



(12) **Veröffentlichung**

der internationalen Anmeldung mit der  
 (87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2010/073866**  
 in deutscher Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2 IntPatÜG)  
 (21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2009 001 967.6**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2009/069872**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **25.11.2009**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **01.07.2010**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **14.07.2011**

(51) Int Cl.: **B60W 10/08 (2006.01)**  
**B60K 6/445 (2007.10)**  
**B60L 11/14 (2006.01)**  
**B60L 15/22 (2006.01)**  
**B60W 20/00 (2006.01)**  
**H02P 5/50 (2006.01)**

(30) Unionspriorität:  
**2008-327238**      **24.12.2008**      **JP**

(74) Vertreter:  
**KRAMER - BARSKE - SCHMIDTCHEN, 80687,  
 München, DE**

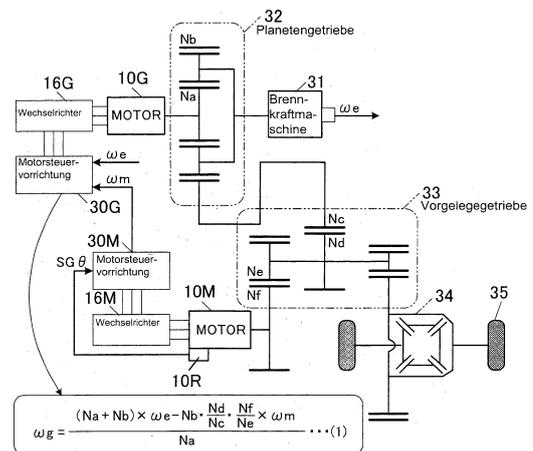
(71) Anmelder:  
**Aisin AW Co., Ltd., Aichi-ken, Anjo-shi, JP**

(72) Erfinder:  
**Chen, Zhigian, Aichi-ken, Anjo-shi, JP; Nishimura,  
 Keisuke, Aichi-ken, Anjo-shi, JP**

(54) Bezeichnung: **Motorsteuervorrichtung und Antriebsvorrichtung für ein Hybridfahrzeug**

(57) Hauptanspruch: Eine Hybridantriebsvorrichtung mit einem ersten Motor, einem Betriebsmechanismus, der den ersten Motor antriebsmäßig mit einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs verbindet, und einem zweiten Motor, der antriebsmäßig mit einem Antriebsrad verbunden ist, gekennzeichnet durch:

- einen Brennkraftmaschinendrehzahlsensor, der eine Drehzahl der Brennkraftmaschine erfasst;
- einen Magnetpolpositionssensor, der eine Magnetpolposition des zweiten Motors erfasst;
- einen Stromsensor, der einen zu dem ersten Motor fließenden Strom erfasst;
- eine sensorlose Motorsteuervorrichtung, die eine Magnetpolposition des ersten Motors basierend auf dem von dem Stromsensor erfassten Strom ermittelt und den ersten Motor antriebsmäßig steuert; und
- eine zweite Motorsteuervorrichtung, die den ersten Motor basierend auf der von dem Magnetpolpositionssensor erfassten Magnetpolposition antriebsmäßig steuert.



**Beschreibung**

## TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Motorsteuervorrichtung für ein Hybridfahrzeug und genauer bezieht sie sich auf eine Motorsteuervorrichtung, die eine sensorlose Vektorsteuerung verwendet, um antriebsmäßig einen von einem Motor, der von einer Brennkraftmaschine zur Erzeugung von Leistung angetrieben wird, und einem Motor, der ein Antriebsrad antreibt, antriebsmäßig zu steuern. Die Motorsteuervorrichtung der vorliegenden Erfindung kann in einer Antriebsvorrichtung für ein Hybridfahrzeug verwendet werden.

## STAND DER TECHNIK

**[0002]** Das Patentedokument 1 beschreibt die Erfassung eines Positionswinkels eines Synchronmotors ohne Verwendung eines Sensors, wobei ein biaxialer (b-Achse, q-Achse) Strom und eine biaxiale Spannung einer Vektorsteuerung periodisch erfasst werden, um eine induzierte Spannung zu berechnen, und ein Positionswinkel  $\theta$  eines Rotors basierend auf der induzierten Spannung, und den d-, q-Achsenströmen und Spannungen berechnet wird. Diese sensorlose Positionswinkelerfassung ist eine Hochdrehzahlpositionswinkelberechnung, die verwendet wird, wenn der Synchronmotor mit einer Drehzahl dreht, die eine genaue Berechnung der induzierten Spannung ermöglicht. Diese Berechnung kann nicht verwendet werden, wenn die induzierte Spannung niedrig ist und der Motor gestoppt ist oder mit einer niedrigen Drehzahl läuft, da entweder der Positionswinkel nicht berechnet werden kann oder die Berechnung eine große Fehlerspanne hat. Das Patentedokument 1 beschreibt weiter eine Antriebsvorrichtung für ein Hybridfahrzeug, das eine Kombination einer Brennkraftmaschine, eines Antriebsrades, eines ersten Motors, eines zweiten Motors und eines Antriebsstrangs ist, der den ersten Motor mit der Brennkraftmaschine verbindet und den zweiten Motor und die Brennkraftmaschine mit dem Antriebsrad verbindet.

**[0003]** In den Patentedokumenten 2 und 3 ist ebenfalls eine Antriebsvorrichtung für ein Hybridfahrzeug beschrieben. Um den Positionswinkel zu berechnen, wird ein Drehmelder verwendet, der ein Positionswinkelsignal erzeugt, das den Positionswinkel des Rotors darstellt; es erfolgt keine sensorlose Positionswinkelerfassung.

**[0004]** Im Patentedokument 4 wird eine induzierte Spannung eines Motors basierend auf einem d-Achsen Spannungsbefehl einer Motorvektorsteuerung und d-Achsen- und q-Achsenströmen des Motors berechnet. Eine Positionsberechnung berechnet dann einen Positionswinkel  $\theta$  basierend auf der induzierten Spannung, dem d-Achsen Spannungsbefehl und den

d-, q-Achsenströmen. Dies ist ebenfalls eine Hochgeschwindigkeitspositionswinkelberechnung.

Patentedokument 1: Japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. JP-A-H11-275884

Patentedokument 2: Japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. JP-A-2002-39008

Patentedokument 3: Japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. JP-A-2005-105957

Patentedokument 4: Japanische Patentanmeldungsveröffentlichung Nr. JP-A-2007-236015

**[0005]** Zusätzlich zu der Positionswinkelberechnung einer sensorlosen Motorantriebssteuerung, basierend auf einer Vektorsteuerung, gibt es eine Positionswinkelberechnung, die eine hohe Frequenz verwendet. Diese Berechnung stützt sich auf entweder das Zuführen (Einleiten) eines Hochfrequenzstroms in den Motor, oder auf eine harmonische Komponente eines Motorstroms. Orthogonale, biaxiale Induktanzen  $L_d$ ,  $L_q$  werden dann basierend auf dem Hochfrequenzstrom oder dem harmonischen Strom und der harmonischen Spannung und dem unter Verwendung von  $L_d$  und  $L_q$  als Parameter berechneten Positionswinkel geschätzt. Entsprechend diesem Verfahren wird, selbst wenn die induzierte Spannung niedrig ist und der Motor gestoppt ist oder mit geringer Drehzahl läuft, ein hochfrequenter Strom oder ein harmonischer Strom zugeführt, der durch eine PWM-Steuerung, die eine Treiberspannung anlegt, erzeugt wird. Daher kann die Positionswinkelberechnung mit hoher Rechengenauigkeit durchgeführt werden. Wenn ein hohes Moment (hoher Strom) übertragen wird, verursacht die magnetische Sättigung jedoch eine große Fehlerspanne in der Abschätzung der Induktanzen  $L_d$ ,  $L_q$ . Das heißt, die Positionswinkelberechnung hat eine große Fehlerspanne. Daher ist die Positionswinkelberechnung, die auf eine Zweiachseninduktanz gestützt ist, eine Niedriggeschwindigkeitspositionswinkelberechnung, die verwendet wird, wenn der Motor gestoppt ist oder mit geringer Drehzahl dreht.

**[0006]** Somit wurde in herkömmlicher Weise eine Anfangszustandsbestimmung in Betracht gezogen, bei der, wenn der Antrieb des Motors beginnt, die drei Phasen kurzgeschlossen und nach Ablauf einer vorbestimmten Zeitdauer der Dreiphasenstrom erfasst. Wenn der Dreiphasenstrom eine Schwelle übersteigt, wird der Motor als eindeutig drehend angesehen und eine Hochgeschwindigkeitspositionswinkelberechnung wird angewendet. Wenn der Dreiphasenstrom gleich einer oder kleiner als eine Schwelle ist, wird der Motor als gestoppt oder mit unsicherer Drehung angesehen und eine Niedriggeschwindigkeitspositionswinkelberechnung wird angewendet.

## OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

## Mit der Erfindung zu lösendes Problem

**[0007]** Da die drei Phasen kurzgeschlossen werden und eine vorbestimmte Zeitdauer für die Anfangszustandsbestimmung ablaufen kann, benötigt die Anfangszustandsbestimmung Zeit und erzeugt eine Verzögerung bis zum Anlassen und Laufen des Motors. Weiter legt der Dreiphasenkurzschluss ein Bremsmoment an den Antriebsstrang, wenn der Motor dreht, was einen Stoß im Antriebsstrang erzeugen kann.

**[0008]** Eine erste Aufgabe der Erfindung liegt darin, die Verlässlichkeit einer sensorlosen Vektorsteuerung einer Hybridantriebsvorrichtung zu verbessern, die eine Brennkraftmaschine, ein Antriebsrad, einen ersten Motor, einen zweiten Motor und einen dazwischen angeordneten Antriebsstrang enthält, in dem die sensorlose Vektorsteuerung zum Antrieb eines der Motoren verwendet wird. Eine zweite Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, die für die Anfangszustandsbestimmung des von der sensorlosen Vektorsteuerung angetriebenen Motors erforderliche Zeitdauer zu verkürzen. Eine dritte Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, Drehmomentschwankungen des mit der sensorlosen Vektorsteuerung angetriebenen Motors zu unterdrücken, die von der Anfangszustandsbestimmung verursacht sind.

## Mittel zur Lösung des Problems

(1) Eine Hybridantriebsvorrichtung hat einen ersten Motor (**10G**), einen Betriebsmechanismus, der den ersten Motor mit einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs antriebsmäßig verbindet, und einen zweiten Motor (**10M**), der antriebsmäßig mit einem Antriebsrad verbunden ist. Die Hybridantriebsvorrichtung ist dadurch gekennzeichnet, dass sie enthält: einen Brennkraftmaschinendrehzahlsensor, der eine Drehzahl der Brennkraftmaschine erfasst; einen Magnetpolpositionssensor (**10R**), der eine Magnetpolposition des zweiten Motors erfasst; einen Stromsensor (**14, 15**), der einen durch den ersten Motor fließenden Strom erfasst; eine sensorlose Motorsteuervorrichtung (**30G**), die eine Magnetpolposition des ersten Motors basierend auf dem von dem Stromsensor erfassten Strom ermittelt bzw. berechnet und den ersten Motor antriebsmäßig steuert; und eine zweite Motorsteuervorrichtung (**30M**), die den zweiten Motor basierend auf der von dem Magnetpolpositionssensor erfassten Magnetpolposition antriebsmäßig steuert.

**[0009]** Es sei darauf hingewiesen, dass Bezugssymbole für Elemente und andere Gegenstände, die später beschriebenen und in den Figuren gezeigten Ausführungsformen entsprechen oder diesen äquivalent

sind, vorstehend in Klammern für erläuternde Zwecke als ein Bezug enthalten sind, um das Verständnis der vorliegenden Erfindung zu erleichtern. Die nachfolgenden Bezugssymbole werden für den gleichen Zweck verwendet.

## Wirkungen der Erfindung

**[0010]** Kosten können gesenkt werden, da keine Notwendigkeit für einen Magnetpolpositionssensor (wie einen Drehmelder) besteht, um die Magnetpolposition eines ersten Motors zu erfassen. Für einen zweiten Motor, der direkt und antriebsmäßig mit einem Antriebsrad verbunden ist, wird dagegen ein Magnetpolpositionssensor verwendet. Daher kann eine Drehmomentabgabe an das Antriebsrad mit hoher Genauigkeit gesteuert werden, so dass der Fahrer keine Komforteinbuße erfährt.

(2) Bei der Hybridantriebsvorrichtung gemäß oben stehend (1) enthält die sensorlose Motorsteuervorrichtung (**30G**): Ein Hochdrehzahlermittlungsmittel (**45**), das die Magnetpolposition des ersten Motors (**10G**) basierend auf dem von dem Stromsensor (**14, 15**) erfassten Strom ermittelt, und ein Niederdrehzahlermittlungsmittel (**44**), das dem ersten Motor (**10G**) einen Hochfrequenzstrom überlagert und die Magnetpolposition ermittelt; ein erstes Motordrehzahlberechnungsmittel (**51**), das eine Drehzahl des zweiten Motors basierend auf der von dem Magnetpolpositionssensor (**10R**) erfassten Magnetpolposition des zweiten Motors (**10M**) berechnet und eine Drehzahl des ersten Motors (**10G**) basierend auf der Drehzahl des zweiten Motors und dem Brennkraftmaschinendrehzahlsensor berechnet; und ein Auswahlmittel (**52, 53**), das eines von Hochdrehzahlermittlungsmittel und Niederdrehzahlermittlungsmittel basierend auf der von dem ersten Motordrehzahlberechnungsmittel berechneten Drehzahl des ersten Motors auswählt, wobei der erste Motor antriebsmäßig basierend auf der Magnetpolposition gesteuert wird, die von einem von Hochdrehzahlermittlungsmittel und Niederdrehzahlermittlungsmittel ermittelt bzw. berechnet wird, das von dem Wählmittel gewählt wird.

**[0011]** Entsprechend wird die Drehzahl des ersten Motors basierend auf der Drehzahl der Brennkraftmaschine und der Drehzahl des zweiten Motors berechnet. Eines von dem Hochdrehzahlermittlungsmittel und dem Niederdrehzahlermittlungsmittel wird dann gewählt, um die Magnetpolposition des ersten Motors zu ermitteln. Daher kann die für die Bestimmung des Anfangszustandes des ersten Motors erforderliche Zeitdauer verkürzt werden.

**[0012]** Bei einer ersten Ausführungsform entsprechend vorstehend (1) und (2) hat die Motorsteuervorrichtung (**30G**), die den ersten Motor (**10G**) mit einer sensorlosen Vektorsteuerung beauf-

schlägt, eine Niederdrehzahlpositionsberechnungsfunktion (44) und eine Hochdrehzahlpositionsberechnungsfunktion (45), die beide einen Positionswinkel ( $\theta$ ) eines Rotors des ersten Motors (10G) berechnen, und hat weiter eine Positionswinkelberechnungswählfunktion (46). Basierend auf einer Drehzahl ( $\omega_e$ ) der Brennkraftmaschine, einer Drehzahl ( $\omega_m$ ) des zweiten Motors (10M) und einer Anzahl von Zahnrädern bzw. Zähnen ( $N_a$  bis  $N_f$ ) eines Antriebsstrangs, der die Verbindungen mit der Brennkraftmaschine, dem ersten Motor und dem zweiten Motor betrifft, berechnet die Positionswinkelberechnungswählfunktion (46) eine Drehzahl ( $\omega_g$ ) des ersten Motors. Wenn die Drehzahl des ersten Motors gleich oder kleiner als ein gesetzter Wert ( $\omega_T$ ) ist, wird der Positionswinkel ( $\theta$ ) von der Niederdrehzahlpositionsberechnungsfunktion (44) berechnet; wenn die Drehzahl den gesetzten Wert übersteigt, wird der Positionswinkel ( $\theta$ ) von der Hochdrehzahlpositionsberechnungsfunktion (45) berechnet. Der berechnete Positionswinkel ( $\theta$ ) wird dann als ein Positionswinkel ( $\theta$ ) der Motorsteuervorrichtung (30G) verwendet, auf den in einer Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und einer Zweiachsen/Dreiphasenwandlung für die sensorlose Vektorsteuerung Bezug genommen wird. Diese Ausführungsform ist nachfolgend unter (3) genauer beschrieben.

(3) Bei der sensorlosen Motorsteuervorrichtung entsprechend vorstehend in (2) enthält die sensorlose Motorsteuervorrichtung weiter: Eine Vektorsteuereinheit, die den ersten Motor durch Wandlung eines Dreiphasenstroms des ersten Motors in einen orthogonalen biaxialen Strom, Berechnung eines Biaxialspannungsbefehlswertes zum Anpassen des orthogonalen biaxialen Stroms an einen orthogonalen biaxialen Sollstrom, und Wandeln des Biaxialspannungsbefehlswertes in einen Dreiphasenstrom steuert; ein Stromfilter, das einen Hochfrequenzstrom aus dem orthogonalen biaxialen Strom extrahiert; und ein Spannungsfilter, das eine Hochfrequenzspannung aus dem Biaxialspannungsbefehlswert extrahiert, wobei das Niederdrehzahlermittlungsmittel die Magnetpolposition basierend auf dem von dem Stromfilter extrahierten Hochfrequenzstrom und der von dem Spannungsfilter extrahierten Hochfrequenzspannung berechnet.

[0013] In einer nachfolgend beschriebenen Ausführungsform wird die folgende Formel (1) zur Berechnung einer Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Motors 10G verwendet.

[Formel 1]

wobei bedeuten:

$N_a$ bis $N_f$ :	Anzahl der Zähne der jeweiligen Zahnräder (Fig. 2),
$\omega_e$ :	Drehzahl der Brennkraftmaschine und
$\omega_m$ :	Drehzahl des zweiten Motors.

[0014] Entsprechend wird die Drehzahl ( $\omega_g$ : Formel (1)) des ersten Motors basierend auf der Drehzahl ( $\omega_e$ ) der Brennkraftmaschine, der Drehzahl ( $\omega_m$ ) des zweiten Motors und der Anzahl der Zahnradzähne ( $N_a$  bis  $N_f$ ) des Antriebsstrangs berechnet. Daher kann der erste Motor antriebsmäßig ohne wesentliche Verzögerung und ohne einen Dreiphasenkurzschluss vorbestimmter Zeitdauer während der Anfangszustandsbestimmung gestartet werden. Zusätzlich tritt kein Drehmomentstoß auf, wie er bei einem herkömmlichen Dreiphasenkurzschluss verursacht wird.

(4) Bei der sensorlosen Motorsteuervorrichtung entsprechend vorstehend (3) enthält die sensorlose Motorsteuervorrichtung (30G) weiter: Ein Stromfilter (42), das einen Hochfrequenzstrom ( $i_{dh}$ ,  $i_{qh}$ ) aus dem Strom extrahiert, der aus einem Dreiphasenstrom in einen orthogonalen biaxialen Strom ( $i_d$ ,  $i_q$ ) gewandelt wurde; und ein Spannungsfilter (43), das eine Hochfrequenzspannung ( $V_{dh}^*$ ,  $V_{qh}^*$ ) aus dem Biaxialspannungsbefehlswert ( $V_d^*$ ,  $V_q^*$ ) extrahiert, wobei das Niederdrehzahlermittlungsmittel (44) den Positionswinkel ( $\theta$ ) basierend auf dem von dem Stromfilter (42) extrahierten Hochfrequenzstrom ( $i_{dh}$ ,  $i_{qh}$ ) und der von dem Spannungsfilter (43) extrahierten Hochfrequenzspannung ( $V_{dh}^*$ ,  $V_{qh}^*$ ) berechnet.

(5) Bei der sensorlosen Motorsteuervorrichtung entsprechend vorstehend (3) oder (4) enthält die sensorlose Motorsteuervorrichtung (30G) weiter: Ein Drehzahlberechnungsmittel (54), das die Drehzahl des ersten Motors basierend auf einem Positionswinkel berechnet, der in der Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und der Zweiachsen/Dreiphasenwandlung referenziert wurde, wobei, wenn eine Betriebsspannung ( $V_c$ ) an die sensorlose Motorsteuervorrichtung (30G) gelegt wird, eines von dem Niederdrehzahlermittlungsmittel (44) und dem Hochdrehzahlermittlungsmittel (45) unmittelbar den Positionswinkel berechnet, und die Wählfunktion (46) den von dem Niederdrehzahlermittlungsmittel (44) berechneten Positionswinkel wählt, wenn die von dem Drehzahlberechnungsmittel (54) berechnete Drehzahl gleich oder kleiner als ein gesetzter Wert ( $\theta_T$ ) ist, und den von dem Hochdrehzahlermittlungsmittel (45) berechneten Positionswinkel wählt, wenn die von dem Drehzahlberechnungsmittel (54) berechne-

te Drehzahl den gesetzten Wert ( $\omega_T$ ) übersteigt, als den bei der Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und der Zweiachsen/Dreiphasenwandlung zu referenzierenden Positionswinkel wählt.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0015] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das die Gruppierung von Zahnrädern in dem Antriebsstrang einer Hybridantriebsvorrichtung zeigt, die mit einer ersten Motorsteuervorrichtung **30G** installiert ist, die eine sensorlose Motorsteuervorrichtung entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist.

[0016] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das ein Antriebs- bzw. Treibersystem eines ersten und zweiten Elektromotors **10G**, **10M** zeigt, die in **Fig. 1** gezeigt sind, und ist ebenfalls ein Blockdiagramm, das eine funktionale Konfiguration entsprechend der ersten Ausführungsform einer Motorsteuervorrichtung **30** zeigt.

[0017] **Fig. 3** ist ein Blockdiagramm, das eine sensorlose Vektorsteuerfunktion der in **Fig. 2** gezeigten ersten Motorsteuervorrichtung **30G** zeigt.

[0018] **Fig. 4** ist ein Blockdiagramm, das eine Vektorsteuerfunktion der in **Fig. 2** dargestellten zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** zeigt.

#### Bezugszeichenliste

<b>10G, 10M</b>	ERSTER, ZWEITER ELEKTROMOTOR
<b>10R</b>	DREHMELDER
<b>11 bis 13</b>	DREIPHASENSTA- TORSPULE
<b>14, 15, 14M, 15M</b>	STROMSENSOR
<b>17</b>	FAHRZEUGBATTERIE
<b>18</b>	PRIMÄRSEITIGER KONDENSATOR
<b>19</b>	PRIMÄRSEITI- GER SPANNUN- GSENSOR
<b>21</b>	DROSSEL
<b>22</b>	SCHALTELEMENT (ZUR SPANNUN- GSERHÖHUNG)
<b>23</b>	SCHALTELEMENT (ZUR SPANNUN- GSERNIEDRIGUNG)
<b>24, 25</b>	DIODE
<b>27</b>	SEKUNDÄRSEITIGER KONDENSATOR
<b>28</b>	SEKUNDÄRSEITI- GER SPANNUN- GSENSOR
<b>42, 43</b>	FILTER

#### BESTER MODUS ZUM AUSFÜHREN DER ERFINDUNG

[0019] Weitere Ziele und Eigenschaften der vorliegenden Erfindung werden aus den nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen mit Bezugnahme auf die beigelegten Zeichnungen deutlich.

#### Erste Ausführungsform

[0020] **Fig. 1** zeigt die Gruppierung von Zahnrädern in einem Antriebsstrang einer Hybridantriebsvorrichtung, die mit einer ersten Motorsteuervorrichtung **30G** versehen ist, die eine sensorlose Motorsteuervorrichtung entsprechend einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist. Eine Brennkraftmaschine **31** ist mit einem Ritzel eines Planetengetriebemechanismus **32** verbunden und  $N_b$  ist eine Zähnezahl eines Hohlrades, das mit dem Ritzel kämmt. Ein Sonnenrad, das mit dem Ritzel kämmt, ist mit einem ersten Elektromotor **10G** verbunden, der ein erster Motor ist.  $N_a$  gibt die Zähnezahl des Sonnenrades an.  $N_c$  ist die Zähnezahl eines Zahnades eines Vorgelegegetriebemechanismus **33**, das ein Reaktionsmoment des Hohlrades aufnimmt, und  $N_d$  ist die Zähnezahl eines Übertragungszahnrades, das mit diesem Zahnrad kämmt. Ein Zahnrad mit einer Zähnezahl  $N_f$ , das mit dem Zahnrad mit der Zähnezahl  $N_e$  kämmt, das ebenfalls koaxial mit dem Übertragungsrad ist, ist mit einem zweiten Elektromotor **10M** verbunden, der ein zweiter Motor ist. Ein weiteres koaxial mit dem Übertragungsrad angeordnetes Zahnrad treibt ein Differentialgetriebe **34**, das mit dem Antriebsrad **35** verbunden ist.

[0021] Beide, der erste Elektromotor **10G** und der zweite Elektromotor **10M** der vorliegenden Ausführungsform sind Synchronmotoren mit eingebetteten Permanentmagneten. Der erste Elektromotor **10G** wird über einen Wechselrichter **16G** von einer sensorlosen Vektorsteuerung angetrieben, die von der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** durchgeführt wird, die eine sensorlose Motorsteuervorrichtung ist. Der zweite Elektromotor **10M** wird über einen Wechselrichter **10M** von einer zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** angetrieben, die eine Motorsteuervorrichtung ist, die eine Vektorsteuerung durchführt. Basierend auf einem elektrischen Winkelsignal  $SG\theta$  eines Drehmellers **10R** berechnet die zweite Motorsteuervorrichtung **30M** einen Positionswinkel  $\theta$  und eine Drehzahl  $\omega_m$  und verwendet beide, um eine Vektorsteuerberechnung durchzuführen.

[0022] Die Drehzahlgeschwindigkeit bzw. Drehzahl  $\omega_m$  des zweiten Elektromotors **10M**, die von der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** basierend auf dem Positionswinkelsignal  $SG\theta$  des Drehmellers **10R** berechnet wurde, und die Drehzahl  $\omega_e$  der Brennkraftmaschine werden der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** zugeführt. Die erste Motorsteuervorrichtung **30G**

berechnet dann eine Drehzahl  $\omega$  unter Verwendung der Formel (1).

**[0023]** Fig. 2 zeigt ein Schaltbild elektrischer Verbindungen zwischen den Elektromotoren, den Wechselrichtern, den Motorsteuervorrichtungen und einem Konverter bzw. Wandler, der den Wechselrichtern Leistung zuführt, nämlich ein Motorantriebssystem. Bei dieser Ausführungsform treibt beim Start der Brennkraftmaschine **31** der erste Elektromotor **10G**, der als ein Motor (Stator) wirkt, die Brennkraftmaschine **31** drehmäßig an. Während der Drehung (Betrieb) der Brennkraftmaschine **31** wird der erste Elektromotor **10G** von der Brennkraftmaschine **31** drehangetrieben und als ein Dynamotor zur Erzeugung von Leistung verwendet. Der zweite Elektromotor **10M** wird als ein Motor verwendet, der das Antriebsrad **35** drehantreibt, und wird auch für ein dynamisches Bremsen verwendet. Eine Batterie **17** ist ein Akkumulator in dem Fahrzeug und schließt einen primärseitigen Kondensator **18** an, wenn eine elektrische Komponente im Fahrzeug angeschaltet wird. Zusammen mit der Batterie **17** bildet der primärseitige Kondensator **18** eine primärseitige Gleichstromleistungsquelle. Ein Spannungssensor **19** sendet ein Spannungserfassungssignal  $V_{dc}$ , das die Spannung des primärseitigen Kondensators **18** (Spannung der Fahrzeugbatterie **17**) darstellt, an die Motorsteuervorrichtung **30**. Bei dieser Ausführungsform wird in dem Spannungssensor **19** ein Spannungsteiler verwendet. Die positive Elektrode („+“-Leitung) der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle ist mit einem Ende einer Drossel **21** eines Wandlers **20** verbunden.

**[0024]** Der Wandler **20** enthält weiter einen spannungserhöhenden Halbleiterschalter **22**, der ein Schaltelement zur Spannungserhöhung ist, das zwischen einem anderen Ende der Drossel **21** und der negativen Elektrode („-“-Leitung) der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle an- und ausschaltet; ein Rückgewinnungshalbleiterschalter **23**, der ein Schaltelement zur Rückgewinnung ist, das zwischen dem anderen Ende der Drossel **21** und der positiven Elektrode eines sekundärseitigen Kondensators **27** an- und ausschaltet; und Dioden **24**, **25**, die parallel zu den jeweiligen Halbleiterschaltern **22**, **23** geschaltet sind.

**[0025]** Wenn der Spannungserhöhungshalbleiterschalter **22** angeschaltet wird (leitend), fließt Strom von der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle (**17**, **18**) durch die Drossel **21** zu dem Schalter **22**, und die Drossel **21** sammelt entsprechend Leistung bzw. Energie. Wenn der Schalter **22** ausgeschaltet wird (nicht leitend), schickt die Drossel **21** durch die Diode **25** eine Hochspannungsentladung zu dem sekundärseitigen Kondensator **27**. Mit anderen Worten wird eine höhere Spannung als die Spannung der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle induziert, um den sekundärseitigen Kondensator **27** zu laden. Wie-

derholtes An- und Ausschalten des Schalters **22** ermöglicht eine kontinuierliche Hochdruckladung des sekundärseitigen Kondensators **27**. Das heißt, der sekundärseitige Kondensator **27** wird auf eine hohe Spannung geladen. Wiederholtes An- und Ausschalten in regelmäßigen Zyklen vergrößert die von der Drossel **21** gesammelte Leistung, abhängig von der Länge der An-Dauer. Daher kann durch Einstellen der An-Zeit in einem regulären Zyklus (An-Tastverhältnis: Verhältnis der An-Zeit zu dem regelmäßigen Zyklus) nämlich durch Durchführen einer PWM-Steuerung, die Geschwindigkeit, mit der Leistung aus der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle **17**, **18** durch den Wandler dem sekundärseitigen Kondensator **27** zugeführt wird (Zuführungsgeschwindigkeit für Leistungsbetrieb) eingestellt werden.

**[0026]** Wenn der Rückgewinnungshalbleiterschalter **23** angeschaltet ist (leitend), wird die in dem sekundärseitigen Kondensator **27** angesammelte Energie der primärseitigen Gleichstromleistungsquelle **17**, **18** durch den Schalter **23** und die Drossel **21** (Rückwärtsleistungsversorgung: Rückgewinnung) zugeführt. In diesem Fall sowie, indem die An-Zeit des Schalters **23** in einem regulären Zyklus eingestellt wird, nämlich mittels Durchführung einer PWM-Steuerung, kann die Geschwindigkeit, mit der Leistung rückwärts von dem sekundärseitigen Kondensator **27** zu der primärseitigen Gleichstromleistungsversorgung **17**, **18** durch den Wandler **20** zugeführt wird (Zuführungsgeschwindigkeit für Rückgewinnung) eingestellt werden.

**[0027]** Der Spannungswechselrichter **16** enthält sechs Schalttransistoren  $Tr_1$  bis  $Tr_6$ . Die Transistoren  $Tr_1$  bis  $Tr_6$  werden basierend auf sechs Treibersignalen, die parallel von einer Treiberschaltung **29** erzeugt werden, angeschaltet (leitend). Die Gleichspannung des sekundärseitigen Kondensators **27** (Ausgangsspannung des Wandlers **20**, d. h. Sekundärspannung) wird in drei Wechselspannungen gewandelt, deren Phasendifferenz  $2\pi/3$  ist, nämlich eine Dreiphasenwechselspannung, und entsprechend den drei Phasen (U-Phase, V-Phase, W-Phase) Statorspulen **11** bis **13** des ersten Elektromotors **10G** zugeführt. Somit fließen jeweilige Phasenströme  $i_U$ ,  $i_V$ ,  $i_W$  zu den Statorspulen **11** bis **13** des ersten Elektromotors **10G** und drehen den Rotor des ersten Elektromotors **10G**. Um die Leistungsversorgungseigenschaften zum Treiben (Schalten) der Transistoren  $Tr_1$  bis  $Tr_6$  in den An- und Aus-Zustand unter Verwendung eines PWM-Pulses zu verbessern und Spannungsstöße zu vermeiden, ist die sekundärseitige Ausgangsleitung des Wandlers **20**, die die Eingangsleitung des Wechselrichters **16** ist, mit dem sekundärseitigen Hochkapazitätskondensator **27** verbunden. Der primärseitige Kondensator **18**, der die primärseitige Gleichstromleistungsquelle bildet, ist klein, mit geringen Kosten und kleiner Kapazität. Die Kapazität des primärseitigen Kondensators **18** ist

deutlich kleiner als die Kapazität des sekundärseitigen Kondensators **27**. Der Spannungssensor **28** erfasst eine Sekundärspannung  $V_{uc}$  des Wandlers **20** und schickt das Erfassungsergebnis zu der ersten Motorsteuervorrichtung **30G**. Die mit den Statorspulen **11**, **12** des Elektromotors **10** verbundene Leistungsversorgungsleitung ist mit Stromsensoren **14**, **15** versehen, die einen Hall-IC verwenden. Die jeweiligen Stromsensoren **14**, **15** erfassen die Phasenströme  $i_V$ ,  $i_W$  und erzeugen Stromerfassungssignale (Analogspannung), die der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** zugeführt werden.

**[0028]** **Fig. 3** zeigt eine funktionale Konfiguration der ersten Motorsteuervorrichtung **30G**. In der vorliegenden Ausführungsform ist die erste Motorsteuervorrichtung **30G** eine elektronische Steuereinheit, deren Hauptkörper aus einem digitalen Signalprozessor (DSP) besteht. Die Motorsteuervorrichtung **30** enthält in der Zeichnung nicht dargestellte Interfaces (Signalverarbeitungsschaltungen) zwischen sich und der Treiberschaltung **29G**, den Stromsensoren **14**, **15**, dem Primärspannungssensor **19** und dem Sekundärspannungssensor **28**, und enthält weiter in der Zeichnung nicht dargestellte Interfaces (Kommunikationsschaltungen) zwischen sich und einem Hauptcontroller eines Fahrzeugfahrsteuersystems (nicht dargestellt) in dem Fahrzeug.

**[0029]** Bezug nehmend auf **Fig. 3** berechnen eine erste Positionsberechnung **44**, die ein Niederdrehzahlberechnungs- bzw. -ermittlungsmittel ist, und eine zweite Positionsberechnung **45**, die ein Hochdrehzahlberechnungs- bzw. -ermittlungsmittel ist, einen Drehwinkel (Positionswinkel)  $\theta$  des Rotors des ersten Elektromotors **10G**. Eine Drehzahlberechnung **54** berechnet eine Drehzahl (Winkelgeschwindigkeit)  $\omega_g$ , basierend auf dem Positionswinkel  $\theta$ . Um genauer zu sein, der Positionswinkel und die Magnetpolposition des Rotors des ersten Elektromotors **10G** sind nicht die gleichen; jedoch haben die beiden eine proportionale Beziehung und der Proportionalitätskoeffizient wird von der Magnetpolzahl  $p$  des Elektromotors **10** bestimmt. Weiter haben die beiden, obwohl der Drehwinkel und die Winkelgeschwindigkeit nicht die gleichen sind, eine proportionale Beziehung und der Proportionalitätskoeffizient wird von der Magnetpolzahl  $p$  des ersten Elektromotors **10G** bestimmt. In der vorliegenden Beschreibung bezieht sich der Positionswinkel  $\theta$  auf die Magnetpolposition. Die Drehzahl  $\omega$  bezieht sich auf die Winkelgeschwindigkeit und kann sich ebenfalls auf die Drehzahl beziehen.

**[0030]** Der Hauptcontroller des Fahrzeugfahrsteuersystems (nicht dargestellt) schickt ein Motorsollmoment  $TG^*$  an die erste Motorsteuervorrichtung **30G**. Man beachte, dass der Hauptcontroller ein vom Fahrzeug gefordertes Drehmoment  $TO^*$ , basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Drosselklappenöffnung berechnet, Sollmomente  $TG^*$ ,  $TM^*$  des

ersten und des zweiten Motors erzeugt, die dem erforderlichen Fahrzeugmoment  $TO^*$  entsprechen, und dann jeweils die Sollmomente  $TG^*$ ,  $TM^*$  des ersten und des zweiten Motors an die erste und die zweite Motorsteuervorrichtung **30G**, **30M** sendet. Beim Start der Brennkraftmaschine ist das Sollmoment  $TG^*$  des ersten Motors ein hoher positiver Wert, damit der erste Elektromotor **10G** die Brennkraftmaschine **31** dreht (startet) und das Sollmoment  $TM^*$  des zweiten Motors hat einen Wert (Null), der das Antriebsrad nicht antreibt. Wenn die Brennkraftmaschine in Betrieb ist (dreht), ist das Sollmoment  $TG^*$  des ersten Motors ein negativer Wert (Leistungserzeugung spezifizierender Wert), der eine erforderliche Größe der zu erzeugenden Leistung spezifiziert, und das Sollmoment  $TM^*$  des zweiten Motors hat einen erforderlichen positiven Wert, um das Antriebsrad anzutreiben. Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** gibt eine Drehzahl  $\omega_g$  [U/min] des ersten Elektromotors **10G** an den Hauptcontroller. Die zweite Motorsteuervorrichtung **30M** gibt eine Drehzahl  $\omega_m$  [U/min] des zweiten Elektromotors **10M** an den Hauptcontroller und die erste Motorsteuervorrichtung **30G**.

**[0031]** Entsprechend einer Drehmomentbefehls-grenze **36** liest die erste Motorsteuervorrichtung **30G** aus einer Grenzmomenttabelle (Nachschlagtabelle) ein Grenzmoment  $TG^*_{max}$ , das der Drehzahl  $\omega_g$  und einer Obergrenze  $V_{max}$  der Ausgangsspannung (Sekundärspannung) des Wandlers **20** entspricht. Wenn das Motorsollmoment  $TG^*$   $TG^*_{max}$  übersteigt, wird  $TG^*_{max}$  als ein Sollmoment  $T^*$  gesetzt. Wenn das Motorsollmoment  $TG^*$  gleich oder kleiner als  $TG^*_{max}$  ist, wird das Motorsollmoment  $TG^*$  als das Sollmoment  $T^*$  gesetzt. Das Motorsollmoment  $T^*$ , das mit einer solchen Begrenzung versehen erzeugt wird, wird an eine Ausgangsberechnung **37** gesendet und wird auch in einer zweiten Sollspannungsberechnung verwendet.

**[0032]** Man beachte, dass die Grenzmomenttabelle ein Speicherbereich ist, in dem die Obergrenze  $V_{max}$  der Sekundärspannung und Spannungswerte in dem Bereich der Drehzahl als Adressen geschrieben sind, und das Maximalmoment, mit dem der erste Elektromotor **10G** bei jeder Spannung belastet (beaufschlagt) werden kann, als ein Grenzmoment  $TG^*_{max}$  geschrieben ist. Bei der vorliegenden Ausführungsform bezieht sich die Grenzmomenttabelle auf einen Speicherbereich eines RAM (nicht dargestellt) in der ersten Motorsteuervorrichtung **30G**. Das Grenzmoment  $TG^*_{max}$  wird größer, wenn die Obergrenze  $V_{max}$  der Sekundärspannung zunimmt, und kleiner, wenn die Obergrenze  $V_{max}$  abnimmt. Zusätzlich wird das Grenzmoment  $TG^*_{max}$  größer, wenn die Drehzahl  $\omega_g$  abnimmt, und kleiner, wenn die Drehzahl  $\omega_g$  zunimmt.

**[0033]** In der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** ist ein nicht flüchtiger Speicher, der mit dem Wert

TG\*max der Grenzmomenttabelle beschrieben ist. Wenn an die erste Motorsteuervorrichtung **30G** Betriebsspannung gelegt wird, liest die erste Motorsteuervorrichtung **30G** TG\*max aus dem nicht flüchtigen Speicher aus und schreibt TG\*max bei ihrer Initialisierung in den RAM und ein Motorantriebssystem, das in [Fig. 1](#) gezeigt ist. Später wird darauf hingewiesen werden, dass eine Mehrzahl von anderen ähnlichen Nachschlagtabellen in der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** ist. Ähnlich der Grenzmomenttabelle beziehen sich diese Nachschlagtabellen auf Speicherbereiche des RAM, die mit Referenzdaten in dem nicht flüchtigen Speicher beschrieben sind.

**[0034]** Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** bestimmt, ob Leistungsbetrieb (Motorbetrieb) oder Rückgewinnung (Generatorbetrieb) durchgeführt werden soll, basierend auf dem Sollmoment  $T^*$  und der Drehzahl  $\omega_g$ . Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** liest eine Sekundärsollspannung  $V_{uc}^*$ , die der Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Elektromotors **10G** zugeordnet ist, aus einer Sekundärsollspannungstabelle aus, die dem Sollmoment  $T^*$  in einer „Leistungsbetrieb“-Gruppe bei Leistungsbetrieb, und in einer „Rückgewinnung“-Gruppe bei Rückgewinnung zugeordnet ist. Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** steuert dann den Wandler **20** über die Treiberschaltung **26** derart, dass die von dem Sensor **28** erfasste Sekundärsollspannung der Sollspannung  $V_{uc}^*$  entspricht.

**[0035]** Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** verwendet die Ausgangsberechnung **37** und eine Motorstromsteuerung **39**, um eine Rückkopplungssteuerung des Motorstroms durchzuführen, basierend auf einer Vektorsteuerungsberechnung auf einem herkömmlichen d-q-Achsenmodell, bei dem die d-Achse die Richtung eines Paares von Magnetpolen im Rotor des ersten Elektromotors **10G** ist und die q-Achse die Richtung senkrecht zur d-Achse ist. Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** berechnet dann Motorbeaufschlagungsspannungen (Sollspannungen)  $V_d^*$ ,  $V_q^*$ , um die Motorstromwerte  $i_d$ ,  $i_q$  den Sollwerten  $i_d^*$ ,  $i_q^*$  anzugleichen. Basierend auf einer Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** unter Verwendung des Positionswinkels  $\theta$  wandelt die erste Motorsteuervorrichtung **30G** anschließend die Sollspannungen in die Dreiphasensollspannungen  $V_U^*$ ,  $V_V^*$ ,  $V_W^*$ , erzeugt Wechselrichtersteuersignale (PWM-Impulse) MU, MV, MW zum Zuführen der Sollspannungen zu dem ersten Elektromotor **10G** und gibt diese an die Treiberschaltung **29G** aus.

**[0036]** Um den Motorstrom rückzukoppeln, wandelt die erste Motorsteuervorrichtung **30G** die Stromerfassungssignale  $i_V$ ,  $i_W$  aus den Stromsensoren **14**, **15** digital und liest sie. In einer Stromrückkopplung **38** verwendet die erste Motorsteuervorrichtung **30G** eine Dreiphasen/Zweiphasenwandlung, die eine herkömmliche Wandlung ortsfester Koordinaten in drehende Koordinaten ist, die einen Positionswinkel  $\theta$

verwendet, um die Dreiphasenstromwerte  $i_U$ ,  $i_V$ ,  $i_W$  eines ortsfesten Koordinatensystems in Zweiphasenstromwerte  $i_d$ ,  $i_q$  für die d-Achse und q-Achse eines drehenden Koordinatensystems zu transformieren. Es sei darauf hingewiesen, dass  $i_U + i_V + i_W = 0$  und  $i_U$  basierend auf dieser Annahme berechnet wird.

**[0037]** In der Ausgangsberechnung **37** wird eine erste Hocheffizienzmomentkurventabelle A, die eine Nachschlagtabelle ist, verwendet. Die erste Hocheffizienzmomentkurventabelle ist mit d-Achsen Stromwerten  $i_d$  beschrieben, die mit der Motordrehzahl  $\omega_g$  und dem Motorsollmoment  $T^*$  verknüpft sind und verwendet werden, um die Sollmomente  $T^*$  bei jeder Motordrehzahl zu erzeugen oder zu belasten. Der Ausdruck „Drehmomenterzeugung“ wird für den Motorbetrieb verwendet und „Drehmomentbelastung (Beaufschlagung)“ für den Generatorbetrieb; in der vorliegenden Beschreibung sind jedoch beide in dem Konzept der Solldrehmomenterzeugung enthalten.

**[0038]** Das Ausgangsmoment (positiver Wert: Motorbetrieb, negativer Wert: Generatorbetrieb) des ersten Elektromotors **10G** wird im Hinblick auf die Werte des d-Achsenstroms  $i_d$  und des q-Achsenstroms  $i_q$  gesetzt. Für eine Drehzahl, d. h. bei gleicher Motordrehzahl, gibt es eine unbegrenzte Zahl von  $i_d$ -,  $i_q$ -Kombinationen zur Ausgabe des gleichen Drehmoments, die auf einer Kurve konstanten Drehmoments angezeigt sind. Die  $i_d$ -,  $i_q$ -Kombinationen mit höchster Effizienz der Energienutzung (geringster Energieverbrauch) auf der Kurve konstanten Drehmoments ist ein Hocheffizienzmomentpunkt. Eine Kurve, die die Hocheffizienzmomentpunkte auf einer Mehrzahl von Drehmomentkurven verbindet, ist eine Hocheffizienzmomentkurve, die im Hinblick auf jede Drehzahl existiert. Der d-Achsenstrom  $i_d$  und der q-Achsenstrom  $i_q$  für die Stellung des gegebenen Motorsollmoments  $T^*$  auf der Hocheffizienzmomentkurve für die Motordrehzahl werden als Sollstromwerte zum Belasten des ersten Elektromotors **10G** genommen. Der erste Elektromotor **10G** gibt somit das Sollmoment  $T^*$  aus/ein (nimmt auf) und dieses Belasten des Motors führt zu einem höheren energetischen Wirkungsgrad für den Motor/Generator-Betrieb.

**[0039]** In der vorliegenden Ausführungsform wird die Hocheffizienzmomentkurve in zwei Systeme unterteilt: Die erste Hocheffizienzmomentkurve A stellt d-Achsenwerte dar und eine zweite Hocheffizienzmomentkurve B stellt q-Achsenwerte dar. Weiter ist die erste Hocheffizienzmomentkurve A ein Paar von Kurven, wobei eine für den Leistungsbetriebsbereich und eine für den Rückgewinnungsbereich anwendbar ist; beide stellen den d-Achsenstrom im Hinblick auf die Motordrehzahl und das Sollmoment dar.

**[0040]** Die erste Hocheffizienzmomentkurventabelle A ist ein Speicherbereich, der mit dem Sollmoment

$T^*$  beschrieben ist, das mit den d-Achsenströmen gekoppelt ist, um das Sollmoment bei geringstem Energieverbrauch zu erzeugen, und wird von einem Paar gebildet, das aus einer Leistungsbetriebstabelle A1 für Leistungsbetrieb und einer Rückgewinnungstabelle A2 für Rückgewinnung besteht. Um zu bestimmen, welche der Leistungsbetriebstabelle und Rückgewinnungstabelle verwendet wird, wird zunächst bestimmt, ob ein Leistungsbetrieb (Motorbetrieb) oder Rückgewinnung (Generatorbetrieb) durchgeführt werden soll, basierend auf der Drehzahl  $\omega$  des Elektromotors und dem gegebenen Sollmoment  $T^*$ , und eine der Tabellen wird basierend auf dem Bestimmungsergebnis ausgewählt.

**[0041]** In einer d-Achsenstrombefehlsberechnung innerhalb der Ausgangsberechnung **37** subtrahiert die erste Motorsteuervorrichtung **30G** einen d-Achsenfeldschwächstrom  $\Delta id$  von dem d-Achsenstromwert  $id$ , der aus der ersten Hocheffizienzmomentkurventabelle A entsprechend dem von der Drehmomentbefehlsbegrenzung **36** bestimmten Sollmoment  $T^*$  ausgelesen wird. Die erste Motorsteuervorrichtung **30G** berechnet dann einen d-Achsenstrom  $id^*$  als

$$id^* = id - \Delta id.$$

**[0042]** Eine q-Achsenstrombefehlsberechnung verwendet die zweite Hocheffizienzmomentkurventabelle B, die in der Ausgangsberechnung **37** ist. Die zweite Hocheffizienzmomentkurventabelle B korrigiert die zweite Hocheffizienzmomentkurve B, die die q-Achsenwerte der Hocheffizienzmomentkurve darstellt, zu einer Kurve, die den q-Achsenstrom nach Subtraktion eines q-Achsenfeldschwächstroms  $\Delta iq$  gepaart mit dem d-Achsenfeldschwächstrom  $\Delta id$  darstellt. Die zweite Hocheffizienzmomentkurventabelle B speichert dann die Daten bzw. Werte der korrigierten zweiten Hocheffizienzmomentkurve B. Die zweite Hocheffizienzmomentkurventabelle B ist ein Speicherbereich, der mit dem Sollmoment  $T^*$  und dem d-Achsenfeldschwächstrom  $\Delta id$  gekoppelt mit den d-Achsenströmen beschrieben ist, um das Sollmoment bei geringstem Energieverbrauch zu erzeugen, d. h., die Sollstromwerte auf einer korrigierten zweiten Hocheffizienzmomentkurve B. Die zweite Hocheffizienzmomentkurventabelle B wird auch von einem Paar gebildet, das aus einer Leistungsbetriebstabelle B1 für Leistungsbetrieb und einer Rückgewinnungstabelle B2 für Rückgewinnung besteht. Um zu bestimmen, welche der Leistungsbetriebstabelle und Rückgewinnungstabelle verwendet wird, wird zunächst bestimmt, ob Leistungsbetrieb oder Rückgewinnung durchgeführt werden soll, basierend auf der Drehzahl  $\omega$  des Elektromotors und dem Sollmoment  $T^*$ , und eine der Tabellen wird basierend auf dem Bestimmungsergebnis ausgewählt.

**[0043]** Bei der q-Achsenstrombefehlsberechnung wird ein q-Achsenstrom  $iq^*$ , der dem Sollmo-

ment  $T^*$  zugeordnet ist, und der d-Achsenfeldschwächstrom  $\Delta id$  aus der zweiten Hocheffizienzmomentkurventabelle B ausgelesen und als q-Achsenstrombefehl gesetzt.

**[0044]** In der Motorstromsteuerung **39** berechnet die erste Motorsteuervorrichtung **30G** eine Stromdifferenz  $\delta id$  zwischen dem d-Achsenstrom  $id^*$  und dem d-Achsenstrom  $id$  und eine Stromdifferenz  $\delta iq$  zwischen dem q-Achsenstrom  $iq^*$  und dem q-Achsenstrom  $iq$ . Eine Proportionalsteuerung und Integralsteuerung (PI-Berechnung der Rückkopplungssteuerung) werden basierend auf den Stromdifferenzen  $\delta id$ ,  $\delta iq$  durchgeführt. Basierend auf diesem Ausgang werden ein d-Achsenspannungsbefehlswert  $Vd^*$  und ein q-Achsenspannungsbefehlswert  $Vq^*$  berechnet, die Spannungssollwerte zum Setzen der Stromdifferenz auf Null sind.

**[0045]** Als Nächstes werden in der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40**, die eine Transformation der drehenden Koordinaten in ortsfeste Koordinaten ist, die Sollspannungen  $Vd^*$  und  $Vq^*$  des drehenden Koordinatensystems entsprechend der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung unter Verwendung des Positionswinkels  $\theta$  in die Dreiphasensollspannungen  $VU^*$ ,  $VV^*$ ,  $VW^*$  des ortsfesten Koordinatensystems transformiert und der PWM-Pulserzeugung **41** zugeführt. Wenn die PWM-Pulserzeugung **41** die Phasensollspannungen erhält, wandelt sie der PWM-Pulsgenerator **48** in die PWM-Pulse  $MU$ ,  $MV$ ,  $MW$ , um Spannung mit jedem Sollspannungswert auszugeben, und gibt die PWM-Pulse  $MU$ ,  $MV$ ,  $MW$  zu der in **Fig. 2** gezeigten Treiberschaltung **29G** ab. Die Treiberschaltung **29G** erzeugt parallel zueinander sechs Treibersignale, basierend auf den PWM-Pulsen  $MU$ ,  $MV$ ,  $MW$ , und die jeweiligen Treibersignale schalten die Transistoren  $Tr1$  bis  $Tr6$  des Spannungswechselrichters **16** an und aus. Auf diese Weise werden die Phasensollspannungen jeweils angelegt und die Phasenströme  $iU$ ,  $iV$  und  $iW$  fließen zu den Statorspulen **11** bis **13** des ersten Elektromotors **10G**.

**[0046]** Der Drehwinkel (Magnetpolposition)  $\theta$  des Rotors, d. h. der Positionswinkel des Rotors, wird von der ersten Positionsberechnung **44** berechnet, das ist das Niederdrehzahlberechnungsmittel, oder der zweiten Positionsberechnung **45**, das ist das Hochdrehzahlberechnungsmittel. Nachfolgend auf eine Auswahl **53** wird der Drehwinkel  $\theta$  dann der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** und einer Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38** zugeführt.

**[0047]** Harmonische Spannungskomponenten  $Vdh^*$ ,  $Vqh^*$ , die in den Motorspannungsbefehlen  $Vd^*$ ,  $Vq^*$  des ersten Elektromotors **10G** enthalten sind, werden von einem Bandpassfilter **43** extrahiert. Die erste Positionsberechnung **44**, das ist das Niederdrehzahlberechnungsmittel, berechnet dann den Positionswinkel  $\theta$  unter Verwendung einer Positionsberechnung

winkelberechnung, die auf den harmonischen Spannungs-komponenten  $V_{dh}^*$ ,  $V_{qh}^*$  basiert. Wenn die erste Positionsberechnung **44** den Positionswinkel  $\theta$  berechnet, wird eine Hochfrequenzstromerzeugung (für niedere Drehzahl) **42** aktiviert, um harmonische Strombefehle  $idh^*$ ,  $iqh$  zu erzeugen, die zu den d-, q-Achsenstrombefehlen  $id^*$ ,  $ih^*$  addiert werden, die von der Ausgangsberechnung **37** erzeugt werden. Und zwar werden Strombefehle zum Leiten von Hochfrequenzstrom zu dem ersten Elektromotor **10G** den d-, q-Achsenstrombefehlen  $id^*$ ,  $iqh$  überlagert.

**[0048]** Die zweite Positionsberechnung **45**, das ist das Hochdrehzahlberechnungsmittel, berechnet den Positionswinkel  $\theta$  unter Verwendung einer Positionswinkelberechnung, die auf dem Zweiphasenwandlungswert der Spannung, dem Dreiphasenstrom des ersten Elektromotors **10G** und der induzierten Spannung basiert, die ausgehend von dem Dreiphasenstrom und dem Zweiphasenwandlungswert ermittelt wird. Die d-, q-Achsenstromwerte  $id$ ,  $iq$ , die von den Dreiphasenwerten auf Zweiphasenwerte mittels der Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38** gewandelt wurden, und die Sollspannungen  $V_d^*$ ,  $V_q^*$ , die von der Motorstromsteuerung **39** berechnet wurden, werden der zweiten Positionsberechnung **45** zugeführt. Die zweite Positionsberechnung **45** tastet die Ströme  $id$ ,  $iq$  und die Spannungen  $V_d^*$ ,  $V_q^*$  in einem vorbestimmten Zyklus aus und verwendet sie, um die induzierte Spannung zu berechnen. Die zweite Positionsberechnung **45** berechnet dann den Positionswinkel unter Verwendung der induzierten Spannung, der Ströme  $id$ ,  $iq$  und der Spannungen  $V_d^*$ ,  $V_q^*$ .

**[0049]** Eine Positionswinkelberechnungsauswahl **46**, die als Auswahlmittel dient, bestimmt, ob der Positionswinkel  $\theta$  berechnet wird, indem entweder die Positionsberechnung **44** oder die Positionsberechnung **45** verwendet wird. Allgemein gesprochen berechnet die Positionswinkelberechnungsauswahl **46** die Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Elektromotors **10G** unter Verwendung der Formel (1), basierend auf der Drehzahl  $\omega_e$  der Brennkraftmaschine **31** und der Drehzahl  $\omega_m$  des zweiten Elektromotors **10M**. Die Berechnung basiert auch auf den Zähnezahlen  $N_a$  bis  $N_f$  (**Fig. 1**), die die Verbindungen mit dem ersten und dem zweiten Elektromotor **10G**, **10M** des Antriebsstrangs betreffen, der von dem Planetengetriebemechanismus **32** und dem Vorgelegegetriebemechanismus **33** gebildet wird. Wenn die Drehzahl  $\omega_g$  gleich oder kleiner als ein gesetzter Wert  $\omega_T$  (wenn der Motor gestoppt ist oder mit niedriger Geschwindigkeit dreht) ist, wird die erste Positionsberechnung **44** verwendet, um den Positionswinkel  $\theta$  zu berechnen; wenn  $\omega_g > \omega_T$  übersteigt (wenn der Motor mit hoher Drehzahl dreht), wird die zweite Positionsberechnung **45** verwendet.

**[0050]** Wenn die Betriebsspannung an die erste Motorsteuervorrichtung **30G** gelegt wird, berechnet eine  $\omega_g$ -Berechnung **51** der Positionswinkelberechnungs-

auswahl **46** die Drehzahl  $\omega_g$  unter Verwendung der Formel (1). Ein Vergleich **52** erzeugt ein Drehzahlbestimmungssignal, das einen Niederpegel L spezifiziert, wenn die Drehzahl  $\omega_g$  gleich oder kleiner als der gesetzte Wert (Schwellwert)  $\omega_T$  für die Hoch-, Niederdrehzahlbestimmung ist, und erzeugt ein Drehzahlbestimmungssignal, das einen hohen Pegel H spezifiziert, wenn die Drehzahl  $\omega_g$  die Schwelle  $\omega_T$  übersteigt. Wenn das Drehzahlbestimmungssignal L (Niederdrehzahl) spezifiziert, wird die erste Positionsberechnung **44** ausgewählt, und eine Hochfrequenzstromerzeugung (Niederdrehzahl) **42** beginnt die Erzeugung der harmonischen Strombefehle  $idh^*$ ,  $iqh$ . Die zweite Positionsberechnung **45** wird nicht ausgewählt. Auf diese Weise berechnet die erste Positionsberechnung **44** den Positionswinkel  $\theta$  und die Auswahl **53** sendet den Positionswinkel  $\theta$ , der von der ersten Positionsberechnung **44** entsprechend dem Drehzahlbestimmungssignal, das L (Niederdrehzahl) spezifiziert, zu der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** und der Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38**.

**[0051]** Wenn das Drehzahlbestimmungssignal H (Hochdrehzahl) spezifiziert, wird die zweite Positionsberechnung **45** ausgewählt und die Hochfrequenzstromerzeugung (Niederdrehzahl) **42** stoppt die Erzeugung der harmonischen Strombefehle  $idh^*$ ,  $iqh$ . Die erste Positionsberechnung **44** wird nicht gewählt. Auf diese Weise berechnet die zweite Positionsberechnung **45** den Positionswinkel  $\theta$ , und die Auswahl **53** sendet den Positionswinkel  $\theta$ , der von der zweiten Positionsberechnung **45** entsprechend dem H (Hochdrehzahl) spezifizierenden Drehzahlbestimmungssignal berechnet wurde, zu der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** und der Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38**. In diesem Fall wird entsprechend der vorliegenden Ausführungsform die Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Elektromotors **10G** danach auf die Drehzahl  $\omega_g$  umgeschaltet, die von der Drehzahlberechnung **54** erzeugt wurde, und zu dem Vergleich **52** gesendet. Die  $\omega_g$ -Berechnung **51** wird nicht ausgeführt. Jedoch ist eine andere Ausführungsform möglich, bei der die  $\omega_g$ -Berechnung **51** danach weiterhin durchgeführt wird und die von der  $\omega_g$ -Berechnung **51** berechnete Drehzahl dem Vergleich **52** zugeführt wird.

**[0052]** Wie vorstehend erläutert wählt, wenn die Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Elektromotors **10G** gleich oder kleiner als die Schwelle  $\omega_T$  (wenn der Motor gestoppt ist oder mit einer niedrigen Drehzahl dreht) ist, die Positionswinkelberechnungsauswahl **46** die erste Positionsberechnung **44** für niedrige Drehzahl. Auf diese Weise berechnet die erste Positionsberechnung **44** den Positionswinkel  $\theta$ , der dann zu der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** und der Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38** gesendet wird. Wenn die Drehzahl  $\omega_g$  des ersten Elektromotors **10G** jedoch die Schwelle  $\omega_T$  übersteigt (wenn der Motor mit hoher Drehzahl dreht), wählt die Positionswinkelberechnungsauswahl **46** die zweite Positionsbere-

rechnung **45** für hohe Drehzahl. Somit berechnet die zweite Positionsberechnung **45** den Positionswinkel  $\theta$ , der dann zu der Zweiphasen/Dreiphasenwandlung **40** und der Dreiphasen/Zweiphasenwandlung **38** gesendet wird.

**[0053]** Wie vorstehend erläutert, wird die Drehzahl  $\omega$  des ersten Elektromotors **10G** basierend auf der Drehzahl  $\omega_e$  der Brennkraftmaschine **31**, der Drehzahl  $\omega_m$  des zweiten Elektromotors **10M** und den Zähnezahlen  $N_a$  bis  $N_f$  des Antriebsstrangs berechnet, der von dem Planetengetriebemechanismus **32** und dem Vorgelegegetriebemechanismus **33** gebildet ist. Daher kann der erste Elektromotor **10G** antriebsmäßig ohne wesentliche Verzögerung und ohne einen herkömmlichen Dreiphasenkurzschluss einer vorbestimmten Dauer während einer Anfangszustandsbestimmung gestartet werden. Zusätzlich tritt kein Drehmomentstoß auf, der von einem herkömmlichen Dreiphasenkurzschluss verursacht wird. In allen Betriebsdrehzahlbereichen des ersten Elektromotors **10G** kann ein relativ hochverlässlicher Positionswinkel erhalten werden und daher hat die Vektorsteuerung, die diesen Positionswinkel benutzt, eine hohe Verlässlichkeit.

**[0054]** Bezug nehmend wiederum auf **Fig. 2** sendet der Hauptcontroller des Fahrzeugfahrsteuersystems (nicht dargestellt) das Motorsollmoment  $TM^*$  zu der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M**, die eine Vektorsteuerung für den zweiten Elektromotor **10M** ausführt. Es sei darauf hingewiesen, dass der Hauptcontroller ein gefordertes Fahrzeugmoment  $TO^*$ , basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Drosselklappenöffnung berechnet, das Motorsollmoment  $TM^*$  erzeugt, das dem geforderten Fahrzeugmoment  $TO^*$  entspricht, und dann das Motorsollmoment  $TM^*$  der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** zusendet. Die zweite Motorsteuervorrichtung **30M** gibt die Drehzahl  $\omega_m$  [U/min] des zweiten Elektromotors **10M** an den Hauptcontroller und die erste Motorsteuervorrichtung **30G**.

**[0055]** Der Rotor des zweiten Elektromotors **10M** ist mit dem Rotor des Drehmelders **10R** verbunden, der zum Feststellen des Positionswinkels  $\theta$  des Rotors verwendet wird. Der Drehmelder **10R** erzeugt die Analogspannung (Drehwinkelsignal)  $SG\theta$ , das den Rotordrehwinkel des Drehmelders **10R** repräsentiert, und sendet das Drehwinkelsignal  $SG\theta$  an die zweite Motorsteuervorrichtung **30M**.

**[0056]** **Fig. 4** zeigt eine funktionale Konfiguration der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M**. Verglichen mit den Funktionen der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** (**Fig. 3**) enthalten die Funktionen der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** nicht die Positionswinkelberechnungsauswahl **46**, die erste und die zweite Positionsberechnung **44**, **45**, die Auswahl **53**, die Drehzahlberechnung **54** oder die Filter **42**, **43**. An-

stelle davon hat die zweite Motorsteuervorrichtung **30M** eine Positionswinkel/Drehzahlberechnung **54**. Die Positionswinkel/Drehzahlberechnung **54** berechnet den Positionswinkel  $\theta$  und die Drehzahl  $\omega_m$  des zweiten Elektromotors **10M** basierend auf dem Drehwinkelsignal  $SG\theta$  von dem Drehmelder **10R** und sendet den Positionswinkel  $\theta$  zu einer Zweiphasen/Dreiphasenkonversion **40m** und einer Dreiphasen/Zweiphasenkonversion **38m**.

**[0057]** Die zweite Motorsteuervorrichtung **30M** hat eine Vektorsteuerfunktion ähnlich der Vektorsteuerfunktion der ersten Motorsteuervorrichtung **30G**. Elemente der Vektorsteuerfunktion der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M**, die identisch mit Elementen der Vektorsteuerfunktion der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** sind, sind mit Bezugszeichen versehen, die zusätzlich zu den für die erste Motorsteuervorrichtung **30G** verwendeten Bezugszeichen ein „m“ haben.

**[0058]** Abgesehen von einer unterschiedlichen Positionswinkelberechnung ist der Vektorsteuralgorithmus der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** identisch dem der vorstehend beschriebenen ersten Motorsteuervorrichtung **30G** und wird hier nicht erläutert.

**[0059]** Es sei darauf hingewiesen, dass bei der vorstehend beschriebenen Ausführungsform eine sensorlose Vektorsteuerung auf den ersten Elektromotor **10G** angewendet wird. Als eine andere Ausführungsform kann jedoch ein Drehmelder zu dem ersten Elektromotor **10G** zugefügt werden und der Drehmelder **10R** des zweiten Elektromotors **10M** weggelassen werden, so dass der erste Elektromotor **10G** einer Vektorsteuerung unterworfen wird, die von einer Motorsteuervorrichtung durchgeführt wird, die äquivalent der zweiten Motorsteuervorrichtung **30M** ist, und der zweite Elektromotor **10M** einer sensorlosen Vektorsteuerung unterworfen wird, die von einer Motorsteuerung durchgeführt wird, die äquivalent der ersten Motorsteuervorrichtung **30G** ist.

## ZUSAMMENFASSUNG

**[0060]** Die vorliegende Erfindung erhöht die Verlässlichkeit einer sensorlosen Vektorsteuerung eines Motors in einem Hybridantriebssystem mit einer Brennkraftmaschine, einem Antriebsrad, einem ersten und einem zweiten Motor, und einem Antriebsstrang, verkürzt eine Anfangszustandsbestimmungszeit und unterdrückt auch Drehmomentänderungen.

**[0061]** Eine Motorsteuervorrichtung (**30G**), die eine sensorlose Vektorsteuerung auf einen ersten Motor (**10G**) anwendet, hat eine Niederdrehzahlberechnung (**44**) und eine Hochdrehzahlberechnung (**45**), die beide einen Positionswinkel berechnen, und hat eine Positionswinkelberechnungsauswahl (**46**). Basierend auf einer Drehzahl ( $\omega_e$ ) der Brennkraft-

maschine, einer Drehzahl ( $\omega_m$ ) des zweiten Motors (**10M**) und Zähnezahlen ( $N_a$  bis  $N_f$ ) des Antriebsstrangs, berechnet die Positionswinkelberechnungsauswahl eine Drehzahl ( $\omega_g$ ) des ersten Motors. Wenn die Drehzahl des ersten Motors gleich oder kleiner als ein gesetzter Wert ( $\omega_T$ ) ist, wird der Positionswinkel von der Niederdrehzahlberechnung (**44**) berechnet; wenn die Drehzahl den gesetzten Wert übersteigt, wird der Positionswinkel von der Hochdrehzahlberechnung (**45**) berechnet. Der berechnete Positionswinkel wird dann als ein Positionswinkel ( $\theta$ ) verwendet, auf den in einer Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und einer Zweiachsen/Dreiphasenwandlung für die sensorlose Vektorsteuerung Bezug genommen wird.

**ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG**

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

**Zitierte Patentliteratur**

- JP 11-275884 A [0004]
- JP 2002-39008 A [0004]
- JP 2005-105957 A [0004]
- JP 2007-236015 A [0004]

## Patentansprüche

1. Eine Hybridantriebsvorrichtung mit einem ersten Motor, einem Betriebsmechanismus, der den ersten Motor antriebsmäßig mit einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs verbindet, und einem zweiten Motor, der antriebsmäßig mit einem Antriebsrad verbunden ist, gekennzeichnet durch:

einen Brennkraftmaschinendrehzahlsensor, der eine Drehzahl der Brennkraftmaschine erfasst;  
einen Magnetpolpositionssensor, der eine Magnetpolposition des zweiten Motors erfasst;  
einen Stromsensor, der einen zu dem ersten Motor fließenden Strom erfasst;  
eine sensorlose Motorsteuervorrichtung, die eine Magnetpolposition des ersten Motors basierend auf dem von dem Stromsensor erfassten Strom ermittelt und den ersten Motor antriebsmäßig steuert; und  
eine zweite Motorsteuervorrichtung, die den ersten Motor basierend auf der von dem Magnetpolpositionssensor erfassten Magnetpolposition antriebsmäßig steuert.

2. Die Hybridantriebsvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die sensorlose Motorsteuervorrichtung enthält: ein Hochdrehzahlermittlungsmittel, das die Magnetpolposition des ersten Motors basierend auf dem von dem Stromsensor erfassten Strom ermittelt, und ein Niederdrehzahlermittlungsmittel, das dem ersten Motor einen Hochfrequenzstrom überlagert und die Magnetpolposition ermittelt;  
ein erstes Motordrehzahlberechnungsmittel, das eine Drehzahl des zweiten Motors basierend auf der von dem Magnetpolpositionssensor erfassten Magnetpolposition des zweiten Motors berechnet und eine Drehzahl des ersten Motors basierend auf der Drehzahl des zweiten Motors und dem Brennkraftmaschinendrehzahlsensor berechnet; und  
ein Auswahlmittel, das eines von Hochdrehzahlermittlungsmittel und Niederdrehzahlermittlungsmittel basierend auf der von dem ersten Motordrehzahlberechnungsmittel berechneten Drehzahl des ersten Motors auswählt, wobei der erste Motor antriebsmäßig basierend auf der Magnetpolposition, die von einem von Hochdrehzahlermittlungsmittel und Niederdrehzahlermittlungsmittel, das von dem Auswahlmittel gewählt ist, antriebsmäßig gesteuert wird.

3. Die sensorlose Motorsteuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die sensorlose Motorsteuervorrichtung weiter enthält: eine Vektorsteuereinheit, die den ersten Motor durch Wandeln eines Dreiphasenstroms des ersten Motors in einen orthogonalen biaxialen Strom, Berechnen eines Biaxialspannungsbefehlswertes zum Anpassen des orthogonalen biaxialen Stroms an einen orthogonalen biaxialen Sollstrom und Wandeln des Biaxial-

spannungsbefehlswertes in einen Dreiphasenspannungsbefehlswert steuert; und ein Spannungsfilter, das eine Hochfrequenzspannung aus dem Biaxialspannungsbefehlswert extrahiert, wobei das Niederdrehzahlermittlungsmittel die Magnetpolposition basierend auf der von dem Spannungsfilter extrahierten Hochfrequenzspannung berechnet.

4. Die sensorlose Motorsteuervorrichtung nach Anspruch 3, wobei das Hochdrehzahlermittlungsmittel die Magnetpolposition basierend auf dem orthogonalen biaxialen Strom, in den der Dreiphasenstrom gewandelt wurde, und dem Biaxialspannungssteuerwert vor dem Spannungsfilter berechnet.

5. Die sensorlose Motorsteuervorrichtung nach Anspruch 3 oder 4, wobei die sensorlose Motorsteuervorrichtung weiter enthält: ein Drehzahlberechnungsmittel, das die Drehzahl des ersten Motors basierend auf einem Positionswinkel berechnet, auf den in der Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und der Zweiachsen/Dreiphasenwandlung Bezug genommen wird, wobei wenn Betriebsspannung an die sensorlose Motorsteuervorrichtung gelegt wird, eines von Niederdrehzahlermittlungsmittel und Hochdrehzahlermittlungsmittel unmittelbar den Positionswinkel berechnet, und das Auswahlmittel den von dem Niederdrehzahlermittlungsmittel berechneten Positionswinkel auswählt, wenn die von dem Drehzahlberechnungsmittel berechnete Drehzahl gleich oder kleiner als ein gesetzter Wert ist, und den von dem Hochdrehzahlermittlungsmittel berechneten Positionswinkel auswählt, wenn die von dem Drehzahlberechnungsmittel berechnete Drehzahl den gesetzten Wert übersteigt, als den Positionswinkel, auf den bei der Dreiphasen/Zweiachsenwandlung und der Zweiachsen/Dreiphasenwandlung Bezug genommen wird.

Es folgen 4 Blatt Zeichnungen



FIG. 2

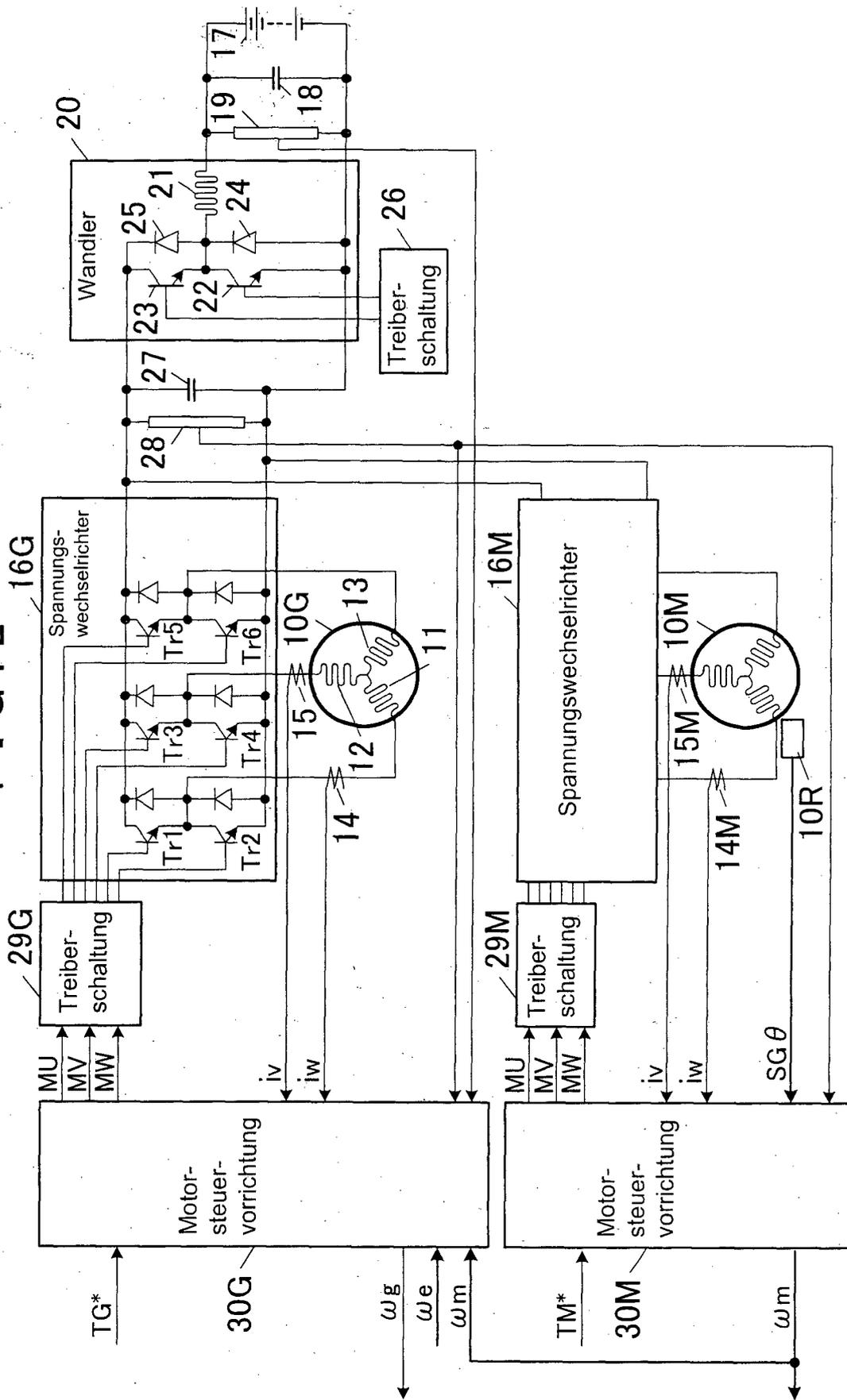


FIG. 3

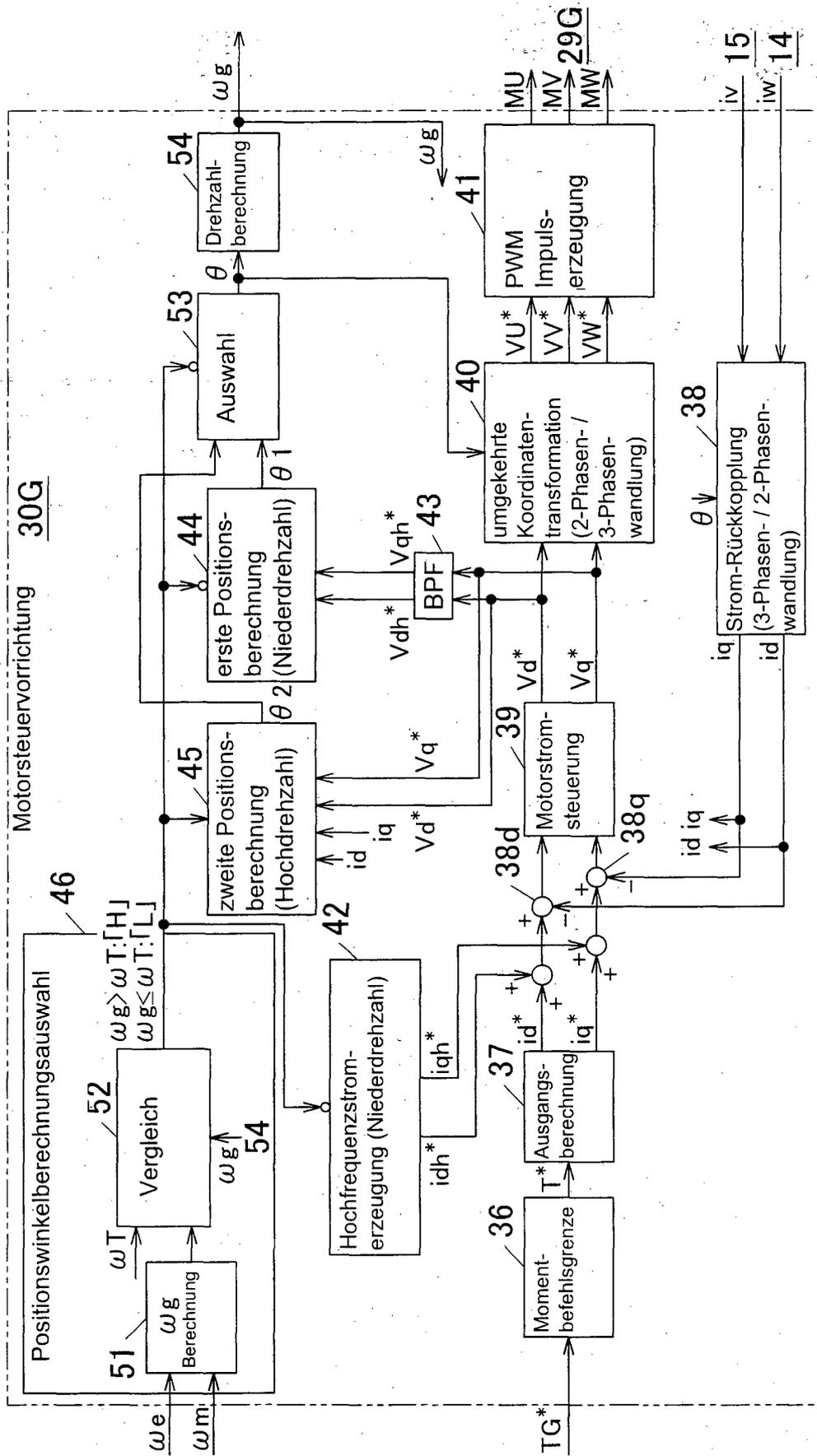


FIG. 4

