(19) Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 198 40 228 B4** 2006.08.03

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **198 40 228.7**
(22) Anmeldetag: **03.09.1998**
(43) Offenlegungstag: **11.03.1999**
(45) Veröffentlichungstag der Patenterteilung: **03.08.2006**

(51) Int Cl.[8]: ***B62D 5/04*** (2006.01)

Innerhalb von drei 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. 2 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
9-238737 03.09.1997 JP

(73) Patentinhaber:
Honda Giken Kogyo K.K., Tokio/Tokyo, JP

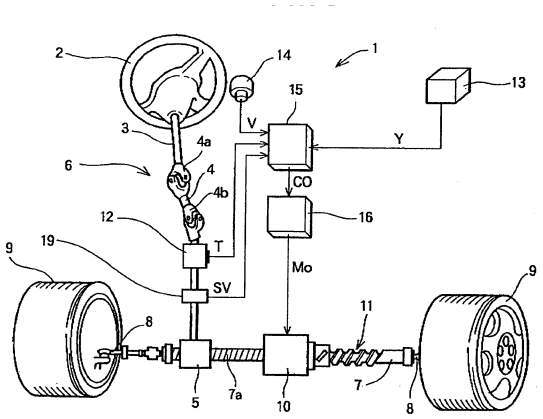
(74) Vertreter:
Weickmann & Weickmann, 81679 München

(72) Erfinder:
Shimizu, Yasuo, Wako, Saitama, JP; Takimoto, Shigenori, Wako, Saitama, JP

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 39 29 176 A1
US 55 28 497 A
US 54 81 457 A

(54) Bezeichnung: **Elektrische Kraftlenkvorrichtung**

(57) Hauptanspruch: Elektrische Kraftlenkvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Lenkgetriebemechanismus, umfassend:
einen Elektromotor (10) zum Ausüben eines Lenkunterstützungsmoments auf ein Lenksystem des Fahrzeugs;
einen Lenkmomentsensor (12) zum Erfassen eines Lenkmoments des Lenksystems und Erzeugen eines dem erfaßten Lenkmoment entsprechenden Lenkmomentsignals (T);
einen Verhaltenssensor (13) zum Erfassen eines Verhaltens des Fahrzeugs und Erzeugen eines dem erfaßten Fahrzeugverhalten entsprechenden Verhaltenssignals (Y);
eine Steuereinheit (15; 15a, 15b) zum Steuern/Regeln des Betriebs des Elektromotors (10) auf der Basis wenigstens des Lenkmoments;
und
eine Motoransteuereinheit (16) zum Ansteuern des Motors (10) auf der Basis eines Ausgangssignals (CO) von der Steuereinheit (15; 15a; 15b),
dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkgetriebemechanismus ein variables Verhältnis hat und daß die Steuereinheit umfaßt:
einen Lenkmomentberechnungsteil (21a) zum Ausgeben einer Lenkmomentkomponente (Mt), die dem von dem Lenkmomentsensor (12) ausgegebenen Lenkmomentsignal (T) entspricht, und
einen Fahrzeugverhaltensberechnungsteil (21b) zum Ausgeben einer Verhaltenskomponente (Dy1; Dy1, Dy2), die dem...



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft Verbesserungen einer elektrischen Kraftlenkvorrichtung zum Ausüben von Kraft von einem Elektromotor zu dem Lenksystem eines Fahrzeugs, um die manuelle Lenkanstrengung des Fahrers zu erleichtern, und insbesondere eine elektrische Kraftlenkvorrichtung mit einem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnis. Aus der US 5 481 457 A ist ein Lenkgetriebemechanismus mit den im Oberbegriff des Anspruchs 1 angegebenen Merkmalen bekannt.

Stand der Technik

[0002] Es sind elektrische Kraftlenkvorrichtungen mit einem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses bekannt, bei denen das Lenkübersetzungsverhältnis derart ausgelegt ist, daß es mit einem Winkel der Drehung des Lenkrads in einer Richtung von der Geradeaus (Neutral)-Stellung hin zu einer linken oder einer rechten End (Lenkeinschlag)-Stellung des Lenkrads allmählich abnimmt. Das variable Lenkübersetzungsverhältnis schafft einen kleinen Einschlag-zu-Einschlag-Winkel und verhindert eine übermäßig große Sensibilität oder Antwort auf die manuelle Lenkbetätigung des Fahrers, wenn das Fahrzeug geradeaus fährt. Ein Elektromotor ist mit dem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses eingebaut, um den letzteren mit einem dem Lenkmoment entsprechenden Unterstützungsmoment derart zu versorgen, daß das Lenkmoment nicht zunimmt.

[0003] Einige bekannte, elektrische Kraftlenkvorrichtungen besitzen eine Übersetzungsverhältnischarakteristik, die empfindlich auf die Fahrzeuggeschwindigkeit ist. In diesem Fall nimmt das Lenkübersetzungsverhältnis mit einem Drehwinkel des Lenkrads von der Geradeaus-Stellung hin zu der linken oder rechten Lenkeinschlagsstellung allmählich ab.

[0004] Weil das Lenkübersetzungsverhältnis mit einer Zunahme des Drehwinkels des Lenkrads allmählich abnimmt, führt die Ausübung des Lenkunterstützungsmoments von dem Elektromotor entsprechend dem Lenkmoment oder in Reaktion auf die Fahrzeuggeschwindigkeit zu dem wie unten beschriebenen Problem.

[0005] Die elektrischen Kraftlenkvorrichtungen mit einem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses tendieren – wenn das Lenkrad mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei herkömmlichen elektrischen Lenkvorrichtungen mit einem Lenkgetriebemechanismus konstanten Verhältnisses gelenkt oder gedreht wird – dazu, ein Übersteuern der Vorderräder zu bewirken, weil das Lenkmoment (Lenkgegenkraft) nicht so stark ansteigt wie der Lenkwinkel ansteigt. Falls eine rasche Lenkbetätigung durch den Fahrer unternommen wird, um die Übersteuerung zu korrigieren, können sanfte Manöver des Fahrzeugs nicht erreicht werden.

[0006] Das obige Problem kann überwunden werden, indem die Vorrichtung in einer derartigen Art und Weise gesteuert wird, daß eine Lenkgegenkraft in Antwort auf die Lenkgeschwindigkeit ausgeübt wird. Allerdings behindert eine derartige Steuerung die Handhabung des Lenkrads mit großer Geschwindigkeit.

Aufgabenstellung

Abriß der Erfindung

[0007] Es ist dementsprechend eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine elektrische Kraftlenkvorrichtung bereitzustellen, die geeignet ist, die Differenz oder Verzögerung zwischen der Lenkbetätigung des Fahrers und der Fahrzeugverhaltensantwort zu vermindern, sanfte Manöver des Fahrzeugs sicherstellt und eine Lenkgegenkraft ausüben kann, die es dem Fahrer ermöglicht, das Lenkrad mit hohen Geschwindigkeiten zu lenken oder zu drehen, ohne eine Übersteuerung der Vorderräder zu bewirken.

[0008] Gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine elektrische Kraftlenkvorrichtung mit einem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses bereitgestellt, umfassend: einen Elektromotor zum Ausüben eines Lenkunterstützungsmoments auf ein Lenksystem des Fahrzeugs; einen Lenkmomentsensor zum Erfassen eines Lenkmoments des Lenksystems und Erzeugen eines dem erfaßten Lenkmoment entsprechenden Lenkmomentsignals; einen Verhaltenssensor zum Erfassen eines Verhaltens des Fahrzeugs und Erzeugen eines dem erfaßten Fahrzeugverhalten entsprechenden Verhaltenssignals; eine Steuereinheit zum Steuern/Regeln des Betriebs des Elektromotors auf der Basis wenigstens des Lenkmoments, wobei die Steuereinheit einen Lenkmomentberechnungsteil zum Ausgeben einer Lenkmomentkomponente, die dem von dem Lenkmomentsensor ausgegebenen Lenkmomentsignal entspricht, und einen Fahrzeugverhaltenberechnungsteil zum Ausgeben einer Verhaltenskomponente, die dem von dem Verhaltenssensor ausgegebenen Verhaltenssignal entspricht, enthält, wobei die Steuereinheit die Lenkmomentkomponente korrigiert durch Dämpfen derselben mit der Verhaltenskomponente; und eine Motoransteuereinheit zum Ansteuern des Motors auf der Basis eines Ausgangssignals von der Steuereinheit.

[0009] Selbst wenn das Lenkrad mit der gleichen Geschwindigkeit wie bei der herkömmlichen elektrischen Kraftlenkvorrichtung gedreht wird, verhindert das für den Fahrer verfügbare Fahrzeugverhalten als eine Lenkgegenkraft, daß die Vorderräder des Fahrzeugs übersteuert werden, und kann die Differenz

oder Verzögerung zwischen der manuellen Lenkbetätigung des Fahrers und der Fahrzeugverhaltensantwort vermindern.

[0010] Die Steuereinheit kann ferner einen Fahrzeugverhaltens-Änderungsratenberechnungsteil zum Ausgeben einer Änderungsratenkomponente umfassen, die der Änderungsrate eines Ausgangssignals von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil entspricht. Die Steuereinheit korrigiert ferner die Lenkmomentkomponente durch Subtrahieren der Änderungsratenkomponente von der Lenkmomentkomponente.

[0011] In einer bevorzugten Ausbildung umfaßt die elektrische Kraftlenkvorrichtung ferner einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor zum Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs und Erzeugen eines der erfaßten Geschwindigkeit des Fahrzeugsentsprechenden Fahrzeuggeschwindigkeitssignals. Die Steuereinheit umfaßt ferner einen Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil zum Ausgeben einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente, die dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor ausgebenenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignal entspricht, und ein Lenkzustandserfassungsglied zum Erfassen eines Vorlaufzustands und eines Rücklaufzustands des Lenksystems. Die Steuereinheit korrigiert die Lenkmomentkomponente durch Subtrahieren von der Lenkmomentkomponente eines ersten Werts, der auf der Basis der Verhaltenskomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist, wenn der Vorlaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied erfaßt ist, und durch Addieren der Lenkmomentkomponente und eines zweiten Werts, der auf der Basis der Verhaltenskomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist, wenn der Rücklaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied erfaßt ist.

[0012] Die Lenkgegenkraft ist der Sensitivität des Fahrzeugverhaltens gut angepaßt, welche variabel mit der Fahrzeuggeschwindigkeit ist (die Sensitivität ist gering bei niedrigen Fahrzeuggeschwindigkeiten und hoch bei hohen Fahrzeuggeschwindigkeiten). Dementsprechend wird die Lenkoperation im ganzen vorgeschriebenen Geschwindigkeitsbereich sanft erzielt, ohne daß eine große Verzögerung zwischen der manuellen Lenkanstrengung des Fahrers und der Fahrzeugverhaltensantwort entsteht.

[0013] In einer weiteren bevorzugten Ausbildung umfaßt die elektrische Kraftlenkvorrichtung ferner einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor zum Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs und Erzeugen eines der erfaßten Geschwindigkeit des Fahrzeugs entsprechenden Fahrzeuggeschwindigkeitssignals, und die Steuereinheit umfaßt ferner: einen Fahrzeugverhalten-Änderungsratenberechnungsteil zum Ausgeben einer Änderungsratenkomponente, die der Änderungsrate eines Ausgangssignals von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil entspricht, einen Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil zum Ausgeben einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente, die dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor ausgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignal entspricht, und ein Lenkzustandserfassungsglied zum Erfassen eines Vorlaufzustands und eines Rücklaufzustands des Lenksystems. Die Steuereinheit korrigiert – wenn der Vorlaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied erfaßt ist, die Lenkmomentkomponente durch zunächst Subtrahieren von der Lenkmomentkomponente eines ersten Werts, der auf der Basis der Verhaltenskomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist, und ferner Subtrahieren von dem verbleibenden Rest der ersten Subtraktion eines zweiten Werts, der auf der Basis der Änderungsratenkomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist. Wenn der Rücklaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied erfaßt ist, korrigiert die Steuereinheit die Lenkmomentkomponente durch Addieren der Lenkmomentkomponente und eines dritten Werts, der auf der Basis der Verhaltenskomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist, und ferner Subtrahieren von der resultierenden Summe der Addition eines vierten Werts, der auf der Basis der Änderungsratenkomponente und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist. Da die Lenkgegenkraft auch empfindlich auf die Fahrzeugverhaltensänderungsrate ist, ist die Verzögerung zwischen der Lenkbetätigung des Fahrers und der Fahrzeugverhaltensantwort geglättet.

[0014] Die oben angegebene und weitere Aufgaben, Eigenschaften und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden für Fachleute mit Bezug auf die folgende Beschreibung und die beigefügten Zeichnungsseiten ersichtlich, in welcher einige bevorzugte Aufbauausführungen der vorliegenden Erfindung mittels veranschaulichender Beispiele beschrieben sind.

Ausführungsbeispiel

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0015] Fig. 1 ist eine schematische Ansicht, die den allgemeinen Aufbau einer elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0016] Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, welches einen Hauptbereich der elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß einer ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0017] Fig. 3 ist ein Schaltungsdiagramm, das eine Motoransteuereinheit der elektrischen Kraftlenkvorrichtung zeigt;

[0018] Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, welches den

Hauptbereich einer elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß einer zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0019] Fig. 5 ist ein Blockdiagramm, das den Hauptbereich einer elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß einer dritten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0020] Fig. 6 ist ein Flußdiagramm, das eine Sequenz von Operationen zeigt, die in einer Steuereinheit der elektrischen Kraftlenkvorrichtung ausgeführt werden, die in Fig. 4 gezeigt ist;

[0021] Fig. 7 ist ein Flußdiagramm, das eine Sequenz von Operationen zeigt, die in einer Steuereinheit der elektrischen Kraftlenkvorrichtung ausgeführt werden, die in Fig. 5 gezeigt ist;

[0022] Fig. 8 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Gierrate und der Gierratenkomponente zeigt;

[0023] Fig. 9 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente zeigt;

[0024] Fig. 10 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Gierrate und der Gierratenkomponente zeigt;

[0025] Fig. 11 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Fahrzeuggschwindigkeit und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente zeigt;

[0026] Fig. 12 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und der Offset-Größe zeigt;

[0027] Fig. 13 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen dem Ausgangssignal von einem Subtrahierer und der Korrektur zeigt;

[0028] Fig. 14 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Fahrzeuggeschwindigkeit und dem Dämpfungskoeffizienten zeigt;

[0029] Fig. 15 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen dem Lenkmoment und der Lenkmomentkomponente zeigt; und

[0030] Fig. 16 ist ein Datenblatt, das einen Zusammenhang zwischen der Gierrate und dem Lenkmomentkorrekturkoeffizienten zeigt.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0031] Einige bevorzugte Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung werden mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen detaillierter beschrieben.

[0032] Es wird auf Fig. 1 Bezug genommen. Hier ist der allgemeine Aufbau einer elektrischen Kraftlenkvorrichtung gezeigt, welche die vorliegende Erfindung verwirklicht. Die elektrische Kraftlenkvorrichtung **1** umfaßt ein Lenkrad **2**, welches fest mit einem Ende (oberes Ende) einer Lenksäule oder Welle **3** verbunden ist, wobei das andere Ende (unteres Ende) der Lenkwelle **3** betriebsmäßig durch eine Verbindungswelle **4** mit Universalkupplungen **4a**, **4b** mit einem Lenkgetriebemechanismus mit variablem Verhältnis (gebildet von einem Zahnstangenmechanismus) **5** verbunden ist, der in einem (nicht gezeigten) Lenkgetriebegehäuse enthalten ist. Diese Teile **2**–**5** zusammen bilden ein Mittel oder einen Mechanismus **6** zur manuellen Lenkkrafterzeugung.

[0033] Der Lenkgetriebemechanismus **5** variablen Verhältnisses ist dazu ausgebildet, ein größeres Lenkverhältnis für die ersten paar zehn Grad der Lenkradbewegung in irgendeiner Richtung von der Geradeaus (Neutral)-Stellung vorzusehen als für die Lenkradbewegung nahe der ganz linken oder rechten (Einschlag) Stellung. Der Lenkgetriebemechanismus **5** mit variablem Verhältnis ist in der Technik wohlbekannt, wie sie beispielsweise in der offengelegten japanischen Patentveröffentlichung Nr. HEI 7-323852 offenbart ist.

[0034] Eine Drehung des Lenkrads **2** wird über den Zahnstangenmechanismus (Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses) **5** in eine lineare Hin- und Herbewegung eines Zahnstangenstrangs **7** umgewandelt. Der Zahnstangenstrang **7** weist eine Zahnstange **7a** aus Getriebezähnen auf, die einen Teil des Zahnstangenmechanismus **5** bildet, wobei die Zahnstange **7a** im Eingriff mit einem (nicht gezeigten) Ritzel des Zahnstangenmechanismus **5** steht. Die entgegengesetzten Enden des Zahnstangenstrangs **7** sind durch Verbindungsstangen **8**, **8** mit lenkbaren linken und rechten Vorderrädern **9**, **9** eines Fahrzeugs verbunden. Durch Drehen des Lenkrads **2** werden die Vorderräder **9**, **9** somit über den Zahnstangenmechanismus **6** mit manueller Lenkkrafterzeugung geschwenkt oder gelenkt, um die Richtung des Fahrzeugs zu ändern.

[0035] Um die zum Drehen des Lenkrads **2** benötigte Anstrengung des Fahrers zu erleichtern, ist ein Elektromotor **10** konzentrisch zu dem Zahnstangenstrang **7** derart angebracht, daß eine Lenkunterstützungskraft oder ein Lenkunterstützungsmoment über einen Kugelschraubenmechanismus (oftmals als "Kugelmuttermechanismus" bezeichnet) **11** auf den Zahnstangenstrang **7** ausgeübt wird. Der Kugelschraubenmechanismus **11** ist gebildet von einer Spiralschraube (nicht bezeichnet), die sich an einer Außenumfangsfläche des Zahnstangenstrangs **7**

windet, und einer Mutter (nicht bezeichnet), die integral mit einem Rotor des Elektromotors **10** vorgesehen ist und in Eingriff mit der Schraube mit umlaufenden Kugeln gehalten wird, die zwischen der Schraube und der Mutter angeordnet sind. Der Kugelschraubenmechanismus **11** wandelt eine Drehkraft (Unterstützungsmoment) des Elektromotors **10** in eine axiale Schubkraft um, die direkt auf den Zahnstangenstrang **7** wirkt.

[0036] Ein Lenkmomentsensor **12** und ein Lenkgeschwindigkeitssensor **19** sind in dem Lenkgetriebegehäuse (nicht gezeigt) angeordnet. Der Lenkmomentsensor **12** erfaßt ein durch Drehen des Lenkrads **2** aufgebrachtes Lenkmoment und erzeugt ein dem erfaßten Lenkmoment entsprechendes Lenkmomentsignal T. Der Lenkgeschwindigkeitssensor **19** erfaßt eine der Geschwindigkeit der Drehung der Lenkwelle **3** entsprechende Lenkgeschwindigkeit und erzeugt ein Lenkgeschwindigkeitssignal SV, welches der erfaßten Lenkgeschwindigkeit entspricht. Das Lenkmomentsignal T und das Lenkgeschwindigkeitssignal SV werden einer Steuereinheit **15** zugeführt.

[0037] Ein Verhaltenssensor **13** ist zum Erfassen einer Änderung des Fahrzeugverhaltens vorgesehen und erzeugt ein Fahrzeugverhaltenssignal Y, welches der erfaßten Fahrzeugverhaltensänderung entspricht. Bei der dargestellten Ausführungsform ist das Fahrzeugverhalten durch eine Gierwinkelgeschwindigkeit (Gierrate) repräsentiert und das Verhaltenssignal Y ist ein Gierwinkelgeschwindigkeits (Gierraten)-Signal.

[0038] Der Lenkmomentsensor **12** ist durch einen Widerstandsdraht aufgebaut, der eine Torsionsverlagerung oder Verdrillung, die einem auf einen Torsionsstab wirkenden Moment entspricht, in einen elektrischen Widerstand umwandelt. Der Verhaltenssensor **13** ist ein zweidimensionaler Beschleunigungssensor. Der Fahrzeuggeschwindigkeitssensor ist gebildet durch eine Kombination eines Umformerrads und einer Spule mit Permanentmagnet. Der Lenkgeschwindigkeitssensor **19** ist ein Gleichstrommotor wie ein Tachogenerator.

[0039] Das von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegebene Momentsignal T repräsentiert die Größe und Richtung des Lenkmoments. Das von dem Verhaltenssensor **13** ausgegebene Gierratensignal Y repräsentiert die Drehrichtung und -geschwindigkeit des Gierwinkels, der durch Gieren des Fahrzeugs während des Fahrens hervorgerufen wird. Das von dem Geschwindigkeitssensor **14** ausgegebene Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V repräsentiert die Richtung (Vorwärts oder Rückwärts) und die Geschwindigkeit der Fahrzeugbewegung. Das von dem Lenkgeschwindigkeitssensor **19** ausgegebene Lenkgeschwindigkeitssignal SV repräsentiert die Richtung und Geschwindigkeit des Lenkens, welches durch Drehen des Lenkrads **2** bewirkt wird.

[0040] Die Steuereinheit **15** verarbeitet in geeigneter Weise das von dem Lenkmomentsensor **12** gelieferte Momentsignal T, das von dem Verhaltenssensor **13** gelieferte Gierratensignal Y, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** gelieferte Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V, das von dem Lenkgeschwindigkeitssensor **19** gelieferte Lenkgeschwindigkeitssignal SV sowie eine Kombination davon, um ein Motorsteuersignal (Pulsbreitenmodulations (PWM)-Signal) CO zur PWM-Ansteuerung des Elektromotors **10** über eine Motoransteuereinheit **16** (umfassend eine aus vier Feldeffekttransistoren (FETs) gebildete Brückenschaltung) in einer Art und Weise, daß der Elektromotor **10** ein Lenkunterstützungsmoment liefert, welches einem Vorlauf- oder einem Rücklaufzustand der Lenkradbewegung entsprechend den Fahrzeugfahrbedingungen gut angepaßt ist.

[0041] Die Motoransteuereinheit **16** umfaßt, wie es in Fig. 3 gezeigt ist, eine Schnittstellenschaltung **16a**, einen Widerstand **16b** zum Erfassen eines Motorstroms und eine Brückenschaltung, die aus wenigstens vier FETs Q1-Q4 besteht. Die Motoransteuereinheit **16** erzeugt auf der Basis des Motorsteuersignals CO, das in die Schnittstellenschaltung **16a** eingegeben wird, ein Motorsteuersignal Mo zur Ansteuerung des Elektromotors **10**.

[0042] Das in die Schnittstellenschaltung **16a** eingegebene Motorsteuersignal CO ist eine Kombination eines Richtungssignals zur Steuerung der Drehrichtung des Elektromotors **10** und eines PWM-Signals zum Steuern des Antriebsmoments und der Geschwindigkeit (Umdrehungen pro Minute "UpM") des Elektromotors **10**. Wenn der Elektromotor **10** in Drehung versetzt werden soll, beispielsweise in Richtung entgegen dem Uhrzeigersinn, wird der FET Q4 durch das Richtungssignal eingeschaltet und das Gate des FET Q2 wird durch das Tastverhältnis des PWM-Signals gesteuert. Andererseits, wenn der Elektromotor **10** in Richtung im Uhrzeigersinn in Drehung versetzt werden soll, wird der FET Q1 eingeschaltet und das Gate des FET Q3 wird durch das Tastverhältnis des PWM-Signals gesteuert. Die zwei FETs Q1 und Q4 und die zwei FETs Q2 und Q3 können gleichzeitig eingeschaltet werden, um die Eingangsanschlüsse des Elektromotors **10** kurzzuschließen, um dadurch eine elektromagnetische Bremskraft auf den Elektromotor **10** anzuwenden.

[0043] Die Schnittstellenschaltung **16a** konvertiert das Motorstromsignal, welches durch den Widerstand **16b** erfaßt wird, durch Verstärkung und Filterprozesse in ein analoges Motorstromsignal Im.

[0044] Fig. 2 zeigt einen Hauptbereich einer ersten

Ausführungsform der in Fig. 1 gezeigten, elektrischen Kraftlenkvorrichtung. Die elektrische Kraftlenkvorrichtung in der dargestellten Ausführungsform besitzt die Besonderheit, daß das Motorsteuersignal gesteuert ist auf der Basis des Lenkmoments T, der Gierrate Y und der Fahrzeuggeschwindigkeit V. Bei der dargestellten Ausführungsform wird die von dem Lenkgeschwindigkeitssensor **19** (Fig. 1) ausgegebene Lenkgeschwindigkeit SV nicht verwendet und der Lenkgeschwindigkeitssensor **19** ist in Fig. 2 nicht gezeigt.

[0045] Die Steuereinheit **15** ist ein elektronische Mikroprozessorsteuereinrichtung und umfaßt ein Motorsteuerglied **17**, ein Rückkopplungssteuerglied **17a** und ein Lenkzustandserfassungsglied **20**. Die Steuereinheit **15** konvertiert das Lenkmomentsignal T, das von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegeben wird, das Gierratensignal Y, das von dem Verhaltenssensor **13** ausgegeben wird und das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegeben wird, in eine gesteuerte Größe oder Variable des Lenkmomentsignals (nachfolgend als "Lenkmomentkomponente" bezeichnet) Mt, eine gesteuerte Größe oder Variable des Gierratensignals (nachfolgend als "Gierratenkomponente" bezeichnet) Dy1 bzw. eine gesteuerte Größe oder Variable des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals (nachfolgend als "Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente" bezeichnet) Ry1, und zwar auf Basis von Absolutwerten der jeweiligen Signale T, Y und V.

[0046] Außerdem beurteilt die Steuereinheit **15**, ob die Lenkradbewegung (oder Lenkbetätigung) in dem Vorlaufzustand (in einer Richtung zum Einschlagen der Vorderräder) oder in einem Rücklaufzustand (in einer Richtung hin zu der Geradeaus- oder Neutralstellung) ist. Wenn der Vorlaufzustand erfaßt wird, subtrahiert die Steuereinheit **15** von der Lenkmomentkomponente Mt, die dem Lenkmomentsignal T entspricht, das Produkt CZ aus der Gierratenkomponente Dy1 entsprechend dem Gierratensignal Y und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Y, und liefert den resultierenden Rest (Mt-CZ) als ein Motorsteuersignal Co zu dem Rückkopplungssteuerglied **17a**. Andererseits, wenn die Beurteilungeinrichtung den Rücklaufzustand erfaßt, addiert die Steuereinheit **15** die Lenkmomentkomponente Mt und das Produkt CZ aus der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 und liefert die resultierende Summe (Mt + CZ) als das Motorsteuersignal Co zu dem Rückkopplungssteuerglied **17a**.

[0047] Das Rückkopplungssteuerglied **17a** führt eine negative Rückkopplungssteuerung aus unter Verwendung des Motorsteuersignals Co als einem Zielwert und dem erfaßten Motorstromsignal Im, das von der Motorsteuereinheit **16** rückgekoppelt wird, als eine Steuerungsgröße, und liefert ein Ausgangssignal CO zu der Motoransteuereinheit **16**, derart, daß das Ausgangssignal CO die Abweichung oder den Offset zwischen dem Motorsteuersignal (Zielwert) Co und dem Motorstromsignal (Steuerungsgröße) Im reduziert. Das erfaßte Motorstromsignal Im, das zu dem Rückkoppelsteuerglied **17a** geliefert wird, wird einer Analog/Digital-Wandlung unterzogen bevor der negative Rückkopplungssteuerprozeß ausgeführt wird.

[0048] Die Steuereinheit **15** umfaßt auch drei Analog/Digital (A/D)-Wandler, die zur Analog/Digital-Wandlung jeweiliger Absolutwerte des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V verwendet werden, und drei Richtungsbeurteilungsmittel oder -glieder (nicht gezeigt), die für eine Erfassung jeweiliger Richtungen dieser Signale T, Y und V mittels Richtungs-Flags Dt, Dy bzw. Dv verwendet werden.

[0049] Das Lenkzustandserfassungsglied **20** erfaßt, ob das Lenkrad in dem Vorlaufzustand ist oder das Lenkrad in dem Rücklaufzustand ist, auf der Basis der jeweiligen Richtungs-Flags Dt, Dy und Dv des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V und liefert ein Lenkzustandssignal Ss, das den erfaßten Lenkradzustand repräsentiert, zu einem Schaltteil **23** des Motorsteuerglieds **17**. Das Lenkzustandssignals Ss kann ein Hoch (H)-Pegel oder ein logisches Eins-Signal sein, wenn der Vorlaufzustand erfaßt wird, und ein Niedrig (L)-Pegel oder ein logisches Null-Signal sein, wenn der Rücklaufzustand erfaßt wird.

[0050] Die obige Erfassung des Lenkzustands wird derart erreicht, daß das Lenkrad als in dem Vorlaufzustand befindlich beurteilt wird, wenn jeweilige Symbole des Richtungsflags Dt und Richtungsflags Dy übereinstimmen (Dt = Dy), und als in dem Rücklaufzustand befindlich beurteilt wird, wenn jeweilige Symbole der Richtungsflags Dt und Dy nicht übereinstimmen (Dt ≠ Dy). Für die obige Beurteilung kann alternativ eine Übereinstimmung zwischen der Richtung des Lenkmomentsignals T und der Richtung des Lenkgeschwindigkeitssignals SV verwendet werden, das von dem Lenkgeschwindigkeitssensor **19** (Fig. 1) ausgegeben wird.

[0051] Das Motorsteuerglied umfaßt ein Lenkmomentberechnungsmittel oder -teil **21a**, ein Fahrzeugverhaltensberechnungsmittel oder -teil **21b**, ein Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsmittel oder -teil **21c**, ein Vorlaufsteuerberechnungsmittel oder -teil **22a**, ein Rücklaufsteuerberechnungsmittel oder -teil **22b**, ein Multiplizierer **25** und das Schaltteil **23**.

[0052] Der Lenkmomentberechnungsteil **21a** umfaßt einen Speicher wie einen Nur-Lese-Speicher

(ROM) (nicht gezeigt), der darin eine Tabelle von Daten speichert, wie in Fig. 15 gezeigt, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über das durch einen Absolutwert des von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegebenen Lenkmomentsignals T repräsentierte Lenkmoment Ct und die dem Lenkmoment Ct entsprechende Lenkmomentkomponente Mt zusammengestellt wurden. Wenn ein Lenkmoment Ct von dem Lenkmomentsensor **12** in Form eines Lenkmomentsignals T eingegeben wird, liest der Lenkmomentberechnungsteil **21a** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 15) eine Lenkmomentkomponente Mt aus, die dem eingegebenen Lenkmoment Ct entspricht und liefert die ausgelesene Lenkmomentkomponente Mt zu dem Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a** und dem Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b**.

[0053] Der Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 8 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell zusammengestellt wurden über die Gierrate Cy, die durch einen Absolutwert des Gierratensignals Y repräsentiert wird, das von dem Verhaltenssensor **13** ausgegeben wird, und die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der Gierrate Cy. Wenn von dem Verhaltenssensor **13** eine Gierrate Cy in Form eines Gierratensignals Y eingegeben wird, liest der Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** aus der Datentabelle (Fig. 8), die in dem ROM gespeichert ist, eine Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der eingegebenen Gierrate Cy aus und liefert die ausgelesene Gierratenkomponente Dy1 zu dem Multiplizierer **25**.

[0054] Der Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** umfaßt eine Arithmetik/Logik-Einheit und einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten wie in Fig. 9 gezeigt speichert, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell zusammengestellt wurden, über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv, die durch einen Absolutwert des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V repräsentiert wird, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegeben wird, und die Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1, die der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv entspricht. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** in Form eines Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V eingegeben wird, liest der Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** aus der Datentabelle (Fig. 9), die in dem ROM gespeichert ist, eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 aus, die der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv entspricht und liefert die ausgelesene Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 zu dem Multiplizierer **25**. In diesem Beispiel wird die Richtung der Fahrzeuggeschwindigkeit durch das Richtungsflag Dv angezeigt.

[0055] Der Multiplizierer **25** multipliziert die Gierratenkomponente Dy1, die von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** geliefert wird, mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** geliefert wird, und liefert das resultierende Produkt (Signalwert) CZ zu dem Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a** und dem Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b**.

[0056] Der Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a** ist aufgebaut durch einen Speicher wie einen ROM, einen Subtrahierer usw. und subtrahiert von der Lenkmomentkomponente Mt einen Signalwert CZ, der gleich dem Produkt der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 ist, und gibt den resultierenden Rest (Mt-CZ) als ein Vorlaufzustandsmotorsteuersignal zu dem Schaltteil **23**.

[0057] Der Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b** ist aufgebaut durch einen Speicher wie einen ROM, einen Addierer usw. und addiert die Lenkmomentkomponente Mt und einen Signalwert CZ, der gleich dem Produkt der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 ist, und gibt die resultierende Summe (Mt + CZ) als ein Rücklaufzustandsmotorsteuersignal zu dem Schaltteil **23**.

[0058] Der Schaltteil **23** besitzt eine Software-gesteuerte Schaltfunktion und wählt das Vorlaufmotorsteuersignal (Mt-CZ) aus, wenn das von dem Lenkzustandserfassungsglied **20** gelieferte Lenkzustandssignal Ss auf dem Hoch (H)-Pegel (logisches Eins-Signal) ist, und wählt das Rücklaufmotorsteuersignal (Mt + CZ) aus, wenn das von dem Lenkzustandserfassungsglied **20** gelieferte Lenkzustandssignal Ss auf dem Niedrig (L)-Pegel (logisches Null-Signal) ist. Das ausgewählte Motorsteuersignal (Mt + CZ) oder (Mt + CZ) wird als ein Motorsteuersignal Co zu dem Rückkoppelsteuerglied **17a** ausgegeben.

[0059] Der Signalwert CZ wirkt sowohl in dem Vorlauf- als auch in dem Rücklaufzustand des Lenksystems in einer Richtung, die der Richtung der Drehung des Lenkrads entgegengesetzt ist, und übt somit eine Dämpfungswirkung auf die Drehung des Lenkrads aus.

[0060] Das Rückkoppelsteuerglied **17a** umfaßt einen Subtrahierer **24a** und einen PID (Proportional-Integral-Differential)-Regler **24b**. Der Subtrahierer **24a** berechnet eine Abweichung oder einen Offset zwischen dem Motorsteuersignal Co (Zielwert) und dem Digitalwert des erfaßten Motorstromsignals Im. Der PID-Regler **24b**, bestehend aus einem Proportionalelement P, einem Integralelement I und einem Differentialelement D erzeugt ein Ausgangssignal (Motorsteuersignal) CO derart, daß eine Rückkopplungssteuerung mit einer kleinen stationären Abweichung und hoher Anpassungsfähigkeit erzielt wird.

[0061] Die Motoransteuereinheit **16**, die mit dem Motorsteuersignal CO versorgt wird, führt eine PWM-Steuerung der aus vier FETs Q1-Q4 (Fig. 3) bestehenden Brückenschaltung durch, um ein Motorsteuersignal Mo in Form eines PWM-Ansteuersignals zu erzeugen, und treibt dadurch den Elektromotor **10** steuerbar an.

[0062] Wenn das Lenkrad **2** in dem Vorlaufzustand ist, subtrahiert die Steuereinheit **15** somit von der Lenkmomentkomponente Mt einen Wert CZ, der gleich dem Produkt aus der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 ist, um dadurch ein Motorsteuersignal Co (Mt-CZ) zu erzeugen, das in der gleichen Richtung wie die Drehrichtung des Lenkrads **2** wirkt. Wenn das Lenkrad **2** in dem Rücklaufzustand ist, addiert die Steuereinheit **15** die Lenkmomentkomponente Mt und das Produkt CZ der von der Gierrate Y gesteuerten Variablen Dy1 und der von der Fahrzeuggeschwindigkeit gesteuerten Variablen Ry1, um dadurch ein Motorsteuersignal Co (Mt + CZ) zu erzeugen. Die Komponente CZ des Motorsteuersignals Co, die der Gierrate Y entspricht, wirkt in einer Richtung entgegengesetzt der Richtung der Lenkradbewegung. Dies bedeutet, daß in dem Vorlaufzustand des Lenksystems umso weniger Lenkunterstützungskraft von dem Elektromotor **10** bereitgestellt wird, je größer die Gierrate Y ist, während in dem Rücklaufzustand umso mehr Lenkgegenkraft (Kraft, die in einer Richtung entgegengesetzt zu der Richtung der Drehung des Lenkrads **2** wirkt) von dem Elektromotor **10** bereitgestellt wird, je größer die Gierrate Y ist.

[0063] Die Lenkmomentkomponente Mt wird somit korrigiert durch Dämpfen derselben mit (oder Addieren zu ihr) der Komponente CZ entsprechend der Gierrate Y (die eine Komponente ist, die in einer Richtung entgegen der Richtung der Drehung des Lenkrads wirkt), wie es durch Mt-CZ in dem Vorlaufzustand und durch Mt + CZ in dem Rücklaufzustand durchgeführt wird. Diese Korrektur wird als "Dämpfungskorrektur" bezeichnet.

[0064] Mit dieser Dämpfungskorrektur wird die Fahrzeugverhaltenskomponente (Gierrate) für den Fahrer als eine Lenkgegenkraft zugänglich, die dazu wirkt, die Differenz oder Verzögerung zwischen einer von dem Fahrer unternommenen Lenkbetätigung und einer Verhaltensänderung des Fahrzeugs, die durch die Lenkoperation bewirkt wird, zu vermindern. Das Fahrzeug kann deshalb mit verbessertem Ansprechverhalten sanft manövriert werden.

[0065] Fig. 4 zeigt in einem Blockdiagramm einen Hauptbereich einer zweiten Ausführungsform der elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung. Die elektrische Kraftlenkvorrichtung ist allgemein derart aufgebaut, daß ein Ausgangssignal, welches erzeugt wird auf der Basis des Lenkmoments, der Gierrate und der Fahrzeuggeschwindigkeit, unter Verwendung der Änderungsrate der Gierrate korrigiert wird, um ein Motorsteuersignal zu kontrollieren.

[0066] Wie es in Fig. 4 gezeigt ist, umfaßt die elektrische Kraftlenkvorrichtung allgemein einen Lenkmomentsensor **12**, einen Verhaltenssensor **13**, einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14**, eine Steuereinheit **15a**, eine Motoransteuereinheit **16** und einen Elektromotor **10**. Diese Teile **10**, **12–14** und **16** sind die gleichen, wie die oben mit Bezug auf die erste, in Fig. 2 gezeigte Ausführungsform beschriebenen Teile, und deshalb ist keine weitere Beschreibung derselben erforderlich.

[0067] Die Steuereinheit **15a** ist eine elektronische Mikroprozessorsteuereinrichtung und umfaßt ein Motorsteuerglied **17**, ein Rückkoppelsteuerglied **17a**, ein Gegenkraftsteuerglied **18** und ein Lenkzustandserfassungsglied **20**. Die Steuereinheit **15a** erzeugt ein Vorlaufzustandsmotorsteuersignal (Mt-CZ) und ein Rücklaufzustandmotorsteuersignal (Mt + CZ) auf der Basis des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V und gibt diese Steuersignale (Mt-CZ) und (Mt + CZ) von dem Motorsteuerglied **17** zu der Motoransteuereinheit **16** als ein Motorsteuersignal Co aus, und zwar in der gleichen Art und Weise, wie dies in der ersten, in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform ausgeführt wird.

[0068] Außerdem differenziert die Steuereinheit **15a** das Gierratensignal Y, um die Änderungsrate ΔY des Fahrzeugverhaltens (Gierrate) zu erhalten, subtrahiert von der Fahrzeugverhaltens (Gierraten)-Änderungsrate ΔY eine Offsetgröße Oy1, die dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** gelieferten Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V entspricht, um dadurch einen Wert dY zu erhalten, subtrahiert ferner einen Wert C, der gleich dem Produkt aus dem Wert dY und einem Dämpfungskoeffizienten Cvd ist, der der Fahrzeuggeschwindigkeit V entspricht, von dem Motorsteuersignal Co, welches von dem Motorsteuerglied **17** geliefert wird, und liefert den resultierenden Wert (Co-C) zu der Motorsteuereinheit **16**.

[0069] Obwohl es nicht gezeigt ist, jedoch in der gleichen Weise wie bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform, umfaßt die Steuereinheit **15a** auch drei Analog/Digital (A/D)-Wandler, die für eine Analog/Digital-Wandlung der jeweiligen Absolutwerte des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V verwendet werden, und drei Richtungsbeurteilungsmittel oder -glieder, die zur Erfassung jeweiliger Richtungen dieser Signale T, Y und V mittels Richtungsflags Dt, Dy bzw. Dv verwendet werden.

[0070] Das Motorsteuerglied **17** umfaßt einen

Lenkmomentkomponentenberechnungsteil, einen Fahrzeugverhaltenskomponentenberechnungsteil, einen Fahrzeuggeschwindigkeitskomponentenberechnungsteil, einen Vorlaufsteuerberechnungsteil, einen Rücklaufsteuerberechnungsteil, einen Multiplizierer und einen Schaltteil, welche jeweils die gleichen wie die in Fig. 2 gezeigten Teile **21a**, **21b**, **21c**, **22a** und **22b** sind. Bei Erfassung des Vorlaufzustands des Lenkrads auf der Basis des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y, des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V und eines Lenkzustandssignals Ss subtrahiert das Motorsteuerglied **17** von einer Lenkmomentkomponente Mt (Fig. 2) entsprechend dem Lenkmomentsignal T einen Wert CZ (Fig. 2), der gleich dem Produkt aus einer Gierratenkomponente Dy1 (Fig. 2) entsprechend dem Gierratensignal Y und einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 (Fig. 2) entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V ist, und gibt den resultierenden Rest (Mt-CZ) als das Motorsteuersignal Co zu dem Gegenkraftsteuerglied **18**. Andererseits, wenn das Motorsteuerglied **17** den Rücklaufzustand des Lenkrads erfaßt, addiert es die Lenkmomentkomponente Mt und einen Wert CZ zusammen, der gleich dem Produkt zwischen der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 ist, und liefert die resultierende Summe (Mt + CZ) als das Motorsteuersignal Co zu dem Gegenkraftsteuerglied **18**.

[0071] Das Gegenkraftsteuerglied **18** umfaßt ein Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsmittel oder -teil **26**, ein Offsetsteuermittel oder -teil **27**, ein Dämpfungskoeffizientsteuermittel oder -teil **28**, ein Korrekturberechnungsmittel oder -teil **32**, einen Multiplizierer **30** und einen Subtrahierer **31**. Das Gegenkraftsteuerglied **18** subtrahiert eine Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V von der Änderungsrate ΔY des Fahrzeugverhaltens (Gierrate), die durch Differenzieren des Gierratensignals Y erhalten wird, um dadurch den Rest dY zu erhalten, subtrahiert ferner einen Wert C, der gleich dem Produkt aus einer aus dem Rest dY resultierenden Korrektur Dy3 und einem Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V ist, von dem Motorsteuersignal Co, das von dem Motorsteuerglied **17** geliefert wird, und liefert den resultierenden Rest (Co-C) zu dem Rückkoppelsteuerglied **17a**.

[0072] Der Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteil **26**, der eine Arithmetik/Logik-Einheit und einen ROM aufweist, differenziert das Gierratensignal Y von dem Verhaltenssensor **13**, um die Änderungsrate des Gierratensignals Y zu erhalten, konvertiert die Änderungsrate in einen Absolutwert, um die Änderungsrate ΔY der Gierrate (Fahrzeugverhalten) zu berechnen, und liefert die Änderungsate ΔY der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) zu dem Subtrahierer **29**.

[0073] Der Offsetsteuerteil **27** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 12 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und die Offsetgröße Oy1 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** eingegeben wird, liest der Offsetsteuerteil **27** aus der Datentabelle (Fig. 12), die in dem ROM gespeichert ist, eine Offsetgröße Oy1 entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert die ausgelesene Offsetgröße Oy1 zu dem Subtrahierer **29**.

[0074] Der Dämpfungskoeffizientsteuerteil **28** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 14 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und den Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor eingegeben wird, liest der Dämpfungskoeffizientsteuerteil **28** aus der Datentabelle (Fig. 14), die in dem ROM gespeichert ist, einen Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert den ausgelesenen Dämpfungskoeffizienten Cvd zu dem Multiplizierer **30**.

[0075] Der Subtrahierer **29** subtrahiert die Offsetgröße Oy1 (geliefert von dem Offsetsteuerteil **27**) von dem Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (geliefert von dem Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteil **26**) und liefert den resultierenden Rest dY zu dem Korrekturberechnungsteil **32**.

[0076] Der Korrekturberechnungsteil **32** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 13 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über das Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** und die Korrektur Dy3 entsprechend dem Ausgangssignal dY zusammengestellt wurden. Wenn ein Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** eingegeben wird, liest der Korrekturberechnungsteil **32** aus der Datentabelle (Fig. 13), die in dem ROM gespeichert ist, eine Korrektur Dy3 entsprechend dem eingegebenen Ausgangssignal dY aus und liefert die ausgelesene Korrektur Dy3 zu dem Multiplizierer **30**.

[0077] Der Multiplizierer **30** multipliziert die Korrektur Dy3 (geliefert von dem Korrekturberechnungsteil **32**) mit dem Dämpfungskoeffizienten Cvd (geliefert von dem Dämpfungskoeffizientsteuerteil **26**), um dadurch das Produkt C zu erhalten, und liefert das Produkt zu dem Subtrahierer **31**.

[0078] Der Subtrahierer **31** subtrahiert einen Signalwert (Produkt) C, der von dem Multiplizierer **30** aus dem Motorsteuersignal Co geliefert wird, welches von dem Motorsteuerglied **17** geliefert ist, und gibt den resultierenden Rest (Co-C) als ein neues oder korrigiertes Motorsteuersignal zu dem Rückkoppelsteuerglied **17a** aus.

[0079] Das Rückkoppelsteuerglied **17a** und das Lenkzustandserfassungsglied **20** sind in ihrem Aufbau und ihrer Funktion die gleichen, wie diejenigen der ersten, oben mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Ausführungsform und eine weitere Beschreibung derselben kann deshalb entfallen.

[0080] Die Steuereinheit **15a** addiert oder subtrahiert daher von einer Lenkmomentkomponente Mt entsprechend einem Lenkmomentsignal T einen Wert CZ, der gleich dem Produkt aus einer Gierratenkomponente Ry1 entsprechend einem Gierratensignal Y und einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend einem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V ist, und gibt, als ein Motorsteuersignal Co, die resultierende Summe (Mt + CZ) aus, wenn das Lenkrad in dem Rücklaufzustand ist, und gibt den resultierenden Rest (Mt-CZ) aus, wenn das Lenkrad in dem Vorlaufzustand ist. Außerdem subtrahiert die Steuereinheit **15a** von dem Motorsteuersignal Co einen Wert C, der gleich dem Produkt aus einem Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V und einem Wert Dy3 entsprechend einem Wert dY ist, der durch Subtrahieren einer Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V von dem Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate entsprechend dem Gierratensignal Y, um dadurch ein neues Motorsteuersignal (Co-C) zu erhalten. Die Komponente CZ des Motorsteuersignals Co, die der Gierrate Y entspricht, wirkt in einer Richtung entgegengesetzt der Richtung der Lenkradbewegung. Dies bedeutet, daß in dem Vorlaufzustand die Lenkunterstützungskraft umso weniger von dem Elektromotor **10** bereitgestellt wird, je größer die Gierrate Y ist, während in dem Rücklaufzustand umso mehr Lenkgegenkraft (Kraft, die in einer Richtung entgegengesetzt der Richtung der Drehung des Lenkrads **2** wirkt) von dem Elektromotor **10** geliefert wird, je größer die Gierrate Y ist.

[0081] Außerdem wird in Antwort auf eine plötzliche Änderung der Gierrate (Gierwinkelbeschleunigung) die Lenkunterstützungskraft des Elektromotors **10** verringert.

[0082] Selbst bei einer Lenkbetätigung, die mit im wesentlichen der gleichen Lenkgeschwindigkeit wie bei der herkömmlichen Kraftlenkvorrichtung unternommen wird, ist daher verhindert – da die Fahrzeugverhaltenskomponente für den Fahrer als einen Lenkgegenkraft zugänglich ist – daß die Vorderräder aufgrund der Wirkung des Fahrzeugverhaltens und der Änderungsrate des Fahrzeugverhaltens (Gierwinkelgeschwindigkeit und Gierwinkelbeschleunigung) übersteuert werden. Die Differenz oder Verzögerung zwischen der Lenkbetätigung des Fahrers und der resultierenden Verhaltensänderung des Fahrzeugs kann deshalb vermindert werden, wodurch sanfte Manöver des Fahrzeugs gewährleistet sind.

[0083] Der Betrieb der Steuereinheit **15a** der elektrischen Kraftlenkvorrichtung, die in Fig. 4 gezeigt ist, wird mit Bezug auf ein in Fig. 6 gezeigtes Flußdiagramm beschrieben.

[0084] Wenn ein Zündschlüsselschalter (nicht gezeigt) des Fahrzeugs eingeschaltet wird, wird die Steuereinheit **15a** durch eine Batterie-Energiequelle **35** (Fig. 3) mit Energie versorgt, um einen Betrieb gemäß einem darin gespeicherten Programm aufzunehmen (Schritt P0).

[0085] Der die Steuereinheit **15a** bildende Mikroprozessor startet eine Steuerroutine, woraufhin ein Steuersignal wie ein Einschaltrücksetzsignal zu verschiedenen Teilen geschickt wird, um die Teile zu initialisieren (Schritt P1).

[0086] Dann liest ein Schritt P2 die Intensität und Richtung eines Lenkmomentsignals T, das von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegeben wird.

[0087] Nachfolgend berechnet ein Schritt P3 die Intensität und Wirkrichtung des Lenkmomentsignals T und wandelt diese über einen A/D-Wandler in einen Absolutwert Ct und ein Richtungsflag Dt des Lenkmomentsignals T um. Der Absolutwert Ct und das Richtungsflag Dt des Lenkmomentsignals T werden in dem Speicher gespeichert.

[0088] Danach liest ein Schritt P4 aus der Datentabelle (Fig. 15), die in dem ROM des Lenkmomentberechnungsteils **21a** gespeichert ist (Fig. 2), eine Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem Lenkmoment Ct aus.

[0089] Dann liest ein Schritt P5 die Intensität und Richtung eines Gierratensignals Y, das in der analogen Form von dem Verhaltenssensor **13** ausgegeben wird.

[0090] Ein Schritt P6 berechnet die Intensität und Wirkrichtung des Gierratensignals Y und wandelt diese über einen A/D-Wandler in einen Absolutwert Cy und eine Richtung der Gierrate um. Der Absolutwert Cy und das Richtungsflag Dy der Gierrate werden in dem Speicher gespeichert.

[0091] Nachfolgend differenziert ein Schritt P7 die Gierrate Cy, um die Änderungsrate der Gierrate Cy

zu erhalten, wandelt die differenzierte Gierrate in einen Absolutwert um und speichert den Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) in dem Speicher.

[0092] Danach liest ein Schritt P8 die Intensität und Richtung des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V, das in der analogen Form von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsensor **14** ausgegeben wird.

[0093] Ein Schritt P9 berechnet die Intensität und Richtung des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V und wandelt diese über einen A/D-Wandler in einen Absolutwert Cv und ein Richtungsflag Dv der Fahrzeuggeschwindigkeit um. Der Absolutwert Cv und das Richtungsflag Dv der Fahrzeuggeschwindigkeit werden in dem Speicher gespeichert.

[0094] Dann befiehlt ein Schritt P10 dem Lenkzustandserfassungsglied **20**, einen Vergleich zwischen dem Gierratenrichtungsflag Dy und dem Lenkmomentrichtungsflag Dt durchzuführen, und befiehlt ferner dem Schaltteil **23**, in Antwort auf ein Erfassungssignal Ss von dem Lenkzustandserfassungsglied **2** ein Umschalten des Steuerbetriebs zwischen dem Fall, in dem das Flag Dy und das Flag Dt übereinstimmen (Dy = Dt), und dem Fall, in dem die Flags Dy und Dt nicht übereinstimmen (Dy ≠ Dt).

[0095] Wenn Dy = Dt gilt, wird das Lenksystem (mit dem Lenkrad) als in dem Vorlaufzustand befindlich beurteilt, und die Steuerprozedur geht weiter zu einem Schritt P11. Andererseits, wenn Dy ≠ Dt gilt, wird das Lenksystem als in dem Rücklaufzustand befindlich beurteilt und die Steuerprozedur geht zu einem Schritt P15.

[0096] Der Schritt P11 liest aus der Datentabelle (Fig. 8), die im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensberechnungsteils **21b** gespeichert wurde, eine Verhaltens (Gierraten)-Komponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate aus.

[0097] Dann liest ein Schritt P12 aus der Datentabelle (Fig. 9), die im Voraus in dem Speicher des Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteils **21c** gespeichert wurde, eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0098] Ein Schritt P13 multipliziert die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Absolutwert der Fahrzeuggeschwindigkeit und setzt das resultierende Produkt als einen Signalwert CZ.

[0099] Danach subtrahiert ein Schritt P14 den Signalwert CZ, der durch den Schritt P13 erhalten wurde, von der Lenkmomentkomponente Mt in dem Speicher des Lenkmomentberechnungsteils **21a**, und speichert den verbleibenden Rest (Mt-CZ) als ein Co.

[0100] Der Schritt P15, der dann durchgeführt wird, wenn (Dy ≠ Dt) gilt, liest aus der Datentabelle (Fig. 8), die im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensberechnungsteils **21b** gespeichert wurde, eine Verhaltens (Gierraten)-Komponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate aus.

[0101] Dann liest ein Schritt P16 aus der Datentabelle (Fig. 9), die im Voraus in dem Speicher des Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteils **21c** gespeichert wurde, eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0102] Ein Schritt P17 multipliziert die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Absolutwert der Fahrzeuggeschwindigkeit und setzt das resultierende Produkt als einen Signalwert CZ.

[0103] Danach addiert ein Schritt P18 die Lenkmomentkomponente Mt in dem Speicher des Lenkmomentberechnungsteils **21a** und den Signalwert CZ, der im Schritt P17 erhalten wurde, und speichert die resultierende Summe (Mt + CZ) als ein Co.

[0104] Nachfolgend liest ein Schritt P19 aus der Datentabelle (Fig. 12), die im Voraus in dem Speicher des Offsetsteuerteils **27** gespeichert wurde, eine Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0105] Ein Schritt P20 liest den Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) aus dem Speicher von Schritt P7 aus und subtrahiert davon die im Schritt P19 ausgelesene Offsetgröße Oy1 (ΔY-Oy1), um dadurch dY zu erhalten. Wenn der resultierende Rest negativ ist, gilt dy = 0.

[0106] Dann liest ein Schritt P21 aus der Datentabelle (Fig. 13), die im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteil **26** gespeichert wurde, eine Korrektur Dy3 entsprechend dem Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** aus.

[0107] Ein Schritt P22 liest aus der Datentabelle (Fig. 14), die im Voraus in dem Speicher des Dämpfungskoeffizientensteuerteils **28** gespeichert wurde, einen Dämpfungskoeffizienten Cvd zum Korrigieren des Lenkunterstützungsmoments entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0108] Nachfolgend multipliziert ein Schritt P23 die

Unterstützungsmomentkorrektur Dy3, die im Schritt P21 entsprechend der Gierratenänderungsrate dY ausgelesen wurde, und den Dämpfungskoeffizienten Cvd, der im Schritt P22 für die Korrektur des Unterstützungsmoments entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv ausgelesen wurde, um dadurch ein neues Unterstützungsmomentkorrektursignal C zu erhalten.

[0109] Danach subtrahiert ein Schritt P24 das Unterstützungsmomentkorrektursignal C von dem resultierenden Wert Co, der von dem Schritt P14 in dem Lenkungsvorlaufzustand (Dy = Dt) ausgegeben wird, der im Schritt P10 erfaßt wurde, und von dem resultierenden Wert Co, der von dem Schritt P18 in dem Lenkungsrücklaufzustand (Dy ≠ Dt) in Schritt P10 erfaßt wird, und gibt den resultierenden Rest (Co-C) als ein neues Motorsteuersignal zu der Motorsteuereinheit **16** aus.

[0110] Es wird auf Fig. 5 Bezug genommen, die in einem Blockdiagramm einen Hauptbereich einer dritten Ausführungsform der elektrischen Kraftlenkvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Die elektrische Kraftlenkvorrichtung ist allgemein derart aufgebaut, daß ein Ausgangssignal, das erzeugt wird auf der Basis des Lenkmoments, der Gierrate und der Fahrzeuggeschwindigkeit, unter Verwendung der Änderungsrate der Gierrate und der Änderungsrate der Fahrzeuggeschwindigkeit korrigiert wird, um ein Motorsteuersignal zu steuern.

[0111] Wie es in Fig. 5 gezeigt ist, umfaßt die elektrische Kraftlenkvorrichtung allgemein einen Lenkmomentsensor **12**, einen Verhaltenssensor **13**, einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14**, einen Lenkgeschwindigkeitssensor **19**, eine Steuereinheit **15b**, eine Motoransteuereinheit **16** und einen Elektromotor **10**. Der Lenkgeschwindigkeitssensor **19** erfaßt die Richtung und Geschwindigkeit der Lenkradbewegung und erzeugt ein Lenkungssignal SV.

[0112] Die Steuereinheit **15b** ist eine elektronische Mikroprozessorsteuereinrichtung und umfaßt ein Motorsteuerglied **17**, ein Gegenkraftsteuerglied **18**, ein Rückkopplungssteuerglied **17a** und ein Lenkzustandserfassungsglied **20**. Die Steuereinheit **15b** wandelt das Lenkmomentsignal T, das von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegeben wird, das Gierratensignal Y, das von dem Verhaltenssensor **13** ausgegeben wird, und das Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegeben wird, in eine Lenkmomentkomponente Mt, Gierratenkomponenten Dy1, Dy2 bzw. Fahrzeuggeschwindigkeitskomponenten Ry1, Ry2 um, und zwar auf der Basis von Absolutwerten der jeweiligen Signale T, Y und V.

[0113] Außerdem erfaßt die Steuereinheit **15b** auf der Basis jeweiliger Richtungen des Lenkmomentsignals T und des Lenkgeschwindigkeitssignals Sv, ob das Lenkrad in dem Vorlaufzustand oder in dem Rücklaufzustand ist. Wenn der Vorlaufzustand erfaßt ist, subtrahiert die Steuereinheit **15b** von der Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem Lenkmomentsignal T einen Wert CZ1, der gleich dem Produkt der Gierratenkomponente Dy1 entsprechend dem Gierratensignal Y und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Y ist, und führt den resultierenden Rest (Mt-CZ1) als ein Motorsteuersignal Co von dem Motorsteuerglied **17** zu dem Gegenkraftsteuerglied **18** zu. Andererseits, wenn der Rücklaufzustand erfaßt wird, addiert die Steuereinheit **15b** die Lenkmomentkomponente Mt und einen Wert CZ2, der gleich dem Produkt aus der Gierratenkomponente Dy2 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 ist, und führt die resultierende Summe (Mt + CZ2) als das Motorsteuersignal Co von dem Motorsteuerglied **17** zu dem Gegenkraftsteuerglied **18** zu. Außerdem subtrahiert die Steuereinheit **15b** von der Änderungsrate ΔY des Fahrzeugverhaltens (Gierrate), die durch Differenzieren des Gierratensignals Cy von dem Verhaltenssensor **13** erhalten ist, eine Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14**, um einen Wert dY zu erhalten, subtrahiert ferner von dem Motorsteuersignal Co, das von dem Motorsteuerglied **17** geliefert wird, einen Wert C, der gleich dem Produkt aus dem Wert dY und einem Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv ist, und liefert den resultierenden Wert (Co-C) der Motoransteuereinheit **16**.

[0114] Obwohl es nicht gezeigt ist, jedoch in der gleichen Weise wie bei der in Fig. 2 gezeigten Ausführungsform, umfaßt die Steuereinheit **15b** auch vier Analog/Digital (A/D)-Wandler, die für eine Analog/Digitalwandlung jeweiliger Absolutwerte des Lenkmomentsignals T, des Gierratensignals Y, des Lenkgeschwindigkeitssignals SV und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V verwendet werden, sowie vier Richtungsbeurteilungsmittel oder -glieder zur Erfassung jeweiliger Richtungen der vier Signale T, Y, SV und V mittels Richtungsflags Dt, Dy, Dsv bzw. Dv.

[0115] Das Lenkzustandserfassungsglied **20** erfaßt auf der Basis des Richtungsflags Dt des Lenkmomentsignals T und des Richtungsflags Dsv des Lenkgeschwindigkeitssignals Sv, ob das Lenkrad sich in dem Vorlaufzustand oder in dem Rücklaufzustand befindet, und versorgt einen Schaltteil **23** des Motorsteuerglieds **17** mit einem Lenkzustandssignal Ss entsprechend dem erfaßten Lenkzustand derart, daß das Lenkzustandssignal Ss auf einem Hoch (H)-Pegel oder einem logischen Eins-Signal ist, wenn der Vorlaufzustand erfaßt ist, und auf einem Niedrig (L)-Pegel oder einem logischen Null-Signal ist, wenn der Rücklaufzustand erfaßt ist.

[0116] Die obige Erfassung des Lenkzustands wird derart erreicht, daß das Lenkrad als in dem Vorlaufzustand befindlich beurteilt wird, wenn jeweilige Symbole des Richtungsflags Dt und des Richtungsflags Dsv übereinstimmen (Dt = Dsv), und als in dem Rücklaufzustand befindlich beurteilt wird, wenn jeweilige Symbole der Richtungsflags Dt und Dsv nicht übereinstimmen (Dt ≠ Dsv).

[0117] Das Motorsteuerglied **17** umfaßt einen Lenkmomentberechnungsteil **21a**, einen Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b**, einen Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c**, einen Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a**, einen Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b**, zwei Multiplizierer **25** und **33** und den Schaltteil **23**.

[0118] Das Gegenkraftsteuerglied **18** umfaßt einen Verhaltensänderungsratenberechnungsteil **26**, einen Offsetsteuerteil **27**, einen Dämpfungskoeffizientsteuerteil **28**, einen Korrekturberechnungsteil **32**, einen Subtrahierer **29**, einen Multiplizierer **30** und einen Subtrahierer **31**.

[0119] Der Lenkmomentberechnungsteil **21a** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der darin eine Tabelle von Daten, wie es in Fig. 15 gezeigt ist, speichert, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über das Lenkmoment Ct, das durch einen Absolutwert des von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegebenen Lenkmomentsignals T repräsentiert wird, und die Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem Lenkmoment Ct zusammengestellt wurden. Wenn ein Lenkmoment Ct von dem Lenkmomentsensor **12** in der Form eines Lenkmomentsignals T eingegeben wird, liest der Lenkmomentberechnungsteil **21a** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 15) eine Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem eingegebenen Lenkmoment Ct aus und führt die ausgelesene Lenkmomentkomponente dem Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a** und dem Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b** zu.

[0120] Der Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten für den Lenkungsvorlaufzustand, wie es in Fig. 8 gezeigt ist, speichert, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Gierrate Cy, die durch einen Absolutwert des von dem Verhaltenssensor **13** ausgegebenen Gierratensignals Y repräsentiert wird, und die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der Gierrate Cy zusammengestellt wurden. Wenn eine Gierrate Cy von dem Verhaltenssensor **13** in der Form eines Gierratensignals Y eingegeben wird, liest der Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 8) eine Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der eingegebenen Gierrate Cy aus und liefert die ausgelesene Gierratenkomponente Dy1 zu dem Multiplizierer **25**.

[0121] Der Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** speichert in dem ROM ferner eine zusätzliche Tabelle von Daten für den Lenkungsrücklaufzustand, wie es in Fig. 10 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Gierrate Cy, die durch den Absolutwert des von dem Verhaltenssensor **13** ausgegebenen Gierratensignals Y repräsentiert wird, und die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der Gierrate Cy zusammengestellt wurden. Wenn eine Gierrate Cy von dem Verhaltenssensor **13** in der Form eines Gierratensignals Y eingegeben wird, liest der Fahrzeugvenhaltensberechnungsteil **21b** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 10) eine Gierratenkomponente Dy2 entsprechend der eingegebenen Gierrate Cy aus und liefert die ausgelesene Gierratenkomponente Dy2 zu dem Multiplizierer **33**.

[0122] Der Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten für den Lenkungsvorlaufzustand speichert, wie es in Fig. 9 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv, die durch einen Absolutwert des von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V repräsentiert wird, und die Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** in der Form eines Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V eingegeben wird, liest der Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 9) eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert die ausgelesene Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 zu dem Multiplizierer **25**. In diesem Beispiel wird die Richtung der Fahrzeuggeschwindigkeit durch das Richtungsflag Dv angezeigt.

[0123] Der Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** speichert in dem ROM ferner eine zusätzliche Tabelle von Daten für den Lenkungsrücklaufzustand, wie es in Fig. 11 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv, die durch einen Absolutwert des von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V repräsentiert wird, und die Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** in der Form eines Fahrzeuggeschwindigkeitssignals V eingegeben wird, liest der Fahrzeuggeschwindigkeitsberech-

nungsteil **21c** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 11) eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert die ausgelesene Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 zu dem Multiplizierer **33**.

[0124] Der Multiplizierer **25** multipliziert die Gierratenkomponente Dy1, die von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** geliefert wird, mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** geliefert wird, und liefert das resultierende Produkt (Signalwert) CZ1 zu dem Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a**.

[0125] Der Multiplizierer **33** multipliziert die Gierratenkomponente Dy2, die von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** geliefert wird, mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2, die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil **21c** geliefert wird, und liefert das resultierende Produkt (Signalwert) CZ2 zu dem Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b**.

[0126] Der Vorlaufsteuerberechnungsteil **22a** ist aufgebaut durch einen Speicher wie einen ROM, einen Subtrahierer und so weiter und subtrahiert von der Lenkmomentkomponente Mt das Produkt (Signalwert) CZ1 aus der Gierratenkomponente Dy1 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 und gibt den resultierenden Rest (Mt-CZ1) als ein Vorlaufzustandsmotorsteuersignal an den Schaltteil **23** aus.

[0127] Der Rücklaufsteuerberechnungsteil **22b** ist aufgebaut durch einen Speicher wie einen ROM, einen Addierer und so weiter und addiert die Lenkmomentkomponente Mt und das Produkt (Signalwert) CZ2 aus der Gierratenkomponente Dy2 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 und gibt die resultierende Summe (Mt + CZ2) als ein Rücklaufzustandsmotorsteuersignal zu dem Schaltteil **23** aus.

[0128] Der Schaltteil **23** besitzt eine softwaregesteuerte Schaltfunktion und wählt das Vorlaufmotorsteuersignal (Mt-CZ1), wenn das von dem Lenkzustandserfassungsglied **20** gelieferte Lenkzustandssignal Ss auf dem Hoch (H)-Pegel (logisches Eins-Signal) ist, und wählt das Rücklaufmotorsteuersignal (Mt + CZ2), wenn das von dem Lenkzustandserfassungsglied **20** gelieferte Lenkzustandssignal Ss auf dem Niedrig (L)-Pegel (logisches Null-Signal) ist. Das ausgewählte Motorsteuersignal (Mt-CZ1) oder (Mt + CZ2) wird als ein Motorsteuersignal Co zu dem Subtrahierer **31** des Gegenkraftsteuerglieds **18** ausgegeben.

[0129] Der Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteil **26**, der eine Arithmetik/Logikeinheit und einen ROM umfaßt, differenziert das Gierratensignal Y von dem Verhaltenssensor **13**, um die Änderungsrate des Gierratensignals Y zu erhalten, wandelt die Änderungsrate in einen Absolutwert um, um die Änderungsrate ΔY der Gierrate (Fahrzeugverhalten) zu berechnen und liefert die Änderungsrate ΔY der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) zu dem Subtrahierer **29**.

[0130] Der Offsetsteuerteil **27** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 12 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und die Offsetgröße Oy1 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** eingegeben wird, liest der Offsetsteuerteil **27** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 12) eine Offsetgröße Oy1 entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert die ausgelesene Offsetgröße Oy1 zu dem Subtrahierer **29**.

[0131] Der Dämpfungskoeffizientsteuerteil **28** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 14 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und den Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv zusammengestellt wurden. Wenn eine Fahrzeuggeschwindigkeit Cv von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** eingegeben wird, liest der Dämpfungskoeffizientsteuerteil **28** aus der in dem ROM gespeicherten Datentabelle (Fig. 14) einen Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit Cv aus und liefert den ausgelesenen Dämpfungskoeffizienten Cvd zu dem Multiplizierer **30**.

[0132] Der Subtrahierer **29** subtrahiert die Offsetgröße Oy1 (geliefert von dem Offsetsteuerteil **27**) von dem Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (geliefert von dem Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteil **26**), um einen Wert dY zu erhalten, und liefert diesen Wert dY zu dem Korrekturberechnungsteil **32**.

[0133] Der Korrekturberechnungsteil **32** umfaßt einen Speicher wie einen ROM (nicht gezeigt), der eine Tabelle von Daten speichert, wie es in Fig. 13 gezeigt ist, die im Voraus entweder theoretisch oder experimentell über das Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** und der Korrektur Dy3 entsprechend dem Ausgangssignal dY zusammengestellt wurden. Wenn ein Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** eingegeben wird, liest der Korrekturberechnungsteil **32** aus der in dem ROM gespeicherten Tabelle (Fig. 13) eine Korrektur Dy3 entsprechend dem ein-

gegebenen Ausgangssignal dY aus und liefert die ausgelesene Korrektur Dy3 zu dem Multiplizierer **30**.

[0134] Der Multiplizierer **30** multipliziert die Korrektur Dy3 (geliefert von dem Korrekturberechnungsteil **32**) mit dem Dämpfungskoeffizienten Cvd (geliefert von dem Dämpfungskoeffizientsteuerteil **26**), um dadurch das Produkt C zu erhalten, und liefert das Produkt C zu dem Subtrahierer **31**.

[0135] Der Subtrahierer **31** subtrahiert einen Signalwert (Produkt) C, der von dem Multiplizierer **30** aus dem Motorsteuersignal Co geliefert wird, das von dem Motorsteuerglied **17** geliefert wird, und gibt den resultierenden Rest (Co-C) als ein neues oder korrigiertes Motorsteuersignal zu dem Rückkopplungssteuerglied **17a** aus.

[0136] Das Rückkopplungssteuerglied **17a** und das Lenkzustandserfassungsglied **20** besitzen den gleichen Aufbau und die gleiche Funktion wie diejenigen der ersten, oben mit Bezug auf Fig. 2 beschriebenen Ausführungsform und eine weitere Beschreibung derselben kann deshalb entfallen.

[0137] Wenn das Lenkrad **2** sich in dem Vorlaufzustand befindet, subtrahiert die Steuereinheit **15b** daher von der Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem Lenkmomentsignal T einen Wert CZ1, der gleich dem Produkt aus der Gierratenkomponente Dy1 entsprechend der Gierrate und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit ist, und gibt den resultierenden Rest (Mt-CZ1) als ein Motorsteuersignal Co aus. Andererseits, wenn das Lenkrad **2** sich in dem Rücklaufzustand befindet, addiert die Steuereinheit **15b** die Lenkmomentkomponente Mt und einen Wert CZ2, der gleich dem Produkt aus der Gierratenkomponente Dy2 und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 ist, und gibt die resultierende Summe (Mt + CZ2) als das Motorsteuersignal Co aus. Außerdem subtrahiert die Steuereinheit **15b** von dem Motorsteuersignal Co einen Wert C, der gleich dem Produkt aus einem Dämpfungskoeffizienten Cvd entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Cv und einem Wert Dy3 entsprechend einem Wert dY ist, der durch Subtrahieren einer Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal Cv erhalten ist, von dem Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate entsprechend dem Gierratensignal Y, um dadurch ein neues Motorsteuersignal (Co-C) zu erhalten. Sowohl im Lenkungsvorlaufzustand als auch im Lenkungsrücklaufzustand wird die Dämpfungskorrektur in der zu der Lenkradbewegung entgegengesetzten Richtung erzielt. Dementsprechend ist die Lenkunterstützungskraft von dem Elektromotor **10** verringert, wenn die Gierrate plötzlich verändert wird.

[0138] Der Betrieb der Steuereinheit **15b** der in Fig. 5 gezeigten, elektrischen Kraftlenkvorrichtung wird mit Bezug auf ein in Fig. 7 gezeigtes Flußdiagramm beschrieben.

[0139] Wenn der Zündschlüsselschalter (nicht gezeigt) des Fahrzeugs eingeschaltet wird, wird die Steuereinheit **15b** durch die Batterie-Energiequelle **35** (Fig. 3) mit Energie versorgt, um den Betrieb gemäß einem darin gespeicherten Programm aufzunehmen (Schritt P100).

[0140] Der die Steuereinheit **15b** bildende Mikroprozessor startet eine Steuerroutine, woraufhin ein Steuersignal wie ein Einschaltrücksetzsignal zu verschiedenen Teil geschickt wird, um diese Teile zu initialisieren (Schritt P101).

[0141] Dann liest ein Schritt P102 die Intensität und Richtung eines analogen Lenkmomentsignals T, das von dem Lenkmomentsensor **12** ausgegeben wird.

[0142] Nachfolgend berechnet ein Schritt P103 die Intensität und Wirkrichtung des Lenkmomentsignals T und wandelt diese über einen A/D-Wandler in einen Absolutwert Ct und ein Richtungsflag Dt des Lenkmomentsignals T um. Der Absolutwert Ct und das Richtungsflag Dt des Lenkmomentsignals T werden in dem Speicher gespeichert.

[0143] Danach liest ein Schritt P104 die Intensität und Richtung eines Gierratensignals Y, das in der analogen Form von dem Verhaltenssensor **13** ausgegeben wird.

[0144] Ein Schritt P105 berechnet die Intensität und Wirkrichtung des Gierratensignals Y und wandelt diese über einen A/D-Wandler in einen Absolutwert Cy und eine Richtung der Gierrate um. Der Absolutwert Cy und das Richtungsflag Dy der Gierrate werden in dem Speicher gespeichert.

[0145] Nachfolgend differenziert ein Schritt P106 die Gierrate Cy, um die Änderungsrate der Gierrate Cy zu erhalten, wandelt die differenzierte Gierrate in einen Absolutwert um und speichert den Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) in dem Speicher.

[0146] Ein Schritt **107** liest die Richtung und die Intensität eines analogen Lenkgeschwindigkeitssignals SV, das von dem Lenkgeschwindigkeitssensor **19** ausgegeben wird.

[0147] Dann berechnet ein Schritt **108** die Wirkrichtung der Lenkgeschwindigkeit und wandelt sie über einen A/D-Wandler in ein Richtungsflag Dsv um. Das Richtungsflag Dsv wird in dem Speicher gespeichert.

[0148] Nachfolgend liest ein Schritt **109** die Intensität und die Richtung eines analogen Fahrzeugge-

schwindigkeitssignals V, das von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **14** ausgegeben wird.

[0149] Ein Schritt **110** berechnet die Intensität und die Richtung der Fahrzeuggeschwindigkeit und wandelt diese in die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und das Richtungsflag Dv der Fahrzeuggeschwindigkeit um. Die Fahrzeuggeschwindigkeit Cv und das Richtungsflag Dv werden in dem Speicher gespeichert.

[0150] Ein Schritt **111** liest aus der in dem ROM des Lenkmomentberechnungsteils **21a** (Fig. 2) gespeicherten Datentabelle (Fig. 15) eine Lenkmomentkomponente Mt aus, die dem Lenkmoment Ct entspricht.

[0151] Dann befiehlt ein Schritt P112 dem Lenkzustandserfassungsglied **20**, einen Vergleich zwischen dem Lenkgeschwindigkeitsrichtungsflag Dsv und dem Lenkmomentrichtungsflag Dt durchzuführen und befiehlt ferner dem Schaltteil **23**, in Antwort auf ein Erfassungssignal Ss von dem Lenkzustandserfassungsglied **20** ein Umschalten des Steuerbetriebs zwischen dem Fall, in dem das Flag Dsv und das Flag Dt übereinstimmen (Dsv = Dt) und dem Fall, in dem die Flags Dsv und Dt nicht übereinstimmen (Dsv ≠ Dt).

[0152] Wenn Dsv = Dt gilt, wird das Lenksystem (mit dem Lenkrad) als in dem Vorlaufzustand befindlich beurteilt und die Steuerprozedur geht weiter zu einem Schritt P113. Andererseits, wenn Dy ≠ Dt gilt, wird das Lenksystem als in dem Rücklaufzustand befindlich beurteilt und die Steuerprozedur geht zu einem Schritt P117.

[0153] Der Schritt P113 liest aus der im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensberechnungsteils **21b** gespeicherten Datentabelle (Fig. 8) eine Verhaltens (Gierraten)-Komponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate aus.

[0154] Dann liest ein Schritt P114 aus der im Voraus in dem Speicher des Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteils **21c** gespeicherten Datentabelle (Fig. 9) eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 aus, die dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit entspricht.

[0155] Ein Schritt P115 multipliziert die Gierratenkomponente Dy1 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry1 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit und setzt das resultierende Produkt als einen Signalwert CZ1.

[0156] Danach subtrahiert ein Schritt P116 den durch den Schritt P115 erhaltenen Signalwert CZ1 von der Lenkmomentkomponente Mt, die in einem Schritt erhalten wurde, und speichert den resultierenden Rest (Mt-CZ1) als ein Co.

[0157] Der Schritt P117, der dann ausgeführt wird, wenn (Dsv ≠ Dt) gilt, liest aus der im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensberechnungsteils **21b** gespeicherten Datentabelle (Fig. 10) eine Verhaltens (Gierraten)-Komponente Dy2 aus, die dem Absolutwert Cy der Gierrate entspricht.

[0158] Dann liest ein Schritt P118 aus der im Voraus in dem Speicher des Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteils **21c** gespeicherten Datentabelle (Fig. 11) eine Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 aus, die dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit entspricht.

[0159] Ein Schritt P119 multipliziert die Gierratenkomponente Dy2 entsprechend dem Absolutwert Cy der Gierrate mit der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente Ry2 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit und setzt das resultierende Produkt als einen Signalwert CZ2.

[0160] Danach addiert ein Schritt P120 die Lenkmomentkomponente Mt, die im Schritt P111 erhalten wurde, und den Signalwert CZ2, der in Schritt P119 erhalten wurde, und speichert die resultierende Summe (Mt + CZ2) als ein Co.

[0161] Mit Bezug auf jeden der Ausgangswerte Co in dem Lenkungsvorlaufzustand (Dsv = Dt) und dem Lenkungsrücklaufzustand (Dsv ≠ Dt), der im Schritt **112** erhalten wurde, liest nachfolgend ein Schritt P121 aus der im Voraus in dem Speicher des Offsetsteuerteils **27** gespeicherten Datentabelle (Fig. 12) eine Offsetgröße Oy1 entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0162] Ein Schritt P122 liest den Absolutwert ΔY der Änderungsrate der Gierrate (Fahrzeugverhaltensänderungsrate) aus dem Speicher in Schritt P106 aus und subtrahiert davon die Offsetgröße Oy1, die im Schritt P121 ausgelesen wurde (ΔY-Oy1), um einen Wert dY zu erhalten. Wenn der resultierende Rest negativ ist, gilt dY = 0.

[0163] Dann liest ein Schritt P123 aus der im Voraus in dem Speicher des Fahrzeugverhaltensänderungsratenberechnungsteils **26** gespeicherten Datentabelle (Fig. 13) eine Korrektur Dy3 entsprechend dem Ausgangssignal dY von dem Subtrahierer **29** aus.

[0164] Ein Schritt P124 liest aus der im Voraus in dem Speicher des Dämpfungskoeffizientsteuerteils **28** gespeicherten Datentabelle (Fig. 14) einen Dämpfungskoeffizienten Cvd zum Korrigieren des Lenkunterstützungsmoments entsprechend dem Absolutwert Cv der Fahrzeuggeschwindigkeit aus.

[0165] Nachfolgend multipliziert ein Schritt P125 die

Unterstützungsmomentkorrektur Dy3, die im Schritt P123 entsprechend der Gierratenänderungsrate dY ausgelesen wurde, mit dem im Schritt P124 ausgelesenen Dämpfungskoeffizienten Cvd zur Korrektur des Unterstützungsmoments entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit Cv, um dadurch ein neues Unterstützungsmomentkorrektursignal C zu erhalten.

[0166] Danach subtrahiert ein Schritt P126 das im Schritt **125** erhaltene Unterstützungsmomentkorrektursignal C von dem im Schritt P116 ausgegebenen Wert (Motorsteuersignal) Co und von dem Wert Co, der von Schritt P120 ausgegeben wurde, und gibt den resultierenden Rest (Co-C) als ein neues Motorsteuersignal an die Motorsteuereinheit **16** aus.

[0167] Da die auf Änderungen der Fahrzeuggeschwindigkeit reagierende Sensitivität des Fahrzeugverhaltens und die auf Änderungen des Fahrzeugverhaltens reagierende Lenkgegenkraft dem Fahrer geliefert werden, ist der Lenkvorgang über einen ganzen vorgeschriebenen Bereich der Fahrzeuggeschwindigkeit sanft durchgeführt, ohne eine Verzögerung zwischen der manuellen Lenkbetätigung und der Fahrzeugverhaltensantwort zu bewirken.

[0168] Zusammenfassend wurde eine elektrische Kraftlenkvorrichtung mit einem Lenkgetriebemechanismus variablen Verhältnisses beschrieben, umfassend einen Elektromotor **10** zum Ausüben eines Lenkunterstützungsmoments auf das Lenksystem eines Fahrzeugs, eine Steuereinheit **15** zum Steuern/Regeln des Betriebs des Elektromotors auf der Basis wenigstens eines Lenkmoments des Lenksystems, und eine Motoransteuereinheit **16** zum Ansteuern des Motors **10** auf der Basis eines Ausgangssignals Co von der Steuereinheit. Die Steuereinheit umfaßt einen Lenkmomentberechnungsteil **21a** zum Ausgeben einer Lenkmomentkomponente Mt entsprechend dem Lenkmoment, und einen Fahrzeugverhaltensberechnungsteil **21b** zum Ausgeben einer Verhaltenskomponente Dy1 entsprechend einem Fahrzeugverhalten. Die Steuereinheit korrigiert die Lenkmomentkomponente Mt durch Dämpfen derselben mit der Verhaltenskomponente Dy1.

[0169] Offensichtlich sind im Hinblick auf die obige Lehre verschiedene kleinere Änderungen und Modifikationen der vorliegenden Erfindung möglich. Es ist verständlich, daß im Rahmen der beigefügten Ansprüche die vorliegende Erfindung anders als im besonderen beschrieben durchgeführt werden kann.

Patentansprüche

1. Elektrische Kraftlenkvorrichtung für ein Fahrzeug mit einem Lenkgetriebemechanismus, umfassend:
einen Elektromotor (**10**) zum Ausüben eines Lenkunterstützungsmoments auf ein Lenksystem des Fahrzeugs;
einen Lenkmomentsensor (**12**) zum Erfassen eines Lenkmoments des Lenksystems und Erzeugen eines dem erfaßten Lenkmoment entsprechenden Lenkmomentsignals (T);
einen Verhaltenssensor (**13**) zum Erfassen eines Verhaltens des Fahrzeugs und Erzeugen eines dem erfaßten Fahrzeugverhalten entsprechenden Verhaltenssignals (Y);
eine Steuereinheit (**15**; **15a**, **15b**) zum Steuern/Regeln des Betriebs des Elektromotors (**10**) auf der Basis wenigstens des Lenkmoments;
und
eine Motoransteuereinheit (**16**) zum Ansteuern des Motors (**10**) auf der Basis eines Ausgangssignals (CO) von der Steuereinheit (**15**; **15a**; **15b**),
dadurch gekennzeichnet, daß der Lenkgetriebemechanismus ein variables Verhältnis hat und daß die Steuereinheit umfaßt:
einen Lenkmomentberechnungsteil (**21a**) zum Ausgeben einer Lenkmomentkomponente (Mt), die dem von dem Lenkmomentsensor (**12**) ausgegebenen Lenkmomentsignal (T) entspricht, und
einen Fahrzeugverhaltensberechnungsteil (**21b**) zum Ausgeben einer Verhaltenskomponente (Dy1; Dy1, Dy2), die dem von dem Verhaltenssensor (**13**) ausgegebenen Verhaltenssignal (Y) entspricht, wobei die Steuereinheit (**15**; **15a**; **15b**) die Lenkmomentkomponente (Mt) durch Dämpfen derselben mit der Verhaltenskomponente (Dy1; Dy1, Dy2) korrigiert.

2. Elektrische Kraftlenkvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Steuereinheit (**15a**, **15b**) ferner einen Fahrzeugverhalten-Änderungsratenberechnungsteil (**26**) zum Ausgeben einer Änderungsratenkomponente (ΔY) umfaßt, die der Änderungsrate eines Ausgangssignals von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil (**21b**) entspricht, und wobei die Steuereinheit (**15a**; **15b**) weiter die Lenkmomentkomponente (Mt) korrigiert durch Subtrahieren der Änderungsratenkomponente (ΔY) von der Lenkmomentkomponente (Mt).

3. Elektrische Kraftlenkvorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor (**14**) zum Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs und Erzeugen eines der erfaßten Geschwindigkeit des Fahrzeugs entsprechenden Fahrzeuggeschwindigkeitssignals (V), wobei die Steuereinheit (**15**; **15a**; **15b**) ferner einen Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil (**21a**) zum Ausgeben einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry1, Ry2), die dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor (**14**) ausgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignal (V) entspricht, und ein Lenkzustandserfassungsglied (**20**) zum Erfassen eines Vorlaufzustands und eines Rücklaufzstands des Lenksystems umfaßt, und wobei die Steuereinheit (**15**; **15a**; **15b**) die Lenkmomentkomponente (Mt) korrigiert durch Subtrahieren von der Lenkmoment-

komponente (Mt) eines ersten Werts (CZ; CZ1), der auf der Basis der Verhaltenskomponente (Dy1; Dy1) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry1) bestimmt ist, wenn der Vorlaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied (**20**) erfaßt ist, und durch Addieren der Lenkmomentkomponente (Mt) und eines zweiten Werts (CZ; CZ2), der auf der Basis der Verhaltenskomponente (Dy1; Dy2) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry2) bestimmt ist, wenn der Rücklaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied (**20**) erfaßt ist.

4. Elektrische Kraftlenkvorrichtung nach Anspruch 1, ferner umfassend einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor (**14**) zum Erfassen einer Geschwindigkeit des Fahrzeugs und Erzeugen eines der erfaßten Geschwindigkeit des Fahrzeugs entsprechenden Fahrzeuggeschwindigkeitssignals (V), wobei die Steuereinheit (**15a**, **15b**) ferner aufweist: einen Fahrzeugverhalten-Änderungsratenberechnungsteil (**26**) zum Ausgeben einer Änderungsratenkomponente (ΔY), die der Änderungsrate eines Ausgangssignals von dem Fahrzeugverhaltensberechnungsteil (**26**) entspricht, einen Fahrzeuggeschwindigkeitsberechnungsteil (**21c**) zum Ausgeben einer Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry1, Ry2), die dem von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor (**14**) ausgegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignal (V) entspricht, und ein Lenkzustandserfassungsglied (**20**) zum Erfassen eines Vorlaufzustands und eines Rücklaufzustands des Lenksystems, und wobei, wenn der Vorlaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied (**20**) erfaßt ist, die Steuereinheit (**15a**; **15b**) die Lenkmomentkomponente (Mt) korrigiert durch zunächst Subtrahieren von der Lenkmomentkomponente (Mt) eines ersten Werts (CZ; CZ1), der auf der Basis der Verhaltenskomponente (Dy1; Dy1) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry1) bestimmt ist, und weiter Subtrahieren von dem verbleibenden Rest (Mt - CZ = Co; Mt - CZ1 = Co) der ersten Subtraktion eines zweiten Werts (C), der auf der Basis der Änderungsratenkomponente (ΔY) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist, und wenn der Rücklaufzustand durch das Lenkzustandserfassungsglied (**20**) erfaßt ist, die Steuereinheit (**15a**; **15b**) die Lenkmomentkomponente (Mt) korrigiert durch Addieren der Lenkmomentkomponente (Mt) und eines dritten Werts (CZ; CZ2), der auf der Basis der Verhaltenskomponente (Dy1; Dy2) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente (Ry1; Ry2) bestimmt ist, und weiter Subtrahieren von der resultierenden Summe (Mt + CZ = CO; Mt + CZ2 = CO) der Addition eines vierten Werts (C), der auf der Basis der Änderungsratenkomponente (ΔY) und der Fahrzeuggeschwindigkeitskomponente bestimmt ist.

Es folgen 11 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG.1

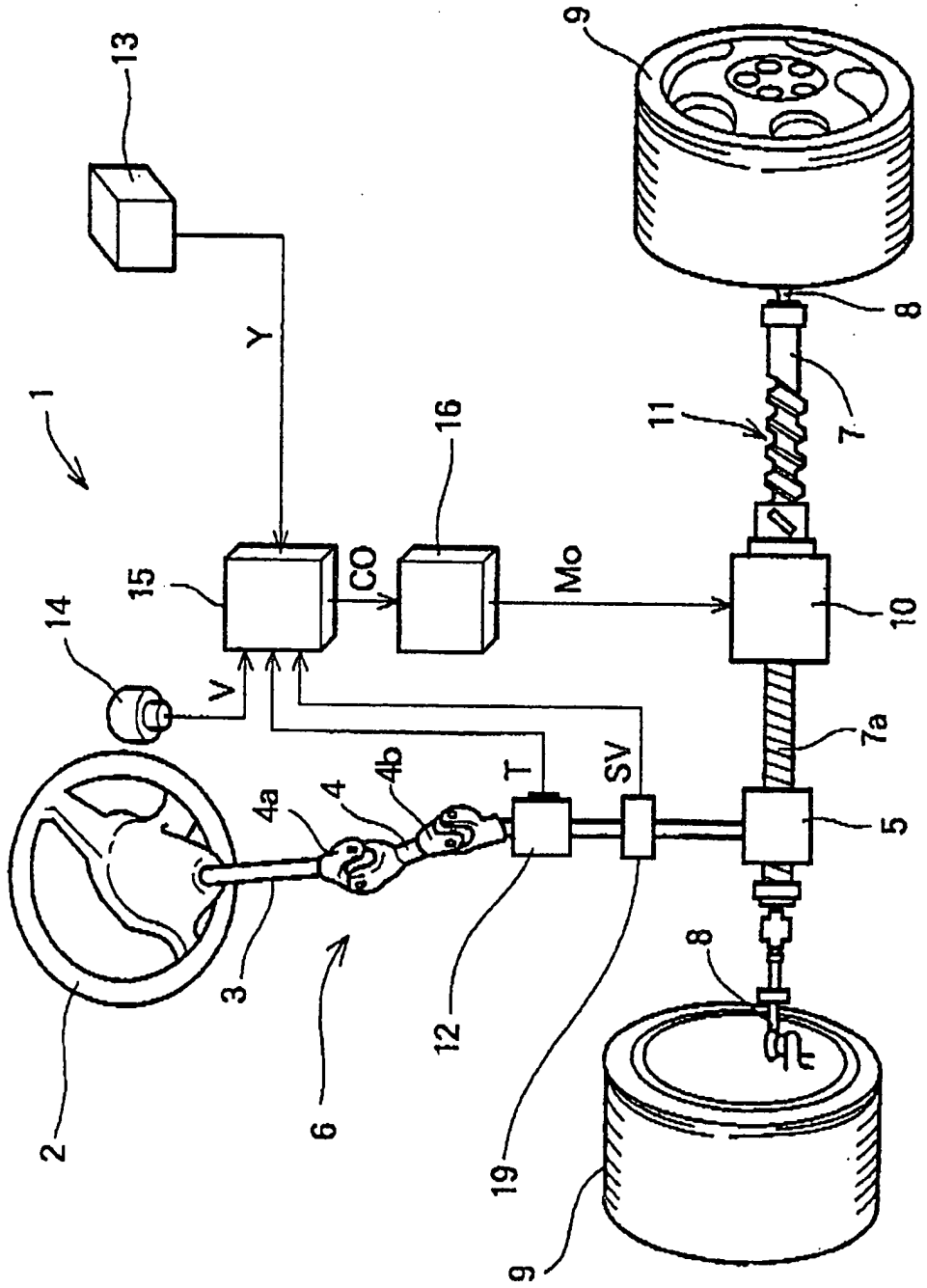


FIG.2

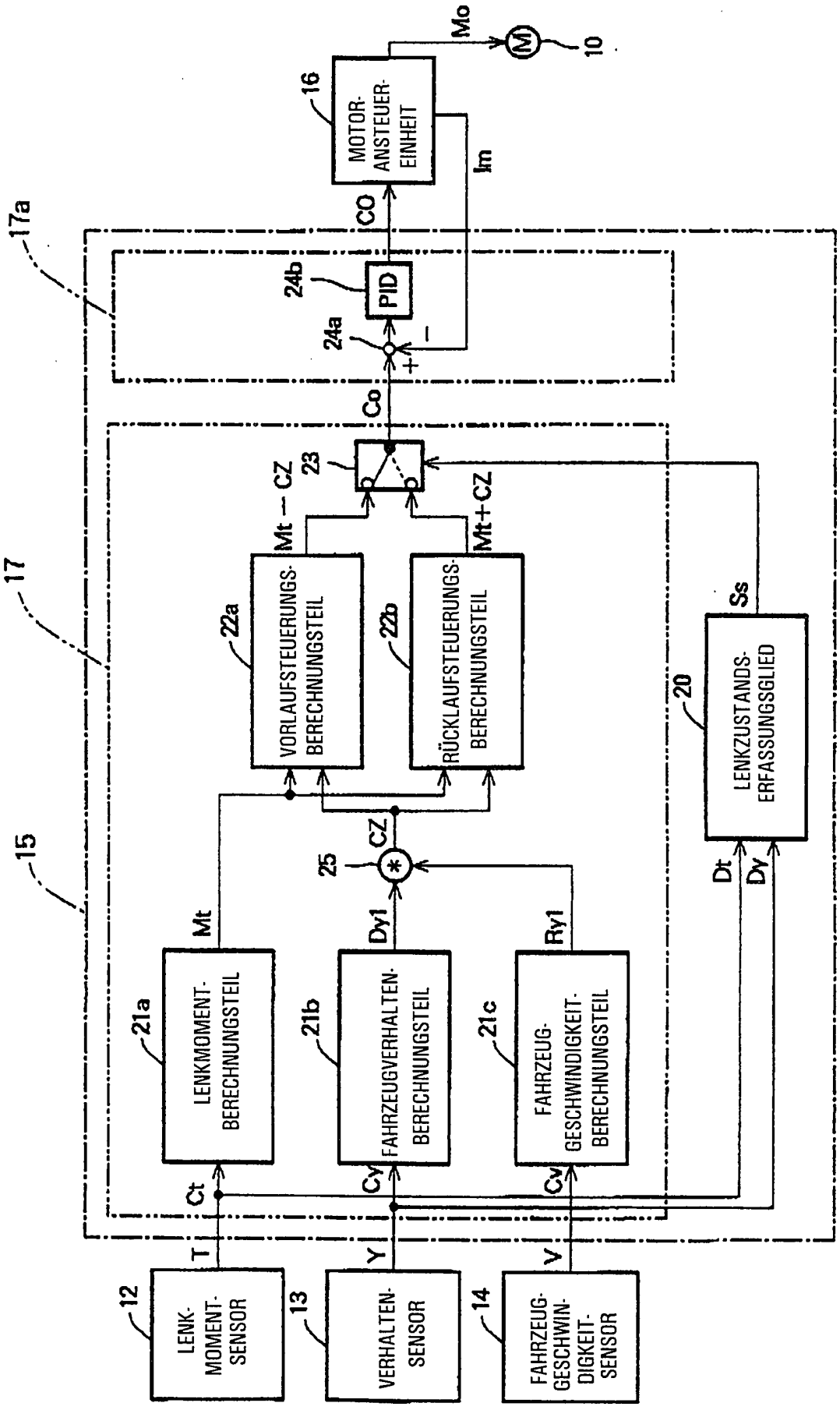

Mo
M
10
16
MOTOR-ANSTEUER-EINHEIT
Im
CO
17a
24b
PID
24a
+
−
Co
23
a
b
Mt − CZ
Mt+CZ
17
22a
VORLAUFSTEUERUNGS-BERECHNUNGSTEIL
22b
RÜCKLAUFSTEUERUNGS-BERECHNUNGSTEIL
Ss
20
LENKZUSTANDS-ERFASSUNGSGLIED
CZ
25
*
15
Mt
Dy1
Ry1
Dt
Dy
21a
LENKMOMENT-BERECHNUNGSTEIL
21b
FAHRZEUGVERHALTEN-BERECHNUNGSTEIL
21c
FAHRZEUG-GESCHWINDIGKEIT-BERECHNUNGSTEIL
Ct
Cy
Cv
T
Y
V
12
LENK-MOMENT-SENSOR
13
VERHALTEN-SENSOR
14
FAHRZEUG-GESCHWIN-DIGKEIT-SENSOR

FIG.3

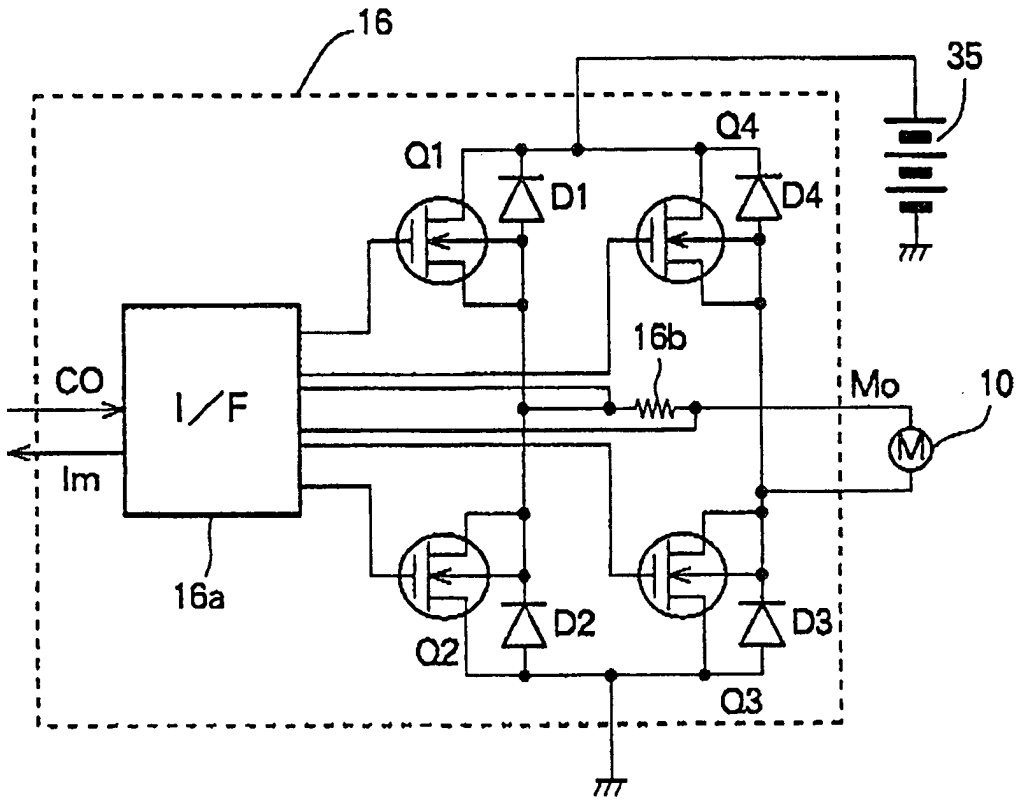


FIG.4

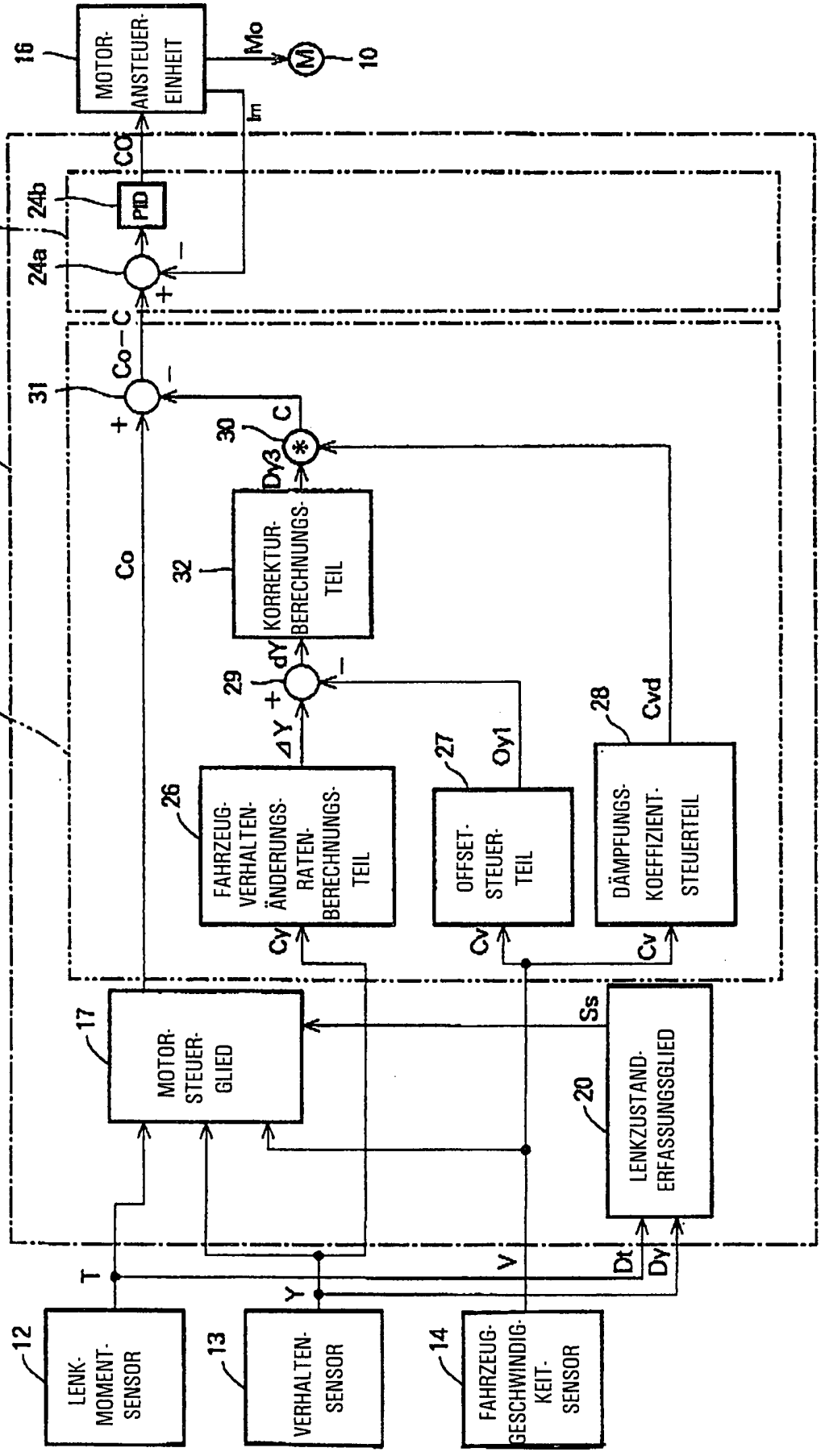

MOTOR-ANSTEUER-EINHEIT
16
Mo
M
10
Im
CO
17a
24b
PID
24a
15a
31
Co−C
30
C
Dy3
Co
32
KORREKTUR-BERECHNUNGS-TEIL
18
29
dY
ΔY
26
FAHRZEUG-VERHALTEN-ÄNDERUNGS-RATEN-BERECHNUNGS-TEIL
27
Oy1
OFFSET-STEUER-TEIL
28
Cvd
DÄMPFUNGS-KOEFFIZIENT-STEUERTEIL
Cy
Cv
17
MOTOR-STEUER-GLIED
Ss
20
LENKZUSTAND-ERFASSUNGSGLIED
T
Y
V
Dt
Dy
12
LENK-MOMENT-SENSOR
13
VERHALTEN-SENSOR
14
FAHRZEUG-GESCHWINDIG-KEIT-SENSOR

FIG.5

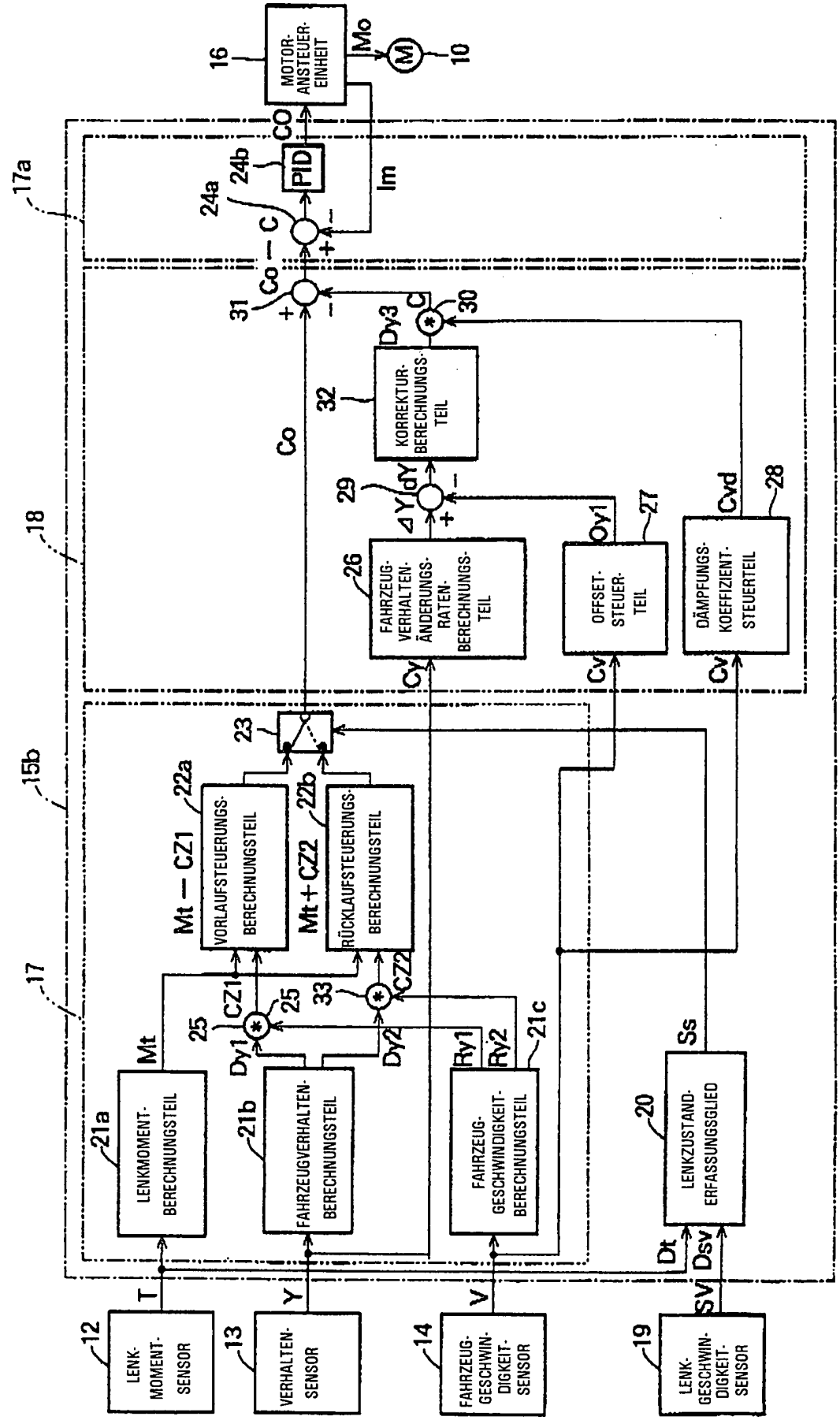

MOTOR-ANSTEUER-EINHEIT
16
Mo
M
10
CO
PID
24b
24a
Im
17a
Co − C
31
Co
Dy3
C
30
KORREKTUR-BERECHNUNGS-TEIL
32
Co
29
ΔY
dY
18
FAHRZEUG-VERHALTEN-ÄNDERUNGS-RATEN-BERECHNUNGS-TEIL
26
OFFSET-STEUER-TEIL
27
Oy1
DÄMPFUNGS-KOEFFIZIENT-STEUERTEIL
28
Cvd
Cy
Cv
Cv
23
15b
VORLAUFSTEUERUNGS-BERECHNUNGSTEIL
22a
Mt − CZ1
RÜCKLAUFSTEUERUNGS-BERECHNUNGSTEIL
22b
Mt + CZ2
17
CZ1
25
25
33
CZ2
Dy1
Dy2
Mt
Ry1
Ry2
21c
Ss
LENKMOMENT-BERECHNUNGSTEIL
21a
FAHRZEUGVERHALTEN-BERECHNUNGSTEIL
21b
FAHRZEUG-GESCHWINDIGKEIT-BERECHNUNGSTEIL
LENKZUSTAND-ERFASSUNGSGLIED
20
Dt
Dsv
T
Y
V
SV
LENK-MOMENT-SENSOR
12
VERHALTEN-SENSOR
13
FAHRZEUG-GESCHWIN-DIGKEIT-SENSOR
14
LENK-GESCHWIN-DIGKEIT-SENSOR
19

FIG.6

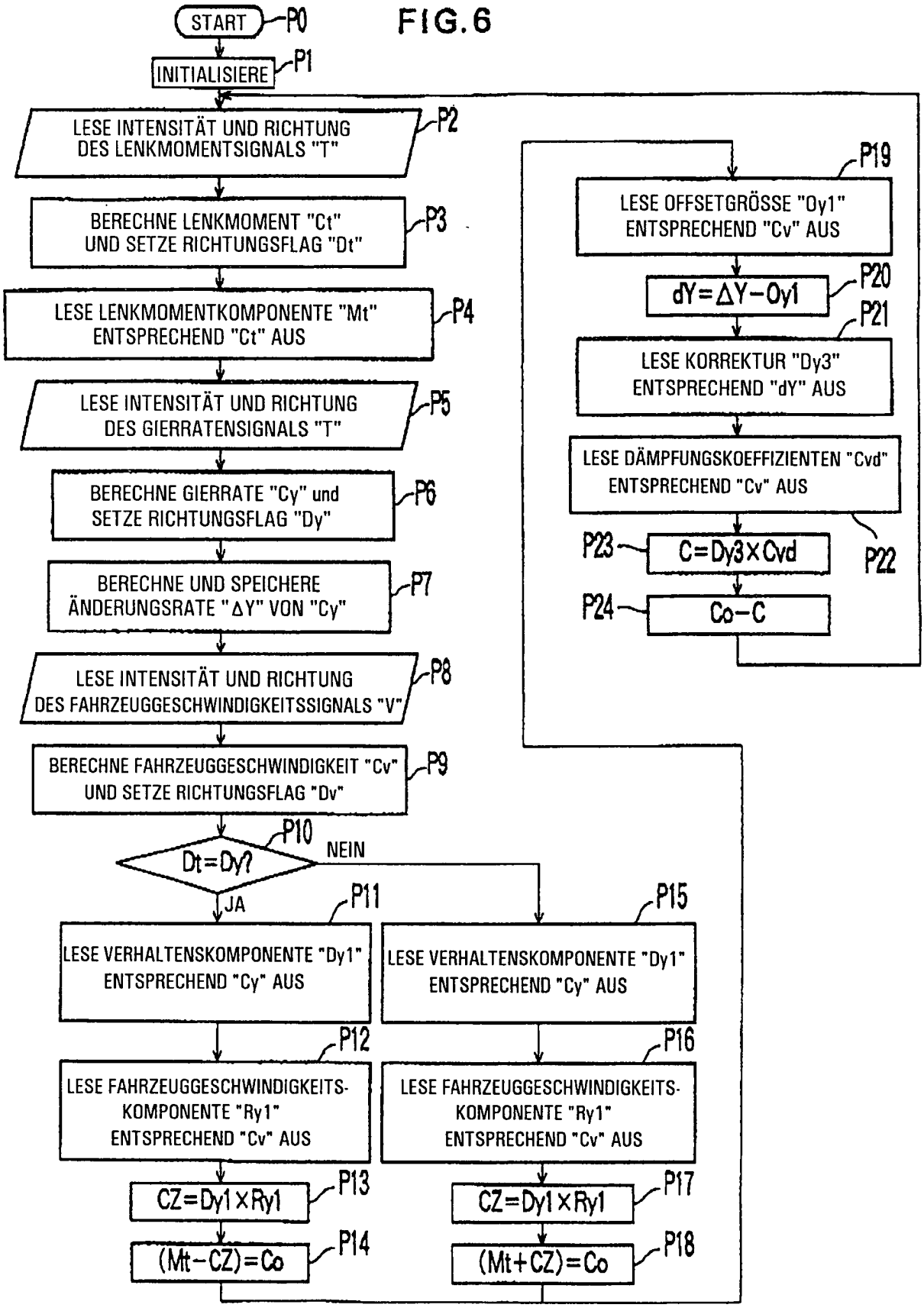

START
P0
INITIALISIERE
P1
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES LENKMOMENTSIGNALS "T"
P2
BERECHNE LENKMOMENT "Ct" UND SETZE RICHTUNGSFLAG "Dt"
P3
LESE LENKMOMENTKOMPONENTE "Mt" ENTSPRECHEND "Ct" AUS
P4
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES GIERRATENSIGNALS "T"
P5
BERECHNE GIERRATE "Cy" und SETZE RICHTUNGSFLAG "Dy"
P6
BERECHNE UND SPEICHERE ÄNDERUNGSRATE "ΔY" VON "Cy"
P7
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITSSIGNALS "V"
P8
BERECHNE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT "Cv" UND SETZE RICHTUNGSFLAG "Dv"
P9
Dt=Dy?
P10
NEIN
JA
LESE VERHALTENSKOMPONENTE "Dy1" ENTSPRECHEND "Cy" AUS
P11
LESE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITS-KOMPONENTE "Ry1" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
P12
CZ=Dy1×Ry1
P13
(Mt−CZ)=Co
P14
LESE VERHALTENSKOMPONENTE "Dy1" ENTSPRECHEND "Cy" AUS
P15
LESE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITS-KOMPONENTE "Ry1" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
P16
CZ=Dy1×Ry1
P17
(Mt+CZ)=Co
P18
LESE OFFSETGRÖSSE "Oy1" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
P19
dY=ΔY−Oy1
P20
LESE KORREKTUR "Dy3" ENTSPRECHEND "dY" AUS
P21
LESE DÄMPFUNGSKOEFFIZIENTEN "Cvd" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
P22
C=Dy3×Cvd
P23
Co−C
P24

FIG. 7

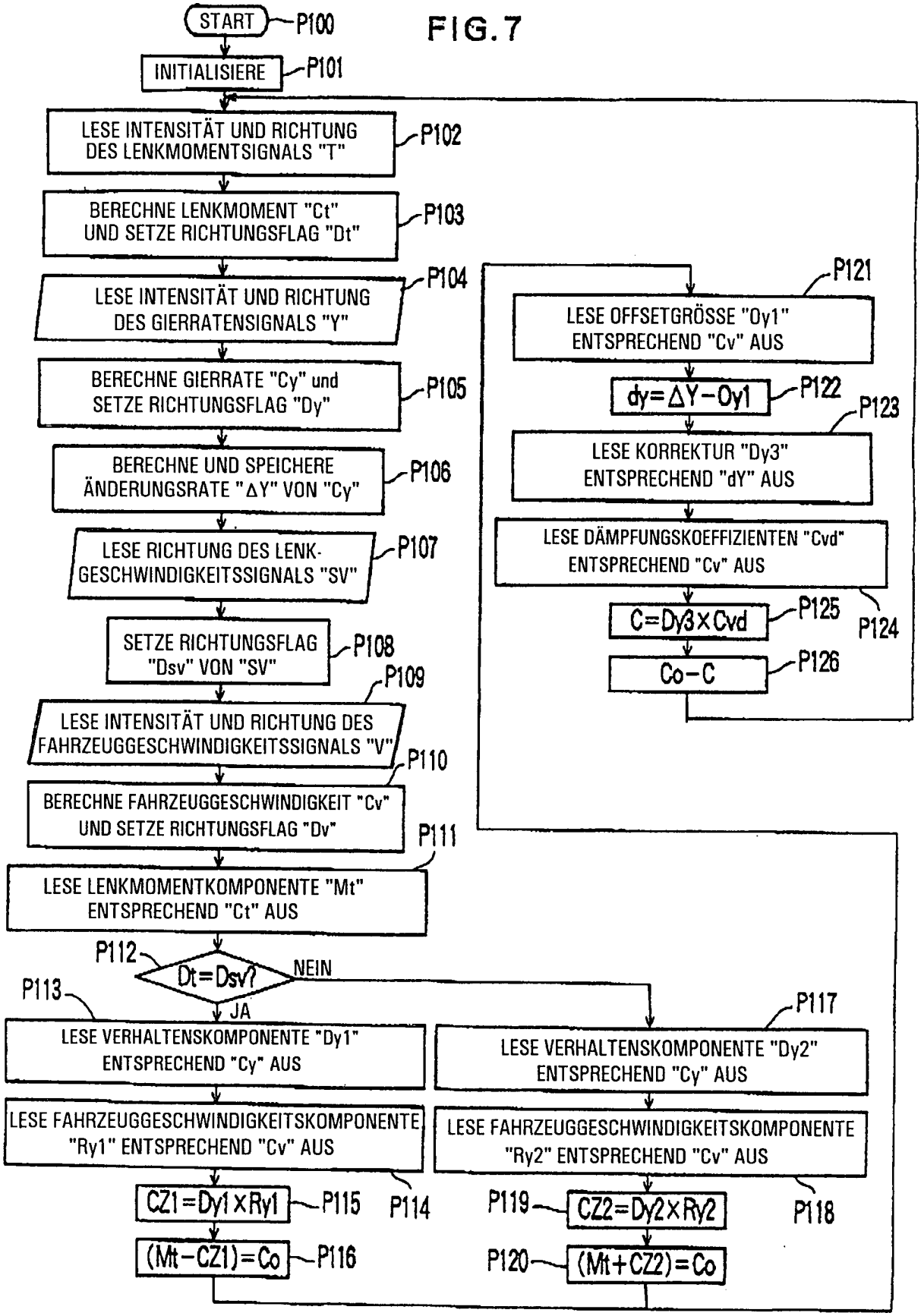

START
P100
INITIALISIERE
P101
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES LENKMOMENTSIGNALS "T"
P102
BERECHNE LENKMOMENT "Ct" UND SETZE RICHTUNGSFLAG "Dt"
P103
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES GIERRATENSIGNALS "Y"
P104
BERECHNE GIERRATE "Cy" und SETZE RICHTUNGSFLAG "Dy"
P105
BERECHNE UND SPEICHERE ÄNDERUNGSRATE "ΔY" VON "Cy"
P106
LESE RICHTUNG DES LENK-GESCHWINDIGKEITSSIGNALS "SV"
P107
SETZE RICHTUNGSFLAG "Dsv" VON "SV"
P108
P109
LESE INTENSITÄT UND RICHTUNG DES FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITSSIGNALS "V"
P110
BERECHNE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT "Cv" UND SETZE RICHTUNGSFLAG "Dv"
P111
LESE LENKMOMENTKOMPONENTE "Mt" ENTSPRECHEND "Ct" AUS
P112
Dt=Dsv?
NEIN
JA
P113
LESE VERHALTENSKOMPONENTE "Dy1" ENTSPRECHEND "Cy" AUS
LESE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITSKOMPONENTE "Ry1" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
CZ1=Dy1×Ry1
P115
(Mt-CZ1)=Co
P116
P114
P117
LESE VERHALTENSKOMPONENTE "Dy2" ENTSPRECHEND "Cy" AUS
LESE FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITSKOMPONENTE "Ry2" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
P119
CZ2=Dy2×Ry2
P120
(Mt+CZ2)=Co
P118
P121
LESE OFFSETGRÖSSE "Oy1" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
dy=ΔY-Oy1
P122
P123
LESE KORREKTUR "Dy3" ENTSPRECHEND "dY" AUS
LESE DÄMPFUNGSKOEFFIZIENTEN "Cvd" ENTSPRECHEND "Cv" AUS
C=Dy3×Cvd
P125
P124
Co-C
P126

FIG.8

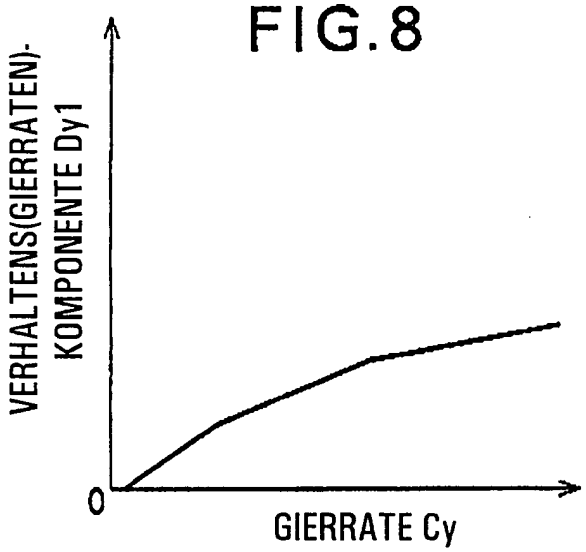


FIG.9

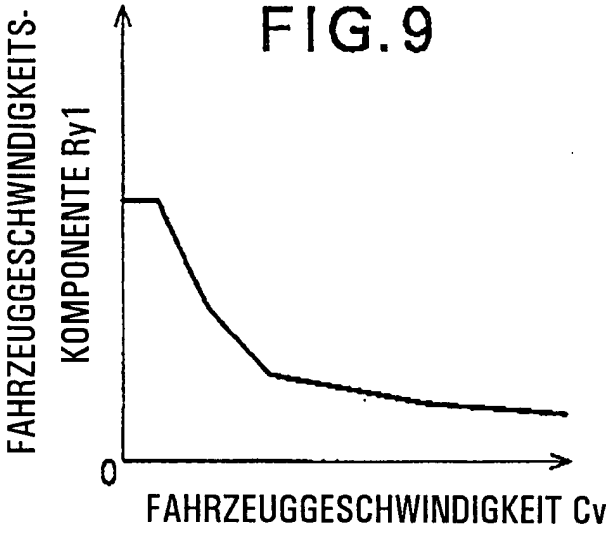


FIG.10

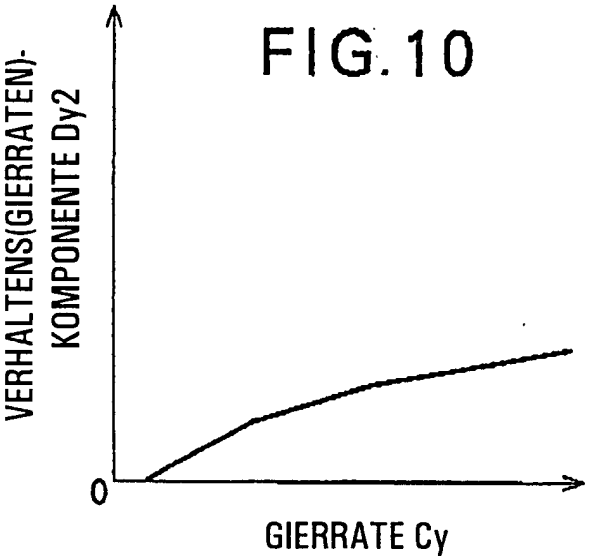


FIG.11

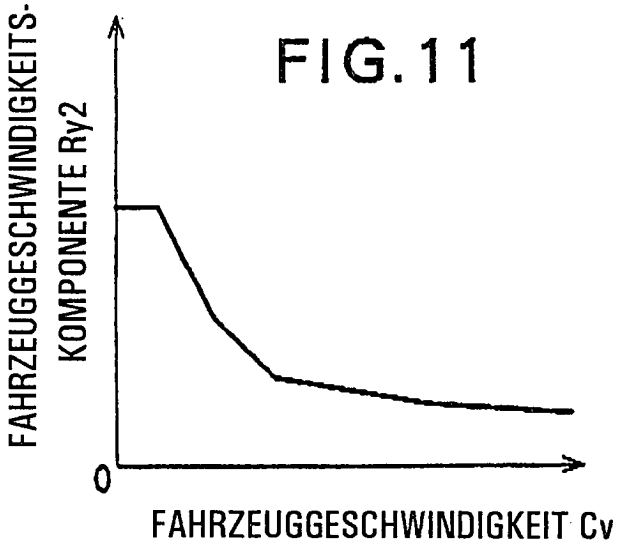

FAHRZEUGGESCHWINDIGKEITS-
KOMPONENTE Ry2
0
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT Cv

FIG.12

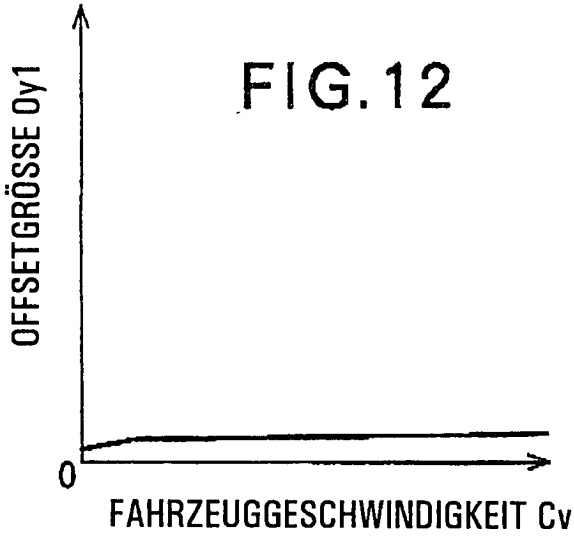

OFFSETGRÖSSE Oy1
0
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT Cv

FIG.13

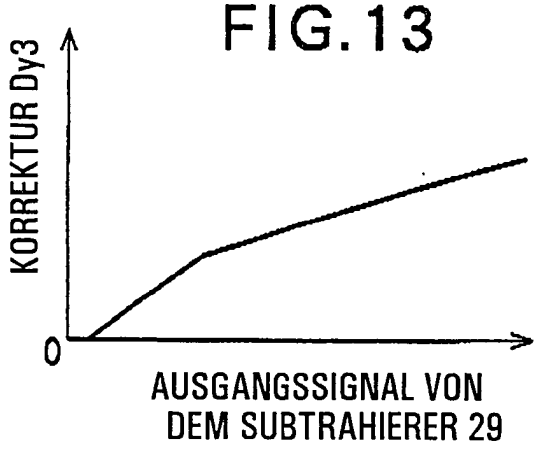

KORREKTUR Dy3
0
AUSGANGSSIGNAL VON
DEM SUBTRAHIERER 29

FIG.14

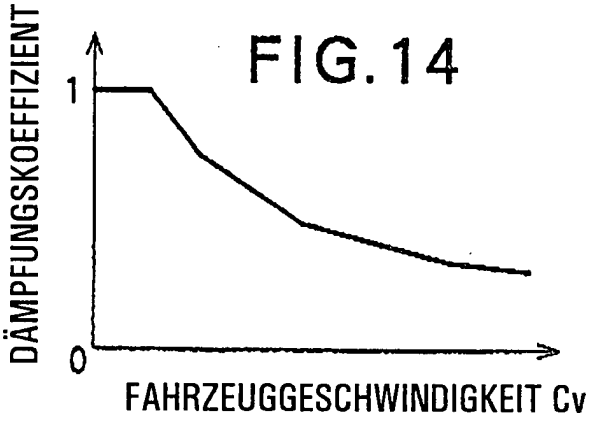

DÄMPFUNGSKOEFFIZIENT
1
0
FAHRZEUGGESCHWINDIGKEIT Cv

FIG. 15

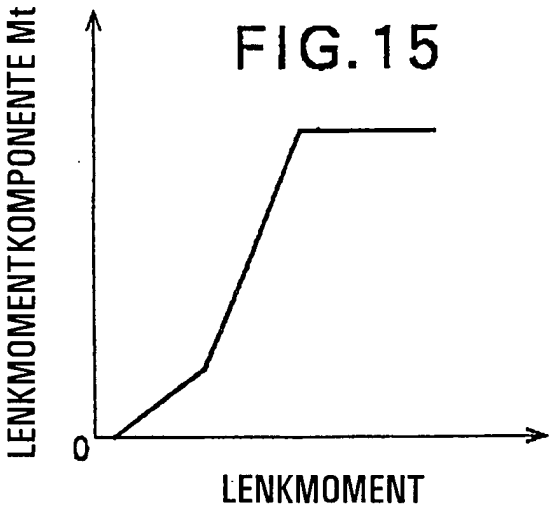
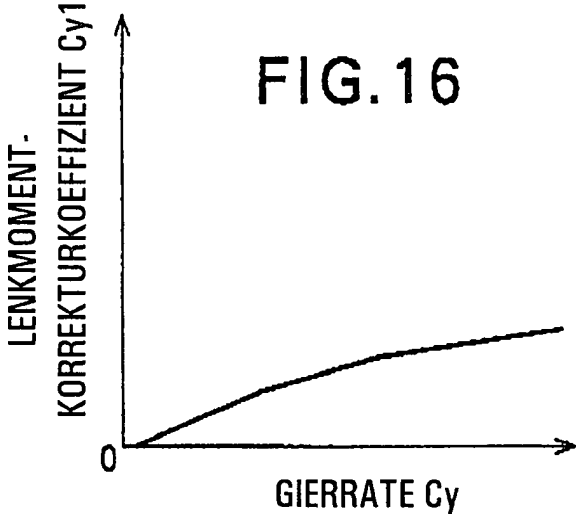

LENKMOMENTKOMPONENTE Mt
0
LENKMOMENT

FIG. 16


LENKMOMENT-
KORREKTURKOEFFIZIENT Cy1
0
GIERRATE Cy