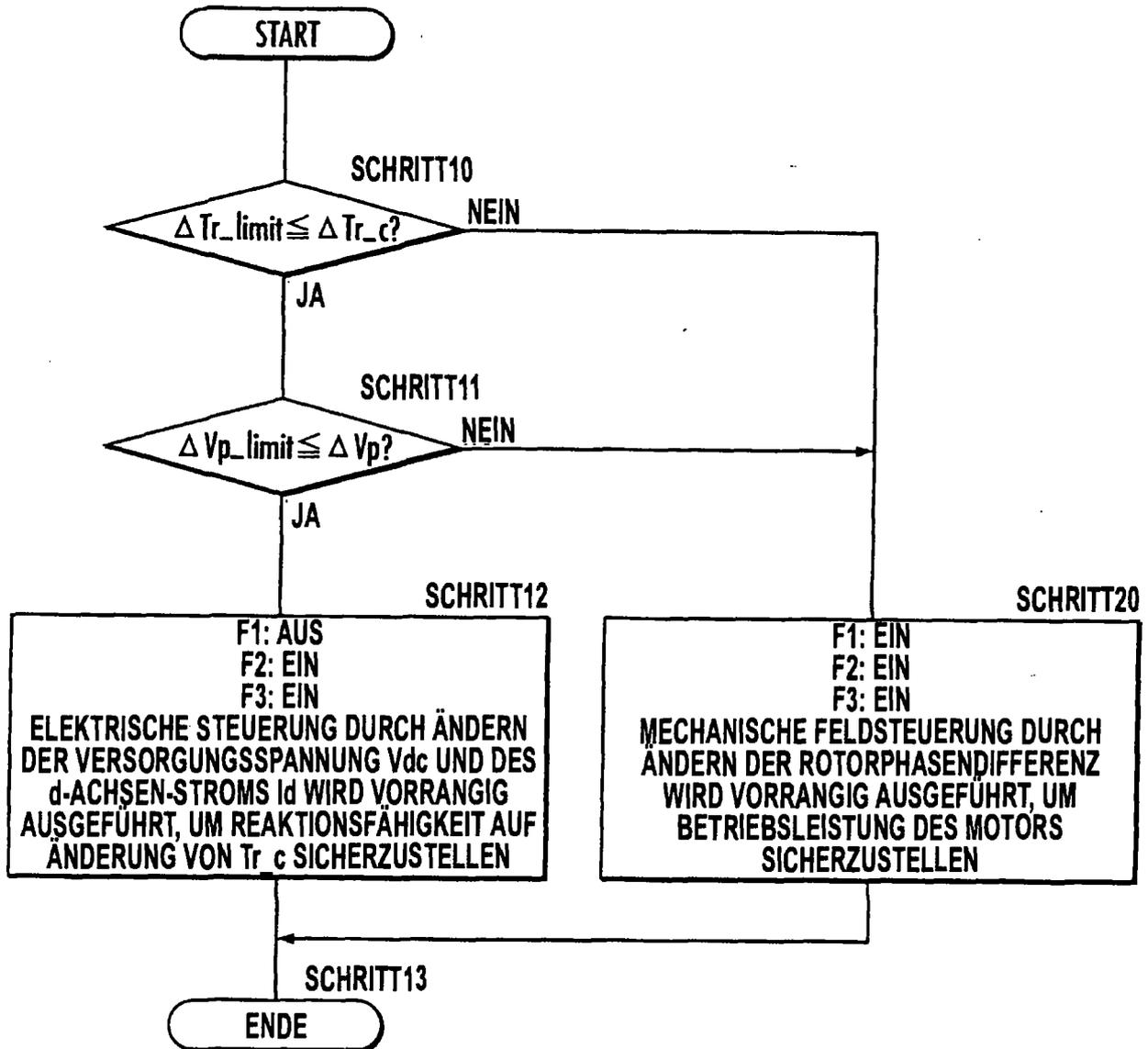


FIG.11

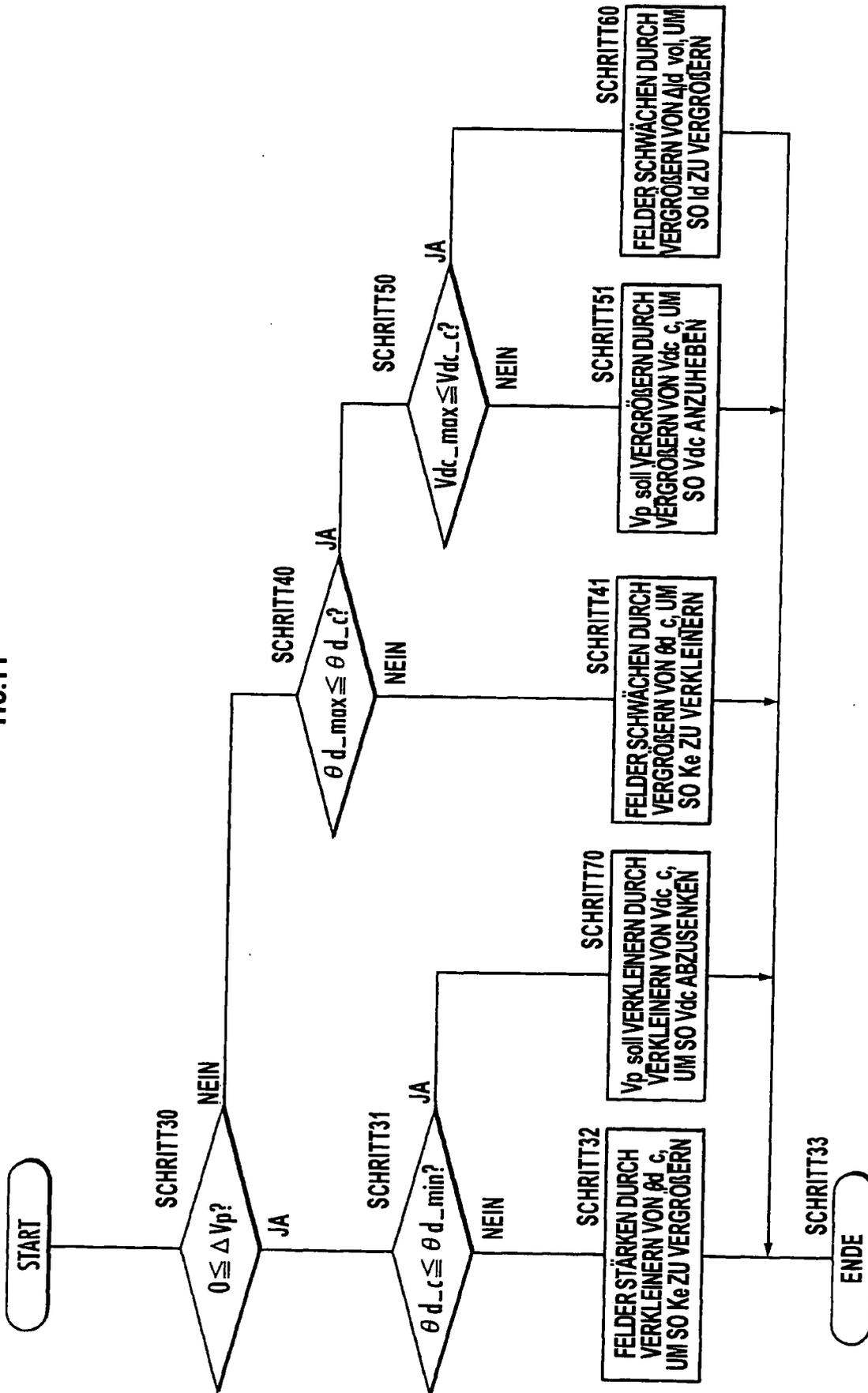


FIG. 12

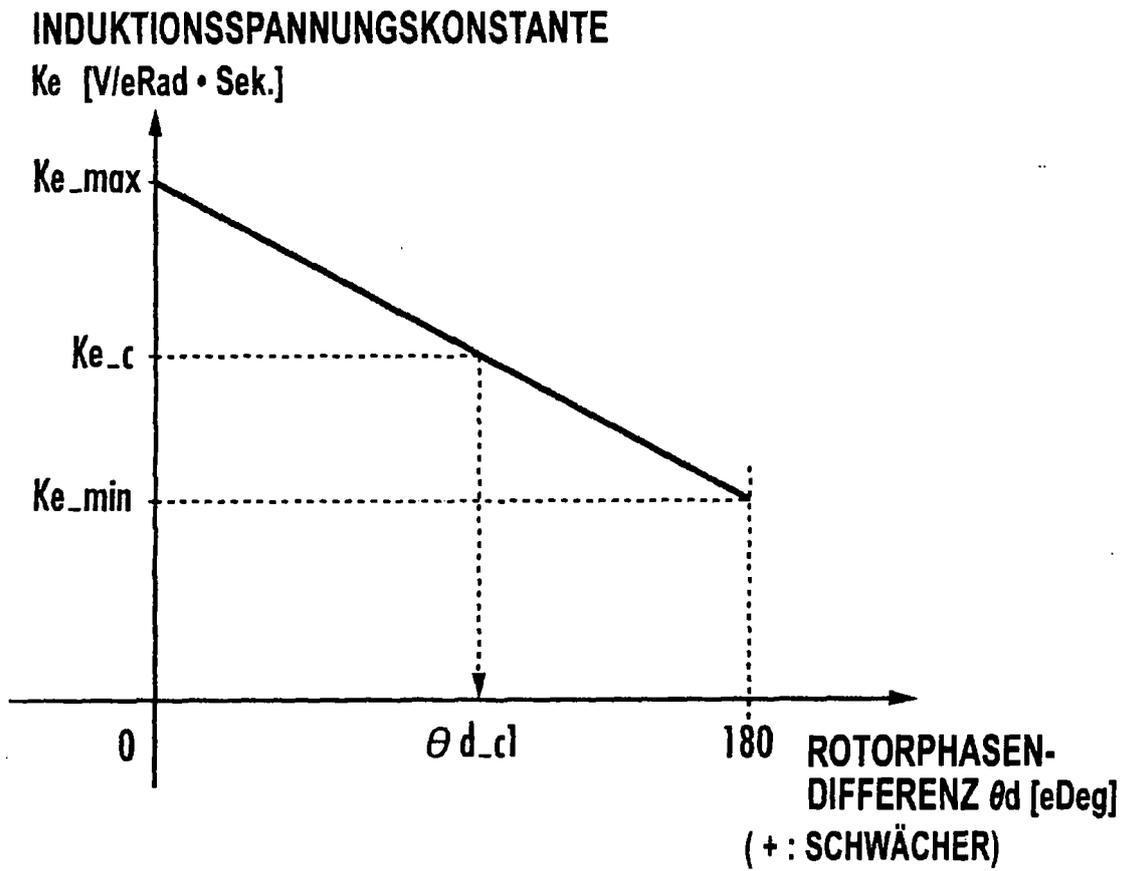


FIG. 13

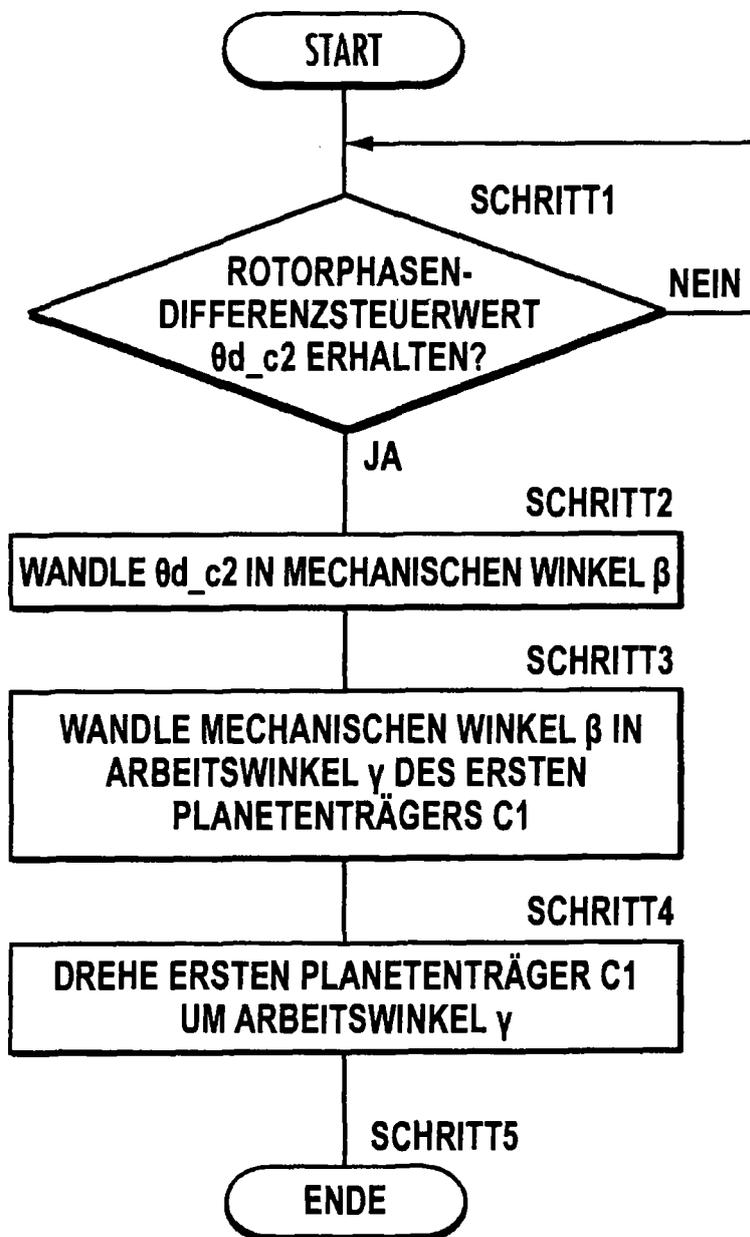


FIG. 14

