



(12) **Patentschrift**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2015 000 067.4**  
 (86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2015/062047**  
 (87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2015/166837**  
 (86) PCT-Anmeldetag: **21.04.2015**  
 (87) PCT-Veröffentlichungstag: **05.11.2015**  
 (43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung  
 in deutscher Übersetzung: **04.02.2016**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **23.11.2023**

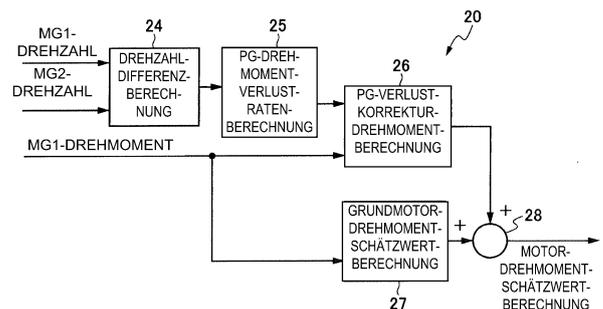
(51) Int Cl.: **B60W 20/11 (2016.01)**  
**B60K 6/445 (2007.10)**  
**F02D 45/00 (2006.01)**  
**B60W 10/06 (2006.01)**  
**B60L 50/16 (2019.01)**

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: <b>2014092740</b> <b>28.04.2014</b> <b>JP</b>	(72) Erfinder: <b>Ito, Yoshiki, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP</b>
(73) Patentinhaber: <b>SUZUKI MOTOR CORPORATION, Hamamatsu-shi, Shizuoka, JP</b>	(56) Ermittelter Stand der Technik: <b>DE</b> <b>11 2008 003 049</b> <b>T5</b> <b>JP</b> <b>3 933 170</b> <b>B2</b>
(74) Vertreter: <b>Henkel &amp; Partner mbB Patentanwaltskanzlei, Rechtsanwaltskanzlei, 80333 München, DE</b>	

(54) Bezeichnung: **Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs**

(57) Hauptanspruch: Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs (1;101) mit einem Motor (2;102), der Antriebsleistung ausgibt, wenigstens zwei Motorgeneratoren (4,5;103,104), die Antrieb mittels elektrischer Leistung ausführen, einem Planetengetriebemechanismus (3;103,104), der den Motor (2;102) mit den Motorgeneratoren (4,5;103,104) verbindet, und einem Steuermittel (20;125), umfassend ein Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel (28;135), das einen Motordrehmomentschätzwert des Motors (2;102) auf Grundlage eines Drehmoments der Motorgeneratoren (4,5;103,104) berechnet, dadurch gekennzeichnet, dass das Steuermittel (20;125) ein Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel (26;132) umfasst, das ein Verlustkorrekturdrehmoment für den Planetengetriebemechanismus (3;103,104) auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen den Motorgeneratoren (4,5;103,104) und einem Drehmoment eines der Motorgeneratoren (4,5;103,104) berechnet und den Motordrehmomentschätzwert des Motors (2; 102) durch Korrigieren eines Grundmotordrehmomentschätzwerts gemäß dem von dem Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel (26;132) berechneten Verlustkorrekturdrehmoment berechnet.



## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs. Insbesondere bezieht sich die Erfindung auf eine Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs, das mit einem Motor zum Ausgeben von Antriebsleistung und Motorgeneratoren zum Ausführen des Antriebs mittels elektrischer Leistung ausgestattet ist und einen Motordrehmomentschätzwert berechnet.

**[0002]** Herkömmlicherweise sind Hybridfahrzeuge bekannt, bei denen Antriebsleistung, die von einem Motor ausgegeben wird, Antriebsleistung eines ersten Motorgenerators (MG1) mit einer Funktion zur Erzeugung elektrischer Leistung und Antriebsleistung eines zweiten Motorgenerators (MG2) mit einer Funktion als Antriebsmotor an eine Antriebswelle (Ausgangswelle) über einen Planetengetriebemechanismus (PG) übertragen werden.

**[0003]** Zu Steuervorrichtungen derartiger Hybridfahrzeuge gehört z. B. eine in JP 3 933 170 B2 offenbarte.

**[0004]** Eine Ausgangszustanderkennungsvorrichtung für einen Verbrennungsmotor, die in der JP 3 933 170 B2 offenbart wird, soll bei einem Hybridfahrzeug einen Ausgangszustand eines Verbrennungsmotors (Motors) durch Vergleichen der Drehmomentgegenkraft des ersten Motorgenerators (MG1) mit einem berechneten Schwellenwert erfassen und ist dafür konfiguriert, einen Motordrehmomentschätzwert auf Grundlage des Drehmoments des ersten Motorgenerators (MG1) zu berechnen.

**[0005]** Ferner wird bei der JP 3 933 170 B2 in einer Antriebsleistungsausgangsvorrichtung, welche den Planetengetriebemechanismus (PG), den ersten Motorgenerator (MG1) und den zweiten Motorgenerator (MG2) verwendet, ein Motordrehmomentschätzwert auf Grundlage des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators (MG1) berechnet und der berechnete Motordrehmomentschätzwert zur Beurteilung eines Motorzustands usw. genutzt. Jedoch werden das Drehmoment des Motors und das Gegendrehmoment des ersten Motorgenerators (MG1) an die Antriebswelle über den Planetengetriebemechanismus (PG) übertragen und unterliegen daher einem Verlustmoment über den Planetengetriebemechanismus (PG). Deshalb umfasst der Motordrehmomentschätzwert, der unter Anwendung des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators (MG1) und eines Übersetzungsverhältnisses des Planetengetriebemechanismus (PG) berechnet wird, einen Fehler in Bezug auf das tatsächliche Motordrehmoment. Somit entsteht das Problem, dass die Genauigkeit einer Motorsteuerung, welche

den Motordrehmomentschätzwert nutzt, beeinträchtigt wird.

**[0006]** Dieses Phänomen wird im Folgenden näher beschrieben.

**[0007]** Beispielsweise sei ein beispielhafter Aufbau angenommen, bei dem der erste Motorgenerator (MG1) mit dem Sonnenrad des Planetengetriebemechanismus (PG) verbunden ist, die Antriebswelle des Motors mit dessen Träger verbunden ist und eine Antriebswelle und der zweite Motorgenerator (MG2) mit dessen Hohlrad verbunden sind.

**[0008]** In diesem Fall wird, wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators (MG1) höher als die Drehzahl der Antriebswelle ist, da das Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus (PG), das einen Wert entsprechend der Drehzahldifferenz zwischen der MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators (MG1) und der Drehzahl der Antriebswelle hat, in einer solchen Richtung wirkt, dass die Drehzahldifferenz null wird, das (elektrische) Leistungserzeugungsmoment des ersten Motorgenerators (MG1), das mit der Motordrehzahl abgestimmt werden muss, klein. Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert, der aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators (MG1) berechnet wird, kleiner als ein tatsächlicher Wert.

**[0009]** Umgekehrt wird, wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators (MG1) niedriger als die Drehzahl der Antriebswelle ist, da das Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus (PG) in einer solchen Richtung wirkt, dass die Drehzahldifferenz null wird, das Leistungserzeugungsmoment des ersten Motorgenerators (MG1), das mit der Motordrehzahl abgestimmt werden muss, groß.

**[0010]** Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert, der aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators (MG1) berechnet wird, kleiner als ein tatsächlicher Wert.

**[0011]** Infolgedessen erzeugt das Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus (PG) einen Fehler beim Motordrehmomentschätzwert. In dieser Hinsicht ist eine Verbesserung erforderlich.

**[0012]** Die DE 11 2008 003 049 T5 offenbart eine Antriebssteuervorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Eingriffsmechanismus, der eine Umdrehungskomponente hat, die eine Vielzahl von Zähnen aufweist und die durch ein Drehmoment einer Brennkraftmaschine gedreht wird, und der eine feststehende Komponente hat, die eine Vielzahl von Zähnen aufweist und mit der Umdrehungskomponente in Eingriff ist, einer Drehmomentaufbringeinheit, die auf die Umdrehungskomponente ein Drehmoment aufbringt, einer ersten

Übertragungssteuereinheit, die den Eingriffsmechanismus in Eingriff bringt, um den Eingriffsmechanismus eine Reaktionskraft des Drehmoments der Brennkraftmaschine empfangen zu lassen, und die eine Steuerung zum Übertragen des Drehmoments der Brennkraftmaschine auf Räder des Fahrzeugs ausführt, und eine Drehmomentabschätzsteuereinheit, die eine Steuerung zum Abschätzen des Drehmoments der Brennkraftmaschine ausführt. Die Drehmomentabschätzsteuereinheit weist folgendes auf: eine Drehmomentaufbringsteuereinheit, die während des Ausführens der Steuerung durch die erste Übertragungssteuereinheit eine Steuerung des durch die Drehmomentaufbringeinheit auf die Umdrehungskomponente aufgebrauchten Drehmoments ausführt, eine Phasenänderungserfassungseinheit, die während des Ausführens der Steuerung durch die Drehmomentaufbringsteuereinheit eine Phasenänderung zwischen der Umdrehungskomponente und der feststehenden Komponente in einer Richtung der Drehung erfasst, und eine Drehmomentabschätzereinheit, die das Drehmoment der Brennkraftmaschine auf Grundlage der durch die Phasenänderungserfassungseinheit erfassten Phasenänderung und des Drehmoments abschätzt, das während des Ausführens der Steuerung durch die erste Übertragungssteuereinheit durch die Steuerung der Drehmomentaufbringsteuereinheit von der Drehmomentaufbringeinheit aufgebracht wird.

**[0013]** Eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht daher darin, eine Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs bereitzustellen, die in der Lage ist, das Motordrehmoment genau auf Grundlage des Drehmoments eines Motorgenerators zu schätzen.

**[0014]** Die vorliegende Erfindung besteht gemäß dem Patentanspruch in einer Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs mit einem Motor, der Antriebsleistung ausgibt, einem Motorgenerator, der Antrieb mittels elektrischer Leistung ausführt, einem Planetengetriebemechanismus, der den Motor mit den Motorgeneratoren verbindet, und einem Steuermittel, einschließlich eines Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittels, das einen Motordrehmomentschätzwert des Motors auf Grundlage des Drehmoments des Motorgenerators berechnet, die dadurch gekennzeichnet ist: dass wenigstens zwei der Motorgeneratoren vorhanden sind; und dass das Steuermittel ein Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel umfasst, das ein Verlustkorrekturdrehmoment für den Planetengetriebemechanismus auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen den Motorgeneratoren und einem Drehmoment eines der Motorgeneratoren berechnet und den Motordrehmomentschätzwert des Motors durch Korrigieren eines Grundmotordrehmomentschätzwerts gemäß dem vom Verlustkorrekturdreh-

momentberechnungsmittel berechneten Verlustkorrekturdrehmoment berechnet.

**[0015]** Die Erfindung ermöglicht es, das Motordrehmoment genau zu schätzen, wobei das Verlustmoment eines Planetengetriebemechanismus bei der Schätzung des Motordrehmoments auf Grundlage des Drehmoments eines Motorgenerators berücksichtigt wird.

**Fig. 1** zeigt eine Konfiguration für einen Fall, in dem ein Planetengetriebemechanismus in einem Hybridfahrzeug bereitgestellt wird (erste Ausführungsform).

**Fig. 2** ist ein Blockdiagramm eines Steuermittels einer Motordrehmomentschätzungsvorrichtung (erste Ausführungsform).

**Fig. 3** ist ein Ablaufdiagramm für die Berechnung eines Motordrehmomentschätzwerts (erste Ausführungsform).

**Fig. 4** zeigt ein Suchdiagramm für eine PG-Drehmomentverlustrate für einen Planetengetriebemechanismus (PG) (erste Ausführungsform).

**Fig. 5** ist ein Zeitdiagramm für eine Motordrehmomentschätzungssteuerung (erste Ausführungsform).

**Fig. 6** ist ein kollineares Diagramm eines Falls, in dem die MG1-Drehzahl eines ersten Motorgenerators höher ist als die MG2-Drehzahl eines zweiten Motorgenerators ((MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl); erste Ausführungsform).

**Fig. 7** ist ein kollineares Diagramm eines Falls, in dem die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators niedriger ist als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators ((MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl); erste Ausführungsform).

**Fig. 8** zeigt eine Konfiguration für einen Fall, in dem zwei Planetengetriebemechanismen in einem Hybridfahrzeug bereitgestellt werden (zweite Ausführungsform).

**Fig. 9** ist ein Blockdiagramm eines Steuermittels einer Motordrehmomentschätzungsvorrichtung (zweite Ausführungsform).

**Fig. 10** ist ein Ablaufdiagramm für die Berechnung eines Motordrehmomentschätzwerts (zweite Ausführungsform).

**Fig. 11** zeigt ein Suchdiagramm für eine PG1-Drehmomentverlustrate für einen ersten Planetengetriebemechanismus (PG1) (zweite Ausführungsform).

**Fig. 12** zeigt ein Suchdiagramm für eine PG2-Drehmomentverlustrate für einen zweiten Planetengetriebemechanismus (PG2) (zweite Ausführungsform).

**Fig. 13** ist ein Zeitdiagramm für eine Motordrehmomentschätzungssteuerung (zweite Ausführungsform).

**Fig. 14** ist ein kollineares Diagramm eines Falls, in dem die MG1-Drehzahl eines ersten Motorgenerators höher ist als die MG2-Drehzahl eines zweiten Motorgenerators ((MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl); zweite Ausführungsform).

**Fig. 15** ist ein kollineares Diagramm eines Falls, in dem die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators niedriger ist als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators ((MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl); zweite Ausführungsform).

**[0016]** Die vorliegende Erfindung erfüllt die Aufgabe, das Motordrehmoment genau auf Grundlage des Drehmoments von Motorgeneratoren zu schätzen, indem die Motordrehzahl auf Grundlage eines Verlustkorrekturdrehmoments für einen Planetengetriebemechanismus geschätzt wird, das auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen den Motorgeneratoren und einem Drehmoment eines der Motorgeneratoren berechnet wird.

**[0017]** Die **Fig. 1-7** veranschaulichen eine erste Ausführungsform der Erfindung.

**[0018]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, ist ein Motor (in der Figur mit „MOT“ gekennzeichnet) 2, der Antriebsleistung ausgibt, in einem Hybridfahrzeug (im Folgenden als Fahrzeug bezeichnet) 1 montiert.

**[0019]** In der ersten Ausführungsform ist ein Planetengetriebemechanismus, d. h. ein Planetengetriebemechanismus 3, mit dem Motor 2 verbunden.

**[0020]** Wenigstens zwei Motorgeneratoren, d. h. ein erster Motorgenerator 4 und ein zweiter Motorgenerator 5, sind mit dem Planetengetriebemechanismus 3 verbunden.

**[0021]** Der Motor 2, der erste Motorgenerator 4 und der zweite Motorgenerator 5 sind mit einer Antriebswelle (Ausgangswelle; in der Figur mit „AUS“ gekennzeichnet) 7 über den Planetengetriebemechanismus 4 und einen Leistungsübertragungsgetriebemechanismus 6 verbunden. Die Antriebsräder sind an der Antriebswelle 7 angebracht.

**[0022]** Der Planetengetriebemechanismus 3, der mit dem Motor 2, dem ersten Motorgenerator 4 und dem zweiten Motorgenerator 5 verbunden ist, ist mit einem Sonnenrad 8, einem Planetenrad 9, das in das Sonnenrad 8 eingreift, einem Hohlrad 10, das in das Planetenrad 9 eingreift, und einem Träger 11, der mit dem Planetenrad 9 verbunden ist, ausgestattet.

**[0023]** Das bedeutet, dass das Fahrzeug 1 gemäß der ersten Ausführungsform eine sogenannte drei-

achsige Ein-/Ausgangsvorrichtung für Antriebsleistung nutzt. Die Antriebsleistungen des Motors 2, des ersten Motorgenerators 4 und des zweiten Motorgenerators 5 werden miteinander kombiniert und an die Antriebswelle 7 übertragen und Antriebsleistung wird zwischen dem Motor 2, dem ersten Motorgenerator 4, dem zweiten Motorgenerator 5 und der Antriebswelle 7 ausgetauscht.

**[0024]** Das Sonnenrad 8 ist mit dem ersten Motorgenerator 4 verbunden.

**[0025]** Das Hohlrad 10 ist mit dem zweiten Motorgenerator 5 und der Antriebswelle 7 verbunden.

**[0026]** Der Träger 11 ist mit einer Kurbelwelle 12 des Motors 2 verbunden.

**[0027]** Der erste Motorgenerator 4 besteht aus einem ersten Rotor 13, mit dem das Sonnenrad 8 verbunden ist, und einem ersten Stator 14. Der zweite Motorgenerator 5 besteht aus einem zweiten Rotor 15, mit dem das Hohlrad 10 verbunden ist, und einem zweiten Stator 16.

**[0028]** Der erste Motorgenerator 4 wird sowohl zur Erzeugung von elektrischer Leistung als auch zum Fahrzeugbetrieb verwendet und wird als Generator während des normalen Betriebs des Fahrzeugs verwendet. Der zweite Motorgenerator 5 wird sowohl zur Erzeugung von elektrischer Leistung als auch zum Fahrzeugbetrieb verwendet und wird als Antriebsmotor während des normalen Betriebs des Fahrzeugs verwendet.

**[0029]** Ein erster Wechselrichter (in der Figur als „Wechselrichter-1“ angegeben) 17 ist mit dem ersten Stator 14 des ersten Motorgenerators 4 verbunden. Der erste Wechselrichter 17 steuert den ersten Motorgenerator 4. Ein zweiter Wechselrichter (in der Figur als „Wechselrichter-2“ angegeben) 18 ist mit dem zweiten Stator 16 des zweiten Motorgenerators 5 verbunden. Der zweite Wechselrichter 18 steuert den zweiten Motorgenerator 5.

**[0030]** Eine Hybridsteuereinheit (in der Figur als „HCU“ für engl. Hybrid Control Unit gekennzeichnet) 20, bei der es sich um ein Steuermittel einer Motordrehmomentschätzungs- und Antriebsleistungsvorrichtung 19 handelt, ist mit dem ersten Wechselrichter 17 und dem zweiten Wechselrichter 18 verbunden.

**[0031]** Leistungsanschlüsse des ersten Wechselrichters 17 und des zweiten Wechselrichters 18 sind jeweils mit einer Batterie 21 verbunden, bei der es sich um eine Stromspeichervorrichtung handelt. Die Batterie 21 ist mit einem Batteriesteuermodul (in der Figur mit „BCM“ für engl. Battery Control Module gekennzeichnet) verbunden, das einen Zustand der Batterie 21 erfassen kann. Das Batteriesteuermodul

22 ist mit dem ersten Wechselrichter 17 und dem zweiten Wechselrichter 18 verbunden und steuert eine an den ersten Wechselrichter 17 und den zweiten Wechselrichter 18 anzulegende Spannung über ein Steuersignal.

**[0032]** Das Batteriesteuermodul 22 ist mit der Hybridsteuereinheit 20 verbunden.

**[0033]** Ein Motorsteuermodul (in der Figur mit „ECM“ für engl. Engine Control Module gekennzeichnet) 23, das den Motor 2 steuert, ist ebenfalls mit der Hybridsteuereinheit 20 verbunden.

**[0034]** Die Hybridsteuereinheit 20 empfängt verschiedene Arten von Sensorinformationen, berechnet Drehmomentanweisungswerte für den Motor 2, den ersten Motorgenerator 4 und den zweiten Motorgenerator 5 und sendet Signale der Anweisungswerte an das Motorsteuermodul 23, den ersten Wechselrichter 17 bzw. den zweiten Wechselrichter 18. Das Motorsteuermodul 23, der erste Wechselrichter 17 und der zweite Wechselrichter 18 steuern das Drehmoment des Motors 2, des ersten Motorgenerators 4 bzw. des zweiten Motorgenerators 5 gemäß den empfangenden Anweisungswerten.

**[0035]** Wie in Fig. 2 dargestellt, umfasst die Hybridsteuereinheit 20 ein Drehzahldifferenzberechnungsmittel 24, das eine MG1-Drehzahl, bei der es sich um eine Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 handelt, und eine MG2-Drehzahl, bei der es sich um eine Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5 handelt, empfängt; ein PG-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 25, das mit dem Drehzahldifferenzberechnungsmittel 24 verbunden ist und eine Verlustrate des Planetengetriebemechanismus 3 berechnet; ein PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26, das mit dem PG-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 25 verbunden ist und ein MG1-Drehmoment, bei dem es sich um das vom ersten Motorgenerator 4 erzeugte Drehmoment handelt, empfängt und ein Verlustkorrekturdrehmoment des Planetengetriebemechanismus 3 berechnet; ein Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 27, welches das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 empfängt und einen Grunddrehmomentschätzwert des Motors 2 berechnet; und ein Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 28, das mit dem PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26 und dem Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 27 verbunden ist.

**[0036]** Das Drehzahldifferenzberechnungsmittel 24 berechnet eine Drehzahldifferenz ((MG1-Drehzahl) - (MG2-Drehzahl)) auf Grundlage der MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 und der MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5.

**[0037]** Das PG-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 25 empfängt die Drehzahldifferenz vom Drehzahldifferenzberechnungsmittel 24 und berechnet eine PG-Drehmomentverlustrate, bei der es sich um eine Verlustrate des Planetengetriebemechanismus 3 handelt, durch Bezugnahme auf ein in Fig. 4 dargestelltes Suchdiagramm für die PG-Drehmomentverlustrate. In dem in Fig. 4 abgebildeten Suchdiagramm für die PG-Drehmomentverlustrate ist die PG-Drehmomentverlustrate gleich null, wenn die Drehzahldifferenz gleich null ist.

**[0038]** Das PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26, bei dem es sich um ein Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel der Erfindung handelt, empfängt die vom PG-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 25 erhaltene PG-Drehmomentverlustrate und das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 und berechnet ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment, bei dem es sich um ein Verlustkorrekturdrehmoment für den Planetengetriebemechanismus 3 handelt.

**[0039]** Das Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 27 empfängt das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 und berechnet einen Grundmotordrehmomentschätzwert.

**[0040]** Das Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 28 empfängt das vom PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26 erhaltene PG-Verlustkorrekturdrehmoment und den vom Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 27 erhaltenen Grundmotordrehmomentschätzwert und berechnet einen Motordrehmomentschätzwert, indem es den Grundmotordrehmomentschätzwert auf Grundlage des PG-Verlustkorrekturdrehmoments korrigiert. Das Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 28 gibt den berechneten Motordrehmomentschätzwert an das Motorsteuermodul 23 als Motordrehmomentsignal aus.

**[0041]** Das bedeutet, dass in der ersten Ausführungsform ein Motordrehmomentschätzwert, der das Motordrehmoment anzeigt, berechnet wird, indem eine Korrektur unter Berücksichtigung des Verlustmoments des Planetengetriebemechanismus 3 vorgenommen wird.

**[0042]** Als Nächstes wird ein Verfahren zur Berechnung eines Motordrehmomentschätzwerts gemäß der ersten Ausführungsform unter Bezugnahme auf ein Ablaufdiagramm in Fig. 3 beschrieben.

**[0043]** Wie in Fig. 3 dargestellt, werden nach einem Start eines Programms der Hybridsteuereinheit 20 (Schritt A01) Sensorinformationssignale erfasst (Schritt A02).

**[0044]** Eine Drehzahldifferenz ((MG1-Drehzahl) - (MG2-Drehzahl)) wird auf Grundlage einer MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 und einer MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5 berechnet (Schritt A03).

**[0045]** Anschließend wird eine PG-Drehmomentverlustrate gemäß der Drehzahldifferenz durch Bezugnahme auf das in **Fig. 4** dargestellte Suchdiagramm für die PG-Drehmomentverlustrate berechnet (Schritt A04). Die PG-Drehmomentverlustrate dient als Schätzwert für die Antriebsleistung des Motors 2, die im Planetengetriebemechanismus 3 verloren geht. In Schritt A04 wird, wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 höher als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5 aufgrund des Auftretens eines Verlusts von MG1-Drehmoment, das durch die elektrische Leistungserzeugung des ersten Motorgenerators 4 erzeugt wird, kleiner als in einem Fall ohne den Verlust. Infolgedessen wird ein Motordrehmoment, das aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 berechnet wird, kleiner als das tatsächliche Motordrehmoment. Somit muss eine Korrektur durchgeführt werden, durch die sich das Drehmoment der Antriebswelle 7 erhöht. Daher werden positive Werte im in **Fig. 4** dargestellten Suchdiagramm für die PG-Drehmomentverlustrate festgelegt. Umgekehrt werden negative Werte festgelegt, wenn die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5 höher als die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 ist.

**[0046]** Anschließend wird ein Grundmotordrehmomentschätzwert berechnet (Schritt A05). In Schritt A05 wird ein Grundmotordrehmomentschätzwert, der einem Fall entspricht, in dem der Planetengetriebemechanismus 3 keinen Verlust aufweist, auf Grundlage des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators 4 und des Übersetzungsverhältnisses des Planetengetriebemechanismus 3 berechnet.

**[0047]** Es wird die Herleitung einer Gleichung, die in Schritt A05 zum Berechnen eines Grundmotordrehmomentschätzwerts verwendet wird, anhand der kollinearen Diagramme in den **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben.

**[0048]** Eine Gleichung, welche das Motordrehmoment  $T_m$  in Form einer Drehmomentdifferenz zwischen dem MG1-Drehmoment  $T_{mg1}$  des ersten Motorgenerators 4 und dem Antriebswellendrehmoment  $T_{aus}$  angibt, lautet wie folgt:

$$T_m = -T_{mg1} - T_{aus}. \quad (1)$$

**[0049]** Da in den kollinearen Diagrammen der **Fig. 6** und **Fig. 7** das MG1-Drehmoment  $T_{mg1}$  des ersten Motorgenerators 4 und das Antriebswellendrehmoment  $T_{aus}$  miteinander abgestimmt werden, wobei

die Position des Motors 2 als Schwerpunkt fungiert, gilt folgende Gleichung:

$$\begin{aligned} T_{aus} \times 1 &= T_{mg1} \times (Z_r/Z_s) \\ T_{aus} &= (Z_r/Z_s) \times T_{mg1} \end{aligned} \quad (2)$$

wobei  $Z_s$  für die Anzahl von Zähnen des Sonnenrads 8 des Planetengetriebemechanismus 3 steht und  $Z_r$  für die Anzahl von Zähnen des Hohlrads 10 des Planetengetriebemechanismus 3 steht.

**[0050]** Bei Einsetzen der Gleichung (2) in die Gleichung (1) erhalten wir:

$$\begin{aligned} T_m &= -T_{mg1} - (Z_r/Z_s) \times T_{mg1} \\ &= \{1 + (Z_r/Z_s)\} T_{mg1}. \end{aligned} \quad (3)$$

**[0051]** Gleichung (3) ist jene Gleichung, die in Schritt A05 zum Berechnen eines Grundmotordrehmomentschätzwerts eingesetzt wird.

**[0052]** Daraufhin wird ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment berechnet (Schritt A06). In Schritt A06 wird ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment auf Grundlage der PG-Drehmomentverlustrate, des Absolutwerts des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators 4 und des Übersetzungsverhältnisses des Planetengetriebemechanismus 3 berechnet.

**[0053]** Es wird die Herleitung von Gleichungen beschrieben, die in Schritt A06 zum Berechnen einer PG-Drehmomentverlustrate verwendet werden.

**[0054]** Wie beim Antriebswellendrehmoment  $T_{aus}$  ergibt sich das MG1-Drehmoment  $T_{mg1}$  des ersten Motorgenerators 4 durch das Ineinandergreifen zwischen dem Sonnenrad 8 und dem Planetenrad 9 und das Ineinandergreifen zwischen dem Planetenrad 9 und dem Hohlrad 10. Wenn  $\eta$  für den Übertragungswirkungsgrad zwischen den Zahnradern steht, ändert sich die obige Gleichung (3) zur folgenden Gleichung (4) oder (6).

**[0055]** Wie in **Fig. 1** dargestellt, sind die Antriebswelle 7 und der zweite Motorgenerator 5 direkt miteinander verbunden und drehen sich daher mit derselben Drehzahl. Das bedeutet, dass das Vergleichen der MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 und der Drehzahl der Antriebswelle 7 gleich dem Vergleichen jener des ersten Motorgenerators 4 und jener des zweiten Motorgenerators 5 ist.

**[0056]** Wenn die Bedingungen (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg1} > 0$  oder die Bedingungen (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg1} < 0$  erfüllt sind, gilt folgende Gleichung:

$$T_{m1} = -\{1 + \eta^2 \times (Z_r/Z_s)\} T_{mg1} \quad (4)$$

**[0057]** Die Differenz zwischen den Gleichungen (3) und (4) entspricht einer Drehmomentdifferenz zwischen dem Fall, in dem der Übertragungswirkungsgrad berücksichtigt wird, und dem Fall, in dem dies nicht geschieht.

$$\text{Gleichung (4)} - \text{Gleichung(3)} \\ = (1 - \eta^2) \times (Z_r/Z_s) \times T_{mg1}. \quad (5)$$

**[0058]** Wenn andererseits die Bedingungen (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg1} < 0$  oder die Bedingungen (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg1} > 0$  erfüllt sind, gilt folgende Gleichung:

$$T_{m2} = -\left\{1 + 1/\eta^2 \times (Z_r/Z_s)\right\} T_{mg1}. \quad (6)$$

**[0059]** Die Differenz zwischen den Gleichungen (3) und (6) entspricht einer Drehmomentdifferenz zwischen dem Fall, in dem der Übertragungswirkungsgrad berücksichtigt wird, und dem Fall, in dem dies nicht geschieht.

$$\text{Gleichung(6)} - \text{Gleichung(3)} \\ = \left(1 - 1/\eta^2 \times (Z_r/Z_s)\right) \times T_{mg1}. \quad (7)$$

**[0060]** Wenn  $\eta \cong 1,0$ , gilt eine Beziehung von  $(1 - \eta^2) \cong -(1 - 1/\eta^2)$ . Daher wird eine Gleichung  $(1 - 1/\eta^2) = -\alpha$  erhalten, wenn  $(1 - \eta^2)$  durch  $\alpha$  ersetzt wird.

**[0061]** In der ersten Ausführungsform wird z. B. ein Übertragungswirkungsgrad  $\eta$  von 0,99 angenommen. In diesem Fall ist  $\eta^2$  gleich 0,9801, was sich um 0,02 von dem  $\eta^2$ -Wert eines Falls, in dem der Übertragungswirkungsgrad  $\eta$  gleich 1 ist, unterscheidet. Das bedeutet, es wird eine Verlustrate von 2 % angenommen. Bei dem obengenannten Wert für den Übertragungswirkungsgrad  $\eta$  handelt es sich um ein Beispiel.

**[0062]** So wird, wenn (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl), anhand von Gleichung (5) die Drehmomentdifferenz angegeben mit

$$\alpha \times (Z_r/Z_s) \times |T_{mg1}|. \quad (8)$$

**[0063]** Wenn (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl), wird anhand der Gleichung (7) die Drehmomentdifferenz angegeben mit

$$-\alpha \times (Z_r/Z_s) \times |T_{mg1}|. \quad (9)$$

**[0064]** Bei den Formeln (8) und (9) handelt es sich um Formeln, die in Schritt A06 zum Berechnen des PG-Verlustkorrekturdrehmoments verwendet werden.

**[0065]** Daraufhin wird ein Motordrehmomentschätzwert berechnet (Schritt A07). In Schritt A07 wird ein

Motordrehmomentschätzwert berechnet, indem der Grundmotordrehmomentschätzwert durch Addition mit dem PG-Verlustkorrekturdrehmoment korrigiert wird. Ein Motordrehmomentanweisungswert wird mithilfe dieses Motordrehmomentschätzwerts korrigiert.

**[0066]** Es wird ein in Schritt A07 verwendeter Motordrehmomentschätzwert beschrieben.

**[0067]** Ein Motordrehmomentschätzwert wird in Schritt A07 als Summe der in den obengenannten Schritten A05 und A06 berechneten Werte berechnet.

**[0068]** Insbesondere wird, wenn (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl), die Summe der Werte der Gleichungen (3) und (8) als Motordrehmomentschätzwert verwendet.

**[0069]** Dahingegen wird, wenn (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl), die Summe der Werte der Gleichungen (3) und (9) als Motordrehmomentschätzwert verwendet.

**[0070]** Anschließend kehrt das Programm zurück (Schritt A08).

**[0071]** Eine Steuerung zum Schätzen des Motordrehmoments auf die oben beschriebene Weise wird mit einem herkömmlichen Verfahren unter Bezugnahme auf ein Zeitdiagramm in **Fig. 5** und die kollinearen Diagramme in den **Fig. 6** und **Fig. 7** verglichen.

**[0072]** Das Zeitdiagramm in **Fig. 5** zeigt ein Verhalten in einem Fall, bei dem sich die Fahrzeuggeschwindigkeit mit der Zeit erhöht, wobei das Drehmoment der Antriebswelle 7 konstant in einem Zustand gehalten wird, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant sind.

**[0073]** Das kollineare Diagramm in **Fig. 6** zeigt einen Fall, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant sind und die Fahrzeuggeschwindigkeit relativ niedrig ist, und das kollineare Diagramm in **Fig. 7** zeigt einen Fall, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant sind und die Fahrzeuggeschwindigkeit relativ hoch ist.

**[0074]** Warum ein Motordrehmomentschätzwert vom tatsächlichen Drehmoment aufgrund eines Verlustmoments des Planetengetriebemechanismus 3 abweicht, wird mit Bezug auf das Zeitdiagramm in **Fig. 5** und die kollinearen Diagramme in den **Fig. 6** und **Fig. 7** beschrieben.

**[0075]** Wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motor- generators 4 höher als die MG2-Drehzahl des zwei-

ten Motorgenerators 5 aufgrund des Vorhandenseins von Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus 3 ist, wird das (elektrische) Leistungserzeugungsdrehmoment des ersten Motorgenerators 4, das kleiner ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 derart berechnet, dass er kleiner als das tatsächliche Motordrehmoment ist. Infolgedessen wird in dieser Ausführungsform eine Korrektur vorgenommen, um das Motordrehmoment zu erhöhen, und kann es an das tatsächliche Motordrehmoment angeglichen werden.

**[0076]** Wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 4 niedriger als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 5 aufgrund des Vorhandenseins von Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus 3 ist, wird das Leistungserzeugungsdrehmoment des ersten Motorgenerators 4, das größer ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 4 derart berechnet, dass er größer als das tatsächliche Motordrehmoment ist. Infolgedessen wird in der ersten Ausführungsform eine Korrektur vorgenommen, um das Motordrehmoment zu senken, und kann es an das tatsächliche Motordrehmoment angeglichen werden.

**[0077]** Entsprechend ist bei der dreiachsigen Ein-/Ausgangsvorrichtung für Antriebsleistung gemäß der ersten Ausführungsform das Hybridsteuermodul (Steuermittel) 20 mit dem PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26 als Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel zur Berechnung eines Verlustkorrekturdrehmoments für den Planetengetriebemechanismus 3 auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen dem ersten Motorgenerator 4 und dem zweiten Motorgenerator 5 ausgestattet und berechnet einen Motordrehmomentschätzwert des Motors 2, indem es einen Grundmotordrehmomentschätzwerts auf Grundlage des vom PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 26 berechneten Verlustkorrekturdrehmoments korrigiert.

**[0078]** Bei dieser Konfiguration wird ein Grundmotordrehmomentschätzwert auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen dem ersten Motorgenerator 4 und dem zweiten Motorgenerator 5 unter Berücksichtigung des Verlustmoments des Planetengetriebemechanismus 3 korrigiert, wodurch ein Motordrehmomentschätzwert genau berechnet werden kann, indem das Verringern der Genauigkeit eines Motordrehmomentschätzwerts aufgrund des Verlustmoments des Planetengetriebemechanismus 3 unterdrückt wird. Und der Motor 2 kann durch Korrigieren eines Motordrehmomentanweisungswerts

mithilfe dieses Motordrehmomentschätzwerts korrekt gesteuert werden.

**[0079]** Die Fig. 8-15 veranschaulichen eine zweite Ausführungsform der Erfindung.

**[0080]** Die zweite Ausführungsform wird für einen Fall beschrieben, in dem die Erfindung auf eine sogenannte vierachsige Ein-/Ausgangsvorrichtung für Antriebsleistung angewandt wird.

**[0081]** Wie in Fig. 8 dargestellt, ist ein Motor (in der Figur mit „MOT“ gekennzeichnet) 102, der Antriebsleistung ausgibt, in einem Hybridfahrzeug (im Folgenden als Fahrzeug bezeichnet) 1 montiert.

**[0082]** In der zweiten Ausführungsform sind zwei Planetengetriebemechanismen, d. h. ein erster Planetengetriebemechanismus 103 und ein zweiter Planetengetriebemechanismus 104, mit dem Motor 102 verbunden.

**[0083]** Wenigstens zwei Motorgeneratoren, d. h. ein erster Motorgenerator 105 und ein zweiter Motorgenerator 106, sind mit dem jeweiligen Planetengetriebemechanismus 103 bzw. 104 verbunden.

**[0084]** Der Motor 2, der erste Motorgenerator 105 und der zweite Motorgenerator 106 sind mit einer Antriebswelle (in der Figur mit „AUS“ gekennzeichnet) 108 über den ersten Planetengetriebemechanismus 103, einen zweiten Planetengetriebemechanismus 104 und einen Leistungsübertragungsgetriebemechanismus 107 verbunden. Die Antriebsräder sind an der Antriebswelle 108 angebracht.

**[0085]** Der erste Planetengetriebemechanismus 103 ist mit einem ersten Sonnenrad 109, einem ersten Planetenrad 110, das in das erste Sonnenrad 109 eingreift, einem ersten Hohlrad 111, das in das erste Planetenrad 110 eingreift, und einem ersten Träger 112, der mit dem ersten Planetenrad 110 verbunden ist, ausgestattet.

**[0086]** Das erste Sonnenrad 109 ist mit dem ersten Motorgenerator 105 verbunden.

**[0087]** Der erste Träger 112 ist mit einer Kurbelwelle 113 des Motors 102 verbunden.

**[0088]** Der zweite Planetengetriebemechanismus 104 ist mit einem zweiten Sonnenrad 114, einem zweiten Planetenrad 115, das in das zweite Sonnenrad 114 eingreift, einem zweiten Hohlrad 116, das in das zweite Planetenrad 115 eingreift, und einem zweiten Träger 117, der mit dem zweiten Planetenrad 115 und dem ersten Hohlrad 111 verbunden ist, ausgestattet.

**[0089]** Das zweite Sonnenrad 114 ist mit der Kurbelwelle 113 des Motors 102 verbunden.

**[0090]** Das zweite Hohlrad 116 ist mit dem zweiten Motorgenerator 106 verbunden.

**[0091]** Der erste Motorgenerator 105 besteht aus einem ersten Rotor 118, mit dem das erste Sonnenrad 109 verbunden ist, und einem ersten Stator 119. Der zweite Motorgenerator 106 besteht aus einem zweiten Rotor 120, mit dem das zweite Hohlrad 116 verbunden ist, und einem zweiten Stator 121.

**[0092]** Das Fahrzeug 101 gemäß der zweiten Ausführungsform nutzt eine sogenannte vierachsige Ein-/Ausgangsvorrichtung für Antriebsleistung. Der erste Träger 112 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und das zweite Sonnenrad 114 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 sind miteinander und zusammen mit der Kurbelwelle 113 des Motors 102 verbunden. Das erste Hohlrad 111 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und der zweite Träger 117 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 sind miteinander und zusammen mit der Antriebswelle 108 verbunden. Der erste Motorgenerator 105 ist mit dem ersten Sonnenrad 109 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 verbunden und der zweite Motorgenerator 106 ist mit dem zweiten Hohlrad 116 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 verbunden. Antriebsleistung wird zwischen dem Motor 102, dem ersten Motorgenerator 105, dem zweiten Motorgenerator 106 und der Antriebswelle 108 ausgetauscht.

**[0093]** Der erste Motorgenerator 105 ist nur mit dem ersten Sonnenrad 109 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 verbunden. Der erste Motorgenerator 105 wird sowohl zur Erzeugung von elektrischer Leistung als auch zum Fahrzeugbetrieb verwendet und wird als Generator während des normalen Betriebs des Fahrzeugs verwendet.

**[0094]** Der zweite Motorgenerator 106 ist nur mit dem zweiten Hohlrad 116 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 verbunden. Der zweite Motorgenerator 106 wird sowohl zur Erzeugung von elektrischer Leistung als auch zum Fahrzeugbetrieb verwendet und wird als Antriebsmotor während des normalen Betriebs des Fahrzeugs verwendet.

**[0095]** Ein erster Wechselrichter (in der Figur als „Wechselrichter-1“ angegeben) 122 ist mit dem ersten Stator 119 des ersten Motorgenerators 105 verbunden. Der erste Wechselrichter 122 steuert den ersten Motorgenerator 105. Ein zweiter Wechselrichter (in der Figur als „Wechselrichter-2“ angegeben) 123 ist mit dem zweiten Stator 121 des zweiten Motorgenerators 106 verbunden. Der zweite Wechselrichter 123 steuert den zweiten Motorgenerator 106.

**[0096]** Eine Hybridsteuereinheit (in der Figur als „HCU“ gekennzeichnet) 125, bei der es sich um ein Steuermittel einer Motordrehmomentschätzungsvorrichtung 124 handelt, ist mit dem ersten Wechselrichter 122 und dem zweiten Wechselrichter 123 verbunden.

**[0097]** Leistungsanschlüsse des ersten Wechselrichters 122 und des zweiten Wechselrichters 123 sind jeweils mit einer Batterie 126 verbunden, bei der es sich um eine Stromspeichervorrichtung handelt. Die Batterie 126 ist mit einem Batteriesteuermodul (in der Figur mit „BCM“ gekennzeichnet) verbunden, das einen Zustand der Batterie 126 erfassen kann. Das Batteriesteuermodul 127 ist mit dem ersten Wechselrichter 122 und dem zweiten Wechselrichter 123 verbunden und steuert eine an den ersten Wechselrichter 122 und den zweiten Wechselrichter 123 anzulegende Spannung über ein Steuersignal.

**[0098]** Das Batteriesteuermodul 127 ist mit der Hybridsteuereinheit 125 verbunden.

**[0099]** Ein Motorsteuermodul (in der Figur mit „ECM“ gekennzeichnet) 128, das den Motor 102 steuert, ist ebenfalls mit der Hybridsteuereinheit 125 verbunden.

**[0100]** Die Hybridsteuereinheit 125 empfängt verschiedene Arten von Sensorinformationen, berechnet Drehmomentanweisungswerte für den Motor 102, den ersten Motorgenerator 105 und den zweiten Motorgenerator 106 und sendet Signale der Anweisungswerte an das Motorsteuermodul 128, den ersten Wechselrichter 122 bzw. den zweiten Wechselrichter 123. Das Motorsteuermodul 128, der erste Wechselrichter 122 und der zweite Wechselrichter 123 steuern das Drehmoment des Motors 102, des ersten Motorgenerators 105 bzw. des zweiten Motorgenerators 106 gemäß den empfangenden Anweisungswerten.

**[0101]** Wie in **Fig. 9** dargestellt, umfasst die Hybridsteuereinheit 125 ein Drehzahldifferenzberechnungsmittel 129, das eine MG1-Drehzahl, bei der es sich um eine Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 handelt, und eine MG2-Drehzahl, bei der es sich um eine Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 handelt, empfängt; ein PG1-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 130 und ein PG2-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 131, die mit dem Drehzahldifferenzberechnungsmittel 129 verbunden sind und Verlustraten des ersten Planetengetriebemechanismus 103 bzw. des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 berechnen; ein PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 132, das mit dem PG1-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 130 und dem PG2-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 131 verbunden ist und ein MG1-Drehmoment, bei dem es sich um das vom ers-

ten Motorgenerator 105 erzeugte Drehmoment handelt, und ein MG2-Drehmoment, bei dem es sich um das vom zweiten Motorgenerator 106 erzeugte Drehmoment handelt, empfängt und ein Verlustkorrekturdrehmoment des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 berechnet; ein Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 133, welches das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 und das MG2-Drehmoment des zweiten Motorgenerators 106 empfängt und einen Grunddrehmomentschätzwert berechnet; und ein Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 134, das mit dem PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 132 und dem Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 133 verbunden ist.

**[0102]** Das Drehzahldifferenzberechnungsmittel 129 berechnet eine Drehzahldifferenz ((MG1-Drehzahl) - (MG2-Drehzahl)) auf Grundlage der MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 und der MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106.

**[0103]** Das PG1-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 130 empfängt die Drehzahldifferenz vom Drehzahldifferenzberechnungsmittel 129 und berechnet eine PG1-Drehmomentverlustrate, bei der es sich um eine Verlustrate des ersten Planetengetriebemechanismus 103 handelt, durch Bezugnahme auf ein in **Fig. 11** dargestelltes Suchdiagramm für die PG1-Drehmomentverlustrate. In dem in **Fig. 11** abgebildeten Suchdiagramm für die PG1-Drehmomentverlustrate ist die PG-Drehmomentverlustrate gleich null, wenn die Drehzahldifferenz gleich null ist.

**[0104]** Das PG2-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 131 empfängt die Drehzahldifferenz vom Drehzahldifferenzberechnungsmittel 129 und berechnet eine PG2-Drehmomentverlustrate, bei der es sich um eine Verlustrate des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 handelt, durch Bezugnahme auf ein in **Fig. 12** dargestelltes Suchdiagramm für die PG2-Drehmomentverlustrate. In dem in **Fig. 12** abgebildeten Suchdiagramm für die PG2-Drehmomentverlustrate ist die PG-Drehmomentverlustrate gleich null, wenn die Drehzahldifferenz gleich null ist.

**[0105]** Das PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 132, bei dem es sich um ein Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel der Erfindung handelt, empfängt die vom PG1-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 130 erhaltene PG1-Drehmomentverlustrate, die vom PG2-Drehmomentverlustratenberechnungsmittel 131 erhaltene PG2-Drehmomentverlustrate, das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 und das MG2-Drehmoment des zweiten Motorgene-

rators 106 und berechnet ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment.

**[0106]** Das Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 133 empfängt das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 und das MG2-Drehmoment des zweiten Motorgenerators 106 und berechnet einen Grundmotordrehmomentschätzwert.

**[0107]** Das Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 134 empfängt das vom PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel 132 erhaltene PG-Verlustkorrekturdrehmoment und den vom Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 133 erhaltenen Grundmotordrehmomentschätzwert, indem es den Grundmotordrehmomentschätzwert auf Grundlage des PG-Verlustkorrekturdrehmoments korrigiert. Das Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel 134 gibt den berechneten Motordrehmomentschätzwert an das Motorsteuermodul 128 als Motordrehmomentsignal aus.

**[0108]** Das bedeutet, dass in dieser Ausführungsform ein Motordrehmomentschätzwert berechnet wird, indem eine Korrektur unter Berücksichtigung des Verlustmoments des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und des Verlustmoments des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 vorgenommen wird.

**[0109]** Als Nächstes wird ein Verfahren zur Berechnung eines Motordrehmomentschätzwerts gemäß der zweiten Ausführungsform unter Bezugnahme auf ein Ablaufdiagramm in **Fig. 10** beschrieben.

**[0110]** Wie in **Fig. 10** dargestellt, werden nach einem Start eines Programms der Hybridsteuereinheit 125 (Schritt B01) Sensorinformationssignale erfasst (Schritt B02).

**[0111]** Eine Drehzahldifferenz ((MG1-Drehzahl) - (MG2-Drehzahl)) wird auf Grundlage einer MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 und einer MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 berechnet (Schritt B03).

**[0112]** Anschließend wird eine PG1-Drehmomentverlustrate gemäß der Drehzahldifferenz durch Bezugnahme auf das in **Fig. 11** dargestellte Suchdiagramm für die PG-Drehmomentverlustrate berechnet (Schritt B04). Die PG1-Drehmomentverlustrate dient als Schätzwert für die Antriebsleistung des Motors 102, die im Planetengetriebemechanismus 103 verloren geht. In Schritt B04 wird, wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 höher als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 aufgrund des Auftretens eines Verlusts ist, das Leis-

tungserzeugungsdrehmoment des zweiten Motorgenerators 106 kleiner als in einem Fall ohne den Verlust. Infolgedessen wird ein Motordrehmoment-schätzwert kleiner als das tatsächliche Motordrehmoment. Somit muss eine Korrektur durchgeführt werden, durch die sich das Drehmoment der Antriebswelle 108 erhöht. Daher werden positive Werte im in **Fig. 11** dargestellten Suchdiagramm für die PG1-Drehmomentverlustrate festgelegt. Umgekehrt werden negative Werte in dem Fall festgelegt, in dem die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 höher als die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 ist.

**[0113]** Es wird eine PG2-Drehmomentverlustrate gemäß der Drehzahldifferenz durch Bezugnahme auf das in **Fig. 12** dargestellte Suchdiagramm für die PG2-Drehmomentverlustrate berechnet (Schritt B05). Die PG2-Drehmomentverlustrate dient als Schätzwert für die Antriebsleistung des Motors 2, die im zweiten Planetengetriebemechanismus 104 verloren geht. In Schritt B05 wird, wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 höher als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 aufgrund des Auftretens eines Verlusts ist, das MG2-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 bei einem kleineren Wert abgestimmt als in einem Fall ohne den Verlust. Infolgedessen wird ein Motordrehmoment-schätzwert kleiner als das tatsächliche Motordrehmoment. Somit muss eine Korrektur durchgeführt werden, durch die sich das Drehmoment der Antriebswelle 108 erhöht. Daher werden positive Werte im in **Fig. 12** dargestellten Suchdiagramm für die PG2-Drehmomentverlustrate festgelegt. Umgekehrt werden negative Werte in dem Fall festgelegt, in dem die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 höher als die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 ist.

**[0114]** Anschließend wird ein Grundmotordrehmoment-schätzwert berechnet (Schritt B06). In Schritt B06 wird ein Grundmotordrehmoment-schätzwert, der einem Fall entspricht, in dem der erste Planetengetriebemechanismus 103 keinen Verlust aufweist, auf Grundlage des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators 105 und des Übersetzungsverhältnisses des ersten Planetengetriebemechanismus 103, und der einem Fall entspricht, in dem der zweite Planetengetriebemechanismus 104 keinen Verlust aufweist, auf Grundlage des MG2-Drehmoments des zweiten Motorgenerators 106 und des Übersetzungsverhältnisses des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 berechnet.

**[0115]** Es wird die Herleitung einer Gleichung, die in Schritt B06 zum Berechnen eines Grundmotordrehmoment-schätzwerts verwendet wird, anhand der kollinearen Diagramme in den **Fig. 14** und **Fig. 15** beschrieben.

**[0116]**  $T_m$ ,  $T_{mg1}$  und  $T_{mg2}$  stehen für das Motordrehmoment, das MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 bzw. das MG2-Drehmoment des zweiten Motorgenerators 106. Da  $T_m$ ,  $T_{mg1}$  und  $T_{mg2}$  miteinander abgestimmt werden, wobei die Position der Antriebswelle 108 als Schwerpunkt fungiert, gilt folgende Gleichung:

$$T_m \times 1 + T_{mg1} \times (1 + Zr1/Zs1) = T_{mg2} \times (Zs2/Zr2)$$

$$T_m = -(1 + Zr1/Zs1) \times T_{mg1} + (Zs2/Zr2) \times T_{mg2}$$

(11)

wobei  $Zr1$  für die Anzahl von Zähnen des ersten Hohlrads 111 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 steht,  $Zs1$  für die Anzahl von Zähnen des ersten Sonnenrads 109 des ersten Planetengetriebemechanismus 103 steht,  $Zr2$  für die Anzahl von Zähnen des zweiten Hohlrads 116 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 steht und  $Zs2$  für die Anzahl von Zähnen des zweiten Sonnenrads 114 des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 steht.

**[0117]** Gleichung (11) ist jene Gleichung, die in Schritt B06 zum Berechnen eines Grundmotordrehmoment-schätzwerts eingesetzt wird.

**[0118]** Daraufhin wird ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment berechnet (Schritt B07). In Schritt B07 wird ein PG-Verlustkorrekturdrehmoment auf Grundlage der PG1-Drehmomentverlustrate, des Absolutwerts des MG1-Drehmoments des ersten Motorgenerators 105, des Übersetzungsverhältnisses des ersten Planetengetriebemechanismus 3, der PG2-Drehmomentverlustrate, des Absolutwerts des MG2-Drehmoments des zweiten Motorgenerators 106 und des Übersetzungsverhältnisses des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 berechnet.

**[0119]** Es wird die Herleitung von Gleichungen, die in Schritt B07 zum Berechnen einer Drehmomentverlustrate verwendet werden, mit Bezug auf die kollinearen Diagramme in den **Fig. 14** und **Fig. 15** beschrieben.

**[0120]** Da das Motordrehmoment  $T_m$ , das MG1-Drehmoment  $T_{mg1}$  und das MG2-Drehmoment  $T_{mg2}$  miteinander abgestimmt werden, wobei die Position der Antriebswelle 108 als Schwerpunkt fungiert, ist das Motordrehmoment  $T_m$  gleich der Summe aus dem Gegendrehmoment von MG1 und dem von MG2. Nun wird das Motordrehmoment  $T_m$  entsprechend dem Gegendrehmoment von MG2 angegeben mit

$$1 \times T_m = (Zs2/Zr2) \times T_{mg2} \quad (12)$$

$$T_m = (Zs2/Zr2) \times T_{mg2}$$

**[0121]** Wenn die Bedingungen (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg2} < 0$  oder die Bedingungen (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg2} > 0$  erfüllt sind, gilt folgende Gleichung:

$$T_{m3} = \eta^2 \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times T_{mg2}. \quad (13)$$

**[0122]** Die Differenz zwischen den Gleichungen (12) und (13) entspricht einer Drehmomentdifferenz zwischen dem Fall, in dem der Übertragungswirkungsgrad berücksichtigt wird, und dem Fall, in dem dies nicht geschieht.

$$\begin{aligned} &\text{Gleichung(13)} - \text{Gleichung(12)} \\ &= (\eta^2 - 1) \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times T_{mg2}. \end{aligned} \quad (14)$$

**[0123]** Wenn andererseits die Bedingungen (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg2} > 0$  oder die Bedingungen (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl) und  $T_{mg2} < 0$  erfüllt sind, gilt folgende Gleichung:

$$T_{m4} = 1/\eta^2 \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times T_{mg2}. \quad (15)$$

**[0124]** Die Differenz zwischen den Gleichungen (12) und (15) entspricht einer Drehmomentdifferenz zwischen dem Fall, in dem der Übertragungswirkungsgrad berücksichtigt wird, und dem Fall, in dem dies nicht geschieht.

$$\begin{aligned} &\text{Gleichung(15)} - \text{Gleichung(12)} \\ &= (1/\eta^2 - 1) \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times T_{mg2}. \end{aligned} \quad (16)$$

**[0125]** Wie oben angemerkt, wird eine Gleichung  $(1 - 1/\eta^2) - \alpha$  erhalten, wenn  $(1 - \eta^2)$  durch  $\alpha$  ersetzt wird.

**[0126]** So wird, wenn (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl), anhand von Gleichung (14) die Drehmomentdifferenz angegeben mit

$$\alpha \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times |T_{mg2}|. \quad (16)$$

**[0127]** Wenn (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl), wird anhand der Gleichung (15) die Drehmomentdifferenz angegeben mit

$$-\alpha \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times |T_{mg2}|. \quad (17)$$

**[0128]** Das PG-Verlustkorrekturdrehmoment kann durch Addition mit Gleichung (8) oder (9) berechnet werden.

**[0129]** Das bedeutet, wenn (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl), ergibt die Addition der Gleichungen (8) und (16)

$$\alpha \times (Z_r/Z_s) \times |T_{mg1}| + \alpha \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times |T_{mg2}|. \quad (18)$$

**[0130]** Wenn (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl), ergibt die Addition der Gleichungen (9) und (17)

$$-\alpha \times (Z_r/Z_s) \times |T_{mg1}| + \alpha \times (Z_{s2}/Z_{r2}) \times |T_{mg2}|. \quad (19)$$

**[0131]** Bei den Formeln (18) und (19) handelt es sich um Formeln, die in Schritt B07 zum Berechnen des PG-Verlustkorrekturdrehmoments verwendet werden.

**[0132]** Daraufhin wird ein Motordrehmomentschätzwert berechnet (Schritt B08). In Schritt B08 wird ein Motordrehmomentschätzwert berechnet, indem der Grundmotordrehmomentschätzwert durch Addition mit dem PG-Verlustkorrekturdrehmoment korrigiert wird. Ein Motordrehmomentanweisungswert wird mithilfe dieses Motordrehmomentschätzwerts korrigiert.

**[0133]** Es wird ein in Schritt B08 verwendeter Motordrehmomentschätzwert beschrieben.

**[0134]** Ein Motordrehmomentschätzwert wird in Schritt B08 als Summe der in den obengenannten Schritten B07 und B08 berechneten Werte berechnet.

**[0135]** Insbesondere wird, wenn (MG1-Drehzahl) > (MG2-Drehzahl), die Summe der Werte der Gleichungen (11) und (18) als Motordrehmomentschätzwert verwendet.

**[0136]** Wenn (MG1-Drehzahl) < (MG2-Drehzahl), wird die Summe der Werte der Gleichungen (11) und (19) als Motordrehmomentschätzwert verwendet.

**[0137]** Anschließend kehrt das Programm zurück (Schritt B09).

**[0138]** Fig. 13 ist ein Zeitdiagramm, in dem veranschaulicht wird, wie der Motor 102 gesteuert wird, und die Fig. 14 und Fig. 15 sind kollineare Diagramme zum Vergleich mit einem herkömmlichen Verfahren.

**[0139]** Das Zeitdiagramm in Fig. 13 zeigt ein Verhalten in einem Fall, bei dem sich die Fahrzeuggeschwindigkeit mit der Zeit erhöht, wobei das Drehmoment der Antriebswelle konstant in einem Zustand gehalten wird, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant sind.

**[0140]** Das kollineare Diagramm in Fig. 14 zeigt einen Fall, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant sind und die Fahrzeuggeschwindigkeit relativ niedrig ist, und das kollineare Diagramm in Fig. 15 zeigt einen Fall, in dem die Motordrehzahl und das Motordrehmoment konstant

sind und die Fahrzeuggeschwindigkeit relativ hoch ist.

**[0141]** Warum ein Motordrehmomentschätzwert vom tatsächlichen Drehmoment aufgrund eines PG-Verlustmoments des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und eines PG-Verlustmoments des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 abweicht, wird mit Bezug auf die obengenannten Zeichnungen beschrieben.

**[0142]** Wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 höher als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 aufgrund des Vorhandenseins von Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus 103 und Verlustmoment des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 ist, wird das Leistungserzeugungsdrehmoment des ersten Motorgenerators 105, das kleiner ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Und ein Leistungserzeugungsdrehmoment des zweiten Motorgenerators 106, das kleiner ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, wird mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 und dem MG2-Drehmoment des zweiten Motorgenerators 106 derart berechnet, dass er kleiner als das tatsächliche Motordrehmoment ist. Infolgedessen wird in der zweiten Ausführungsform eine Korrektur vorgenommen, um das Motordrehmoment zu erhöhen, und kann es an das tatsächliche Motordrehmoment angeglichen werden.

**[0143]** Wenn die MG1-Drehzahl des ersten Motorgenerators 105 niedriger als die MG2-Drehzahl des zweiten Motorgenerators 106 aufgrund des Vorhandenseins von Verlustmoment des Planetengetriebemechanismus 103 und Verlustmoment des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 ist, wird das Leistungserzeugungsdrehmoment des ersten Motorgenerators 105, das größer ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Und ein Leistungserzeugungsdrehmoment des zweiten Motorgenerators 106, das kleiner ist als in dem Fall ohne Verlustmoment, wird mit dem Motordrehmoment abgestimmt. Daher wird ein Motordrehmomentschätzwert aus dem MG1-Drehmoment des ersten Motorgenerators 105 und dem MG2-Drehmoment des zweiten Motorgenerators 106 derart berechnet, dass er größer als ein tatsächliches Motordrehmoment ist. In der zweiten Ausführungsform wird eine Korrektur vorgenommen, um das Motordrehmoment zu erhöhen, und kann es an das tatsächliche Motordrehmoment angeglichen werden.

**[0144]** Entsprechend wird bei der vierachsigen Ein-/Ausgangsvorrichtung für Antriebsleistung gemäß der zweiten Ausführungsform ein Grundmotordreh-

momentschätzwert auf Grundlage einer Drehzahldifferenz zwischen dem ersten Motorgenerator 105 und dem zweiten Motorgenerator 106 unter Berücksichtigung des Verlustmoments des ersten Planetengetriebemechanismus 103 und des Verlustmoments des zweiten Planetengetriebemechanismus 104 korrigiert, wodurch ein Motordrehmomentschätzwert genau berechnet werden kann, indem das Verringern der Genauigkeit eines Motordrehmomentschätzwerts aufgrund des PG-Verlustmoments der Planetengetriebemechanismen unterdrückt wird. Und der Motor 102 kann durch Korrigieren eines Motordrehmomentanweisungswerts mithilfe dieses Motordrehmomentschätzwerts korrekt gesteuert werden.

**[0145]** \_Die erfindungsgemäße Motordrehmomentkorrekturvorrichtung kann nicht nur bei Hybridfahrzeugen, sondern auch bei Elektrofahrzeugen, wie z. B. Elektroautos, angewandt werden.

#### Bezugszeichenliste

1	Fahrzeug (Hybridfahrzeug)
2	Motor (MOT)
3	Planetengetriebemechanismus (PG)
4	Erster Motorgenerator (MG1)
5	Zweiter Motorgenerator (MG2)
7	Antriebswelle (AUS)
12	Kurbelwelle
19	Motordrehmomentschätzungsvorrichtung
20	Hybridsteuereinheit (Steuermittel)
24	Drehzahldifferenzberechnungsmittel
25	PG-Drehmomentverluststratenberechnungsmittel
26	PG-Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel (Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel)
27	Grundmotordrehmomentschätzwertberechnungsmittel
28	Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel

#### Patentansprüche

1. Motordrehmomentkorrekturvorrichtung eines Hybridfahrzeugs (1;101) mit einem Motor (2;102), der Antriebsleistung ausgibt, wenigstens zwei Motorgeneratoren (4,5;103,104), die Antrieb mittels elektrischer Leistung ausführen, einem Planetengetriebemechanismus (3;103,104), der den Motor (2;102) mit den Motorgeneratoren (4,5;103,104) verbindet, und einem Steuermittel (20;125), umfassend ein Motordrehmomentschätzwertberechnungsmittel (28;135), das einen Motordrehmomentschätzwert

des Motors (2;102) auf Grundlage eines Drehmoments der Motorgeneratoren (4,5;103,104) berechnet, **dadurch gekennzeichnet**, dass das Steuermit-  
tel (20;125) ein  
Verlustkorrekturdrehmomentberechnungsmittel  
(26;132) umfasst, das ein Verlustkorrekturdrehmo-  
ment für den Planetengetriebemechanismus  
(3;103,104) auf Grundlage einer Drehzahldifferenz  
zwischen den Motorgeneratoren (4,5;103,104) und  
einem Drehmoment eines der Motorgeneratoren  
(4,5;103,104) berechnet und den Motordrehmo-  
mentschätzwert des Motors (2; 102) durch Korrigie-  
ren eines Grundmotordrehmomentschätzwerts  
gemäß dem von dem Verlustkorrekturdrehmoment-  
berechnungsmittel (26;132) berechneten Verlustkor-  
rekturdrehmoment berechnet.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen



FIG. 3

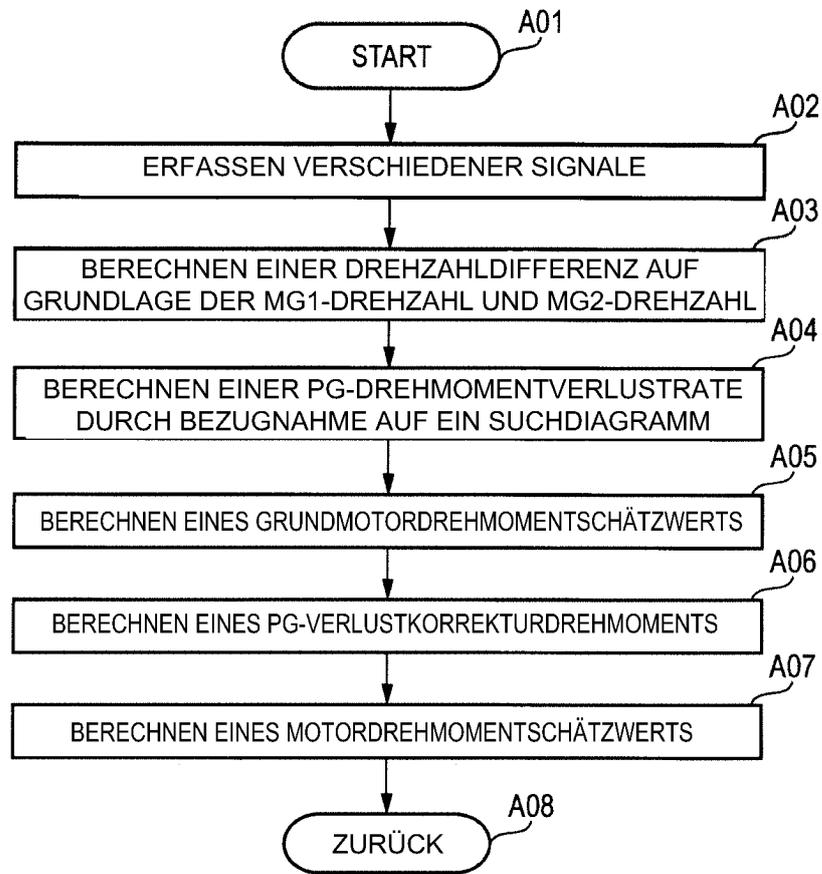


FIG. 4

SUCHDIAGRAMM FÜR DIE PG-DREHMOMENTVERLUSTRATE

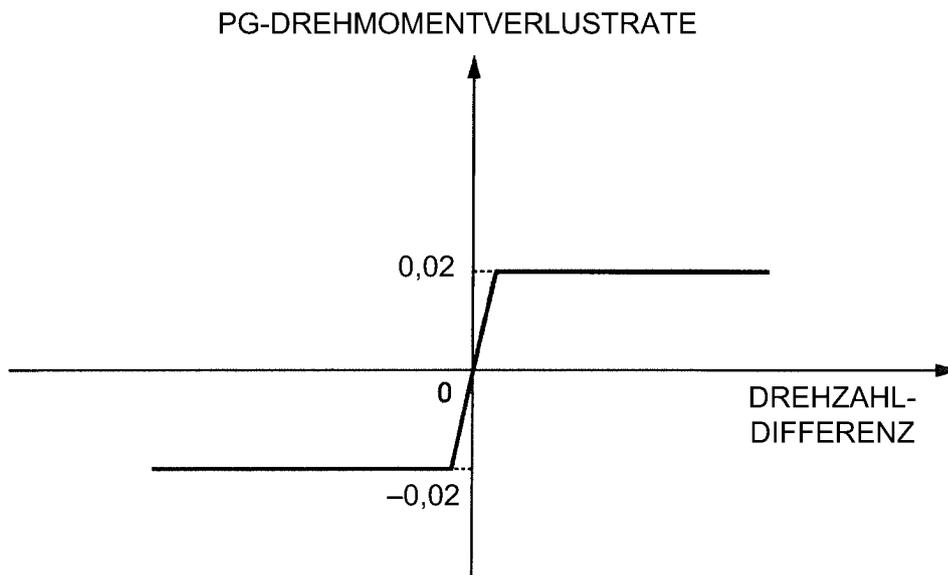


FIG. 5

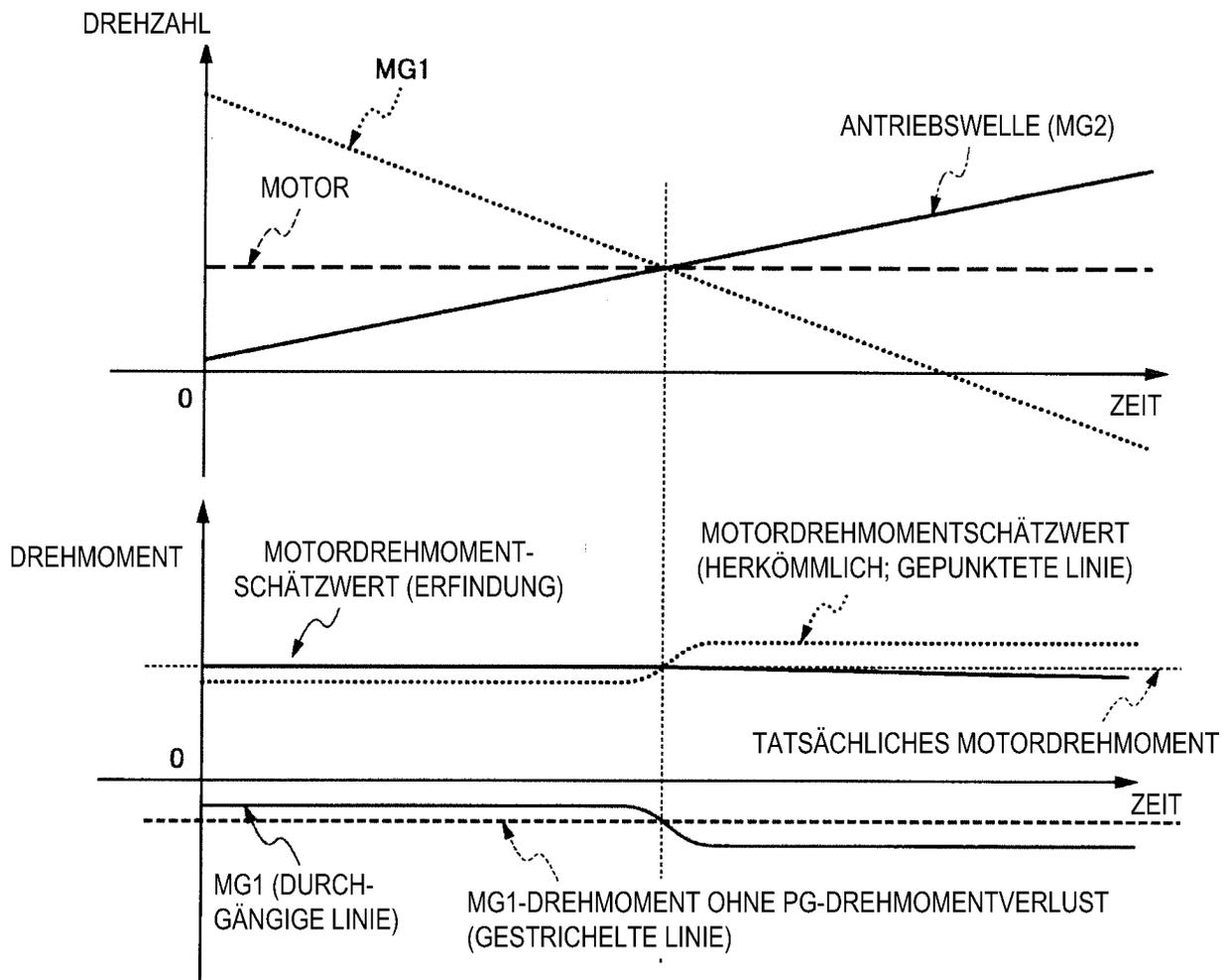


FIG. 6

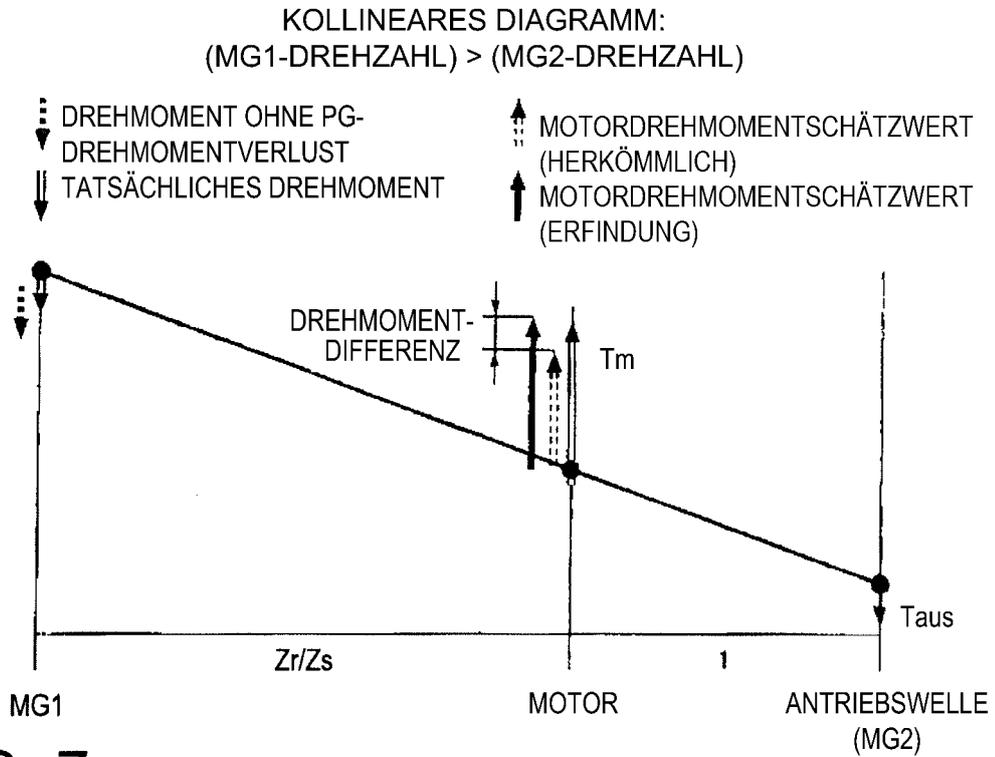


FIG. 7

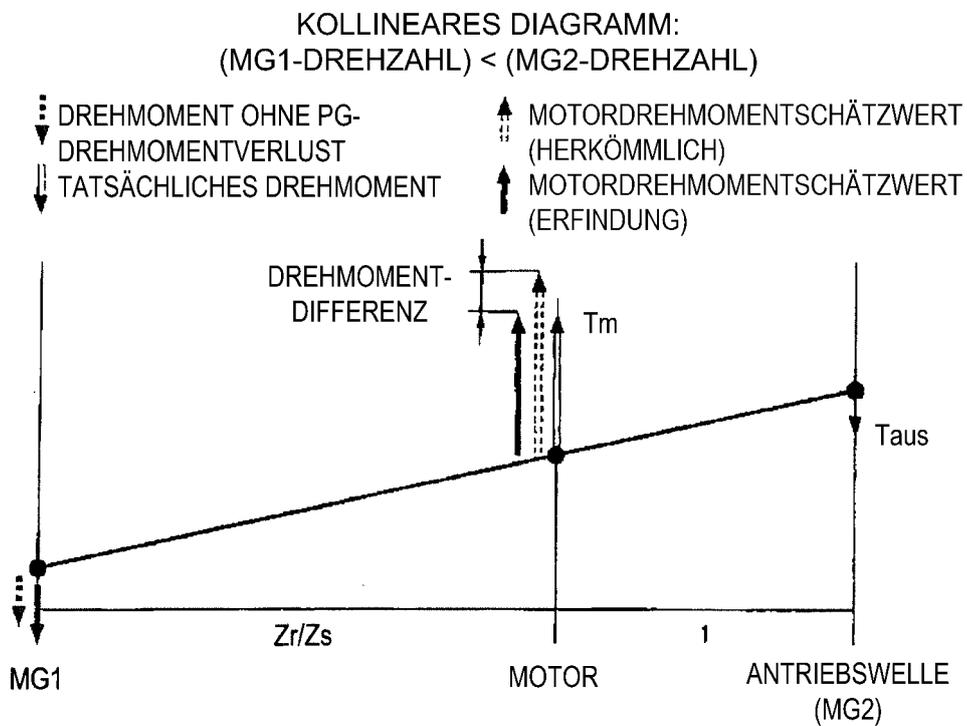
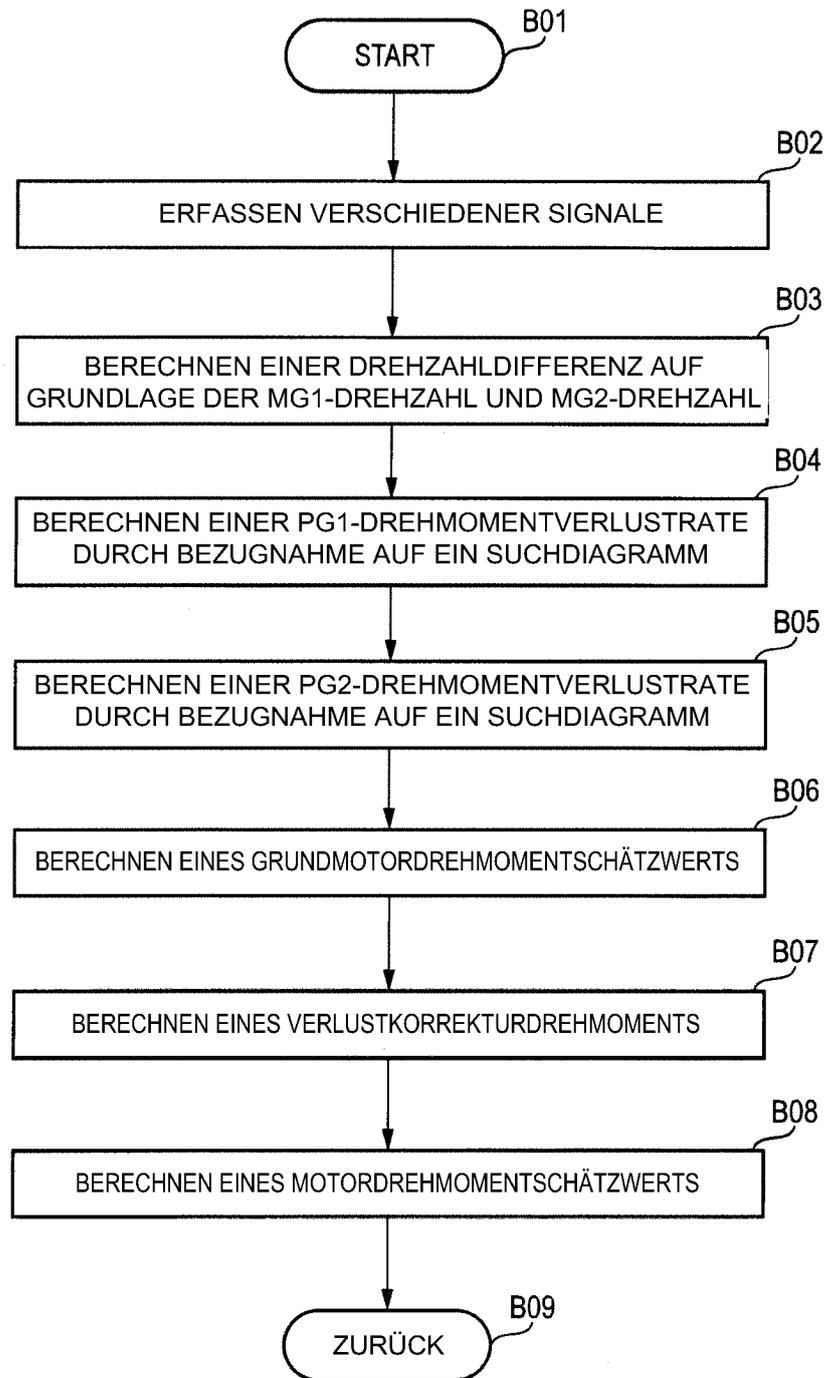


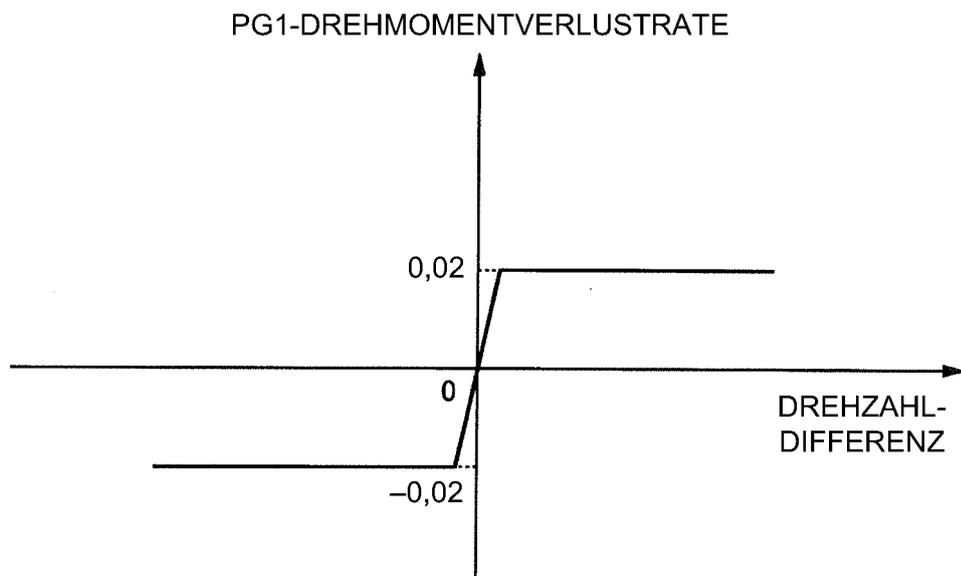


FIG. 10



**FIG. 11**

SUCHDIAGRAMM FÜR DIE PG1-DREHMOMENTVERLUSTRATE



**FIG. 12**

SUCHDIAGRAMM FÜR DIE PG2-DREHMOMENTVERLUSTRATE

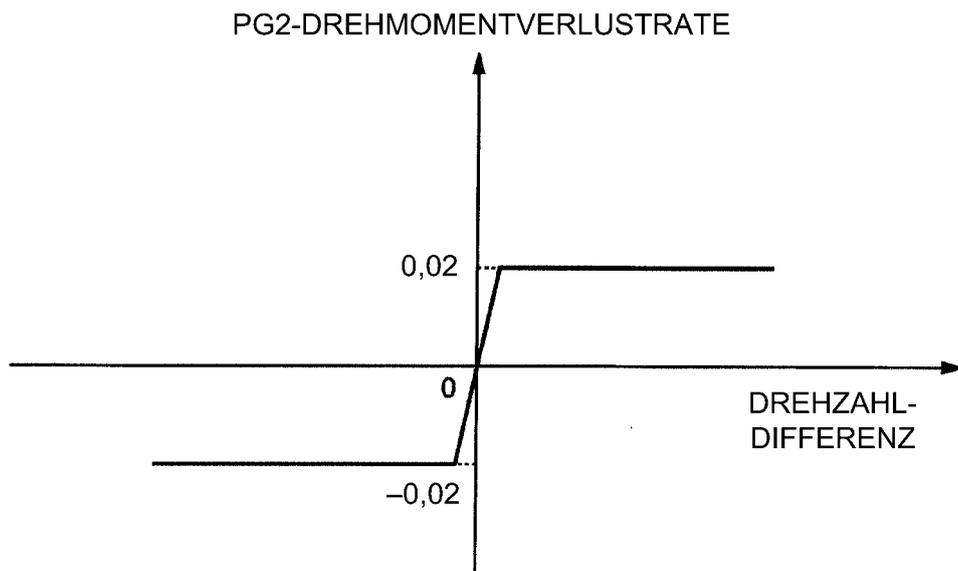


FIG. 13

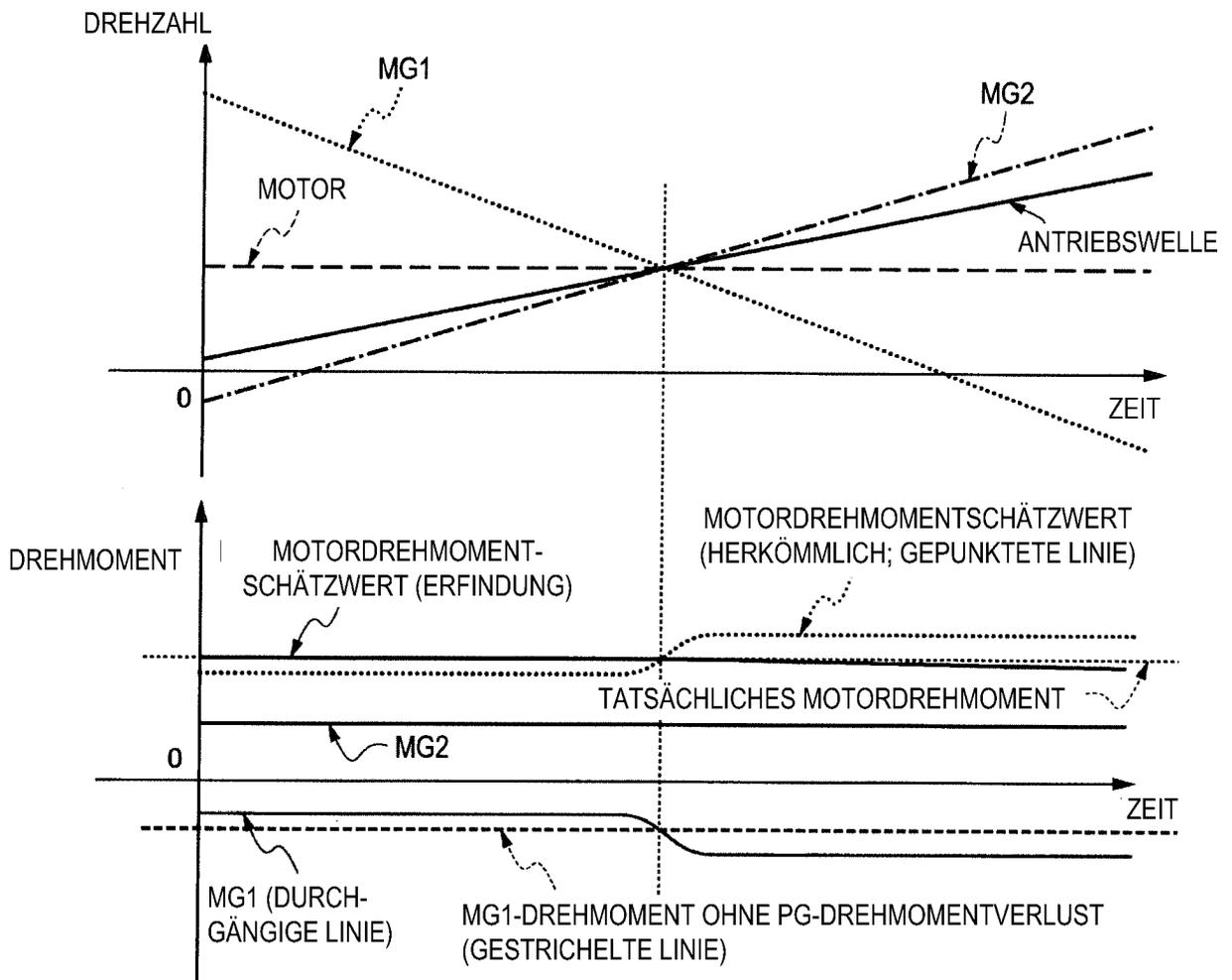


FIG. 14

KOLLINEARES DIAGRAMM:  
(MG1-DREHZAHL) > (MG2-DREHZAHL)

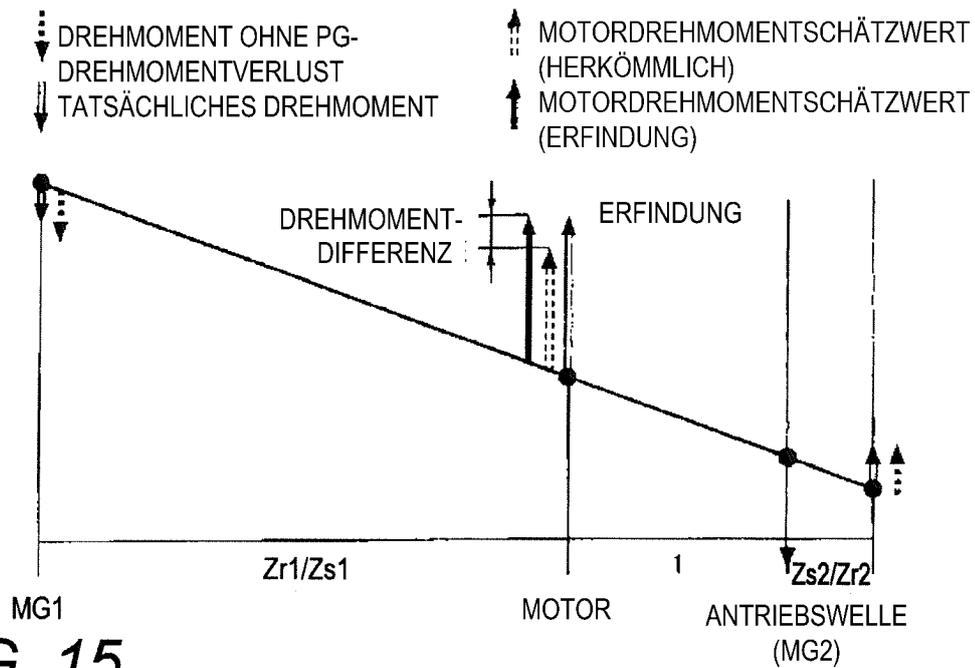


FIG. 15

KOLLINEARES DIAGRAMM:  
(MG1-DREHZAHL) < (MG2-DREHZAHL)

