



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 603 20 115 T2** 2009.06.18

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 541 445 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **603 20 115.6**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP03/11632**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **03 797 578.6**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2004/026665**

(86) PCT-Anmeldetag: **11.09.2003**

(87) Veröffentlichungstag
der PCT-Anmeldung: **01.04.2004**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **15.06.2005**

(97) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung beim EPA: **02.04.2008**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **18.06.2009**

(51) Int Cl.⁸: **B62D 6/00** (2006.01)
B62D 5/04 (2006.01)

(30) Unionspriorität:
2002272830 19.09.2002 JP

(73) Patentinhaber:
NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

(74) Vertreter:
Klunker, Schmitt-Nilson, Hirsch, 80796 München

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB,
GR, HU, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK,
TR**

(72) Erfinder:
**OKAMOTO, Mineki, Maebashi-Shi, Gunma
371-8527, JP; ENDO, Shuji, Maebashi-Shi, Gunma
371-8527, JP**

(54) Bezeichnung: **Elektrische Servolenkvorrichtung**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Servolenkvorrichtung, in der eine Lenkhilfskraft, die von einem Motor bewirkt wird, an ein Steuersystem eines Autos oder Fahrzeugs gegeben wird, und insbesondere auf eine elektrische Servolenkvorrichtung, die, in Übereinstimmung mit dem Oberbegriff der Ansprüche 1 und 4 und wie aus EP 1 127 775 bekannt, ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden aufweist.

TECHNISCHER HINTERGRUND

[0002] Die elektrische Servolenkvorrichtung, um die Lenkvorrichtung eines Autos oder Fahrzeugs mit der Rotationskraft eines Motors lastunterstützend anzutreiben, ist aufgebaut, um eine Lenksäule oder eine Zahnstange durch eine Übertragungsmechanismus wie z. B. ein Getriebe oder einen Riemen über einen Geschwindigkeitsreduktionsvorrichtung mit einer Antriebskraft des Motors lastunterstützend anzutreiben. In solch einer konventionellen elektrischen Servolenkvorrichtung wird eine Rückkopplungssteuerung des Motorstroms durchgeführt, um ein Hilfsdrehmoment (Lenkhilfsdrehmoment) präzise zu erzeugen. Die Rückkopplungssteuerung dient zum Anpassen der Spannung, die an den Motor angelegt wird, z. B. um die Differenz zwischen einem Stromsollwert und einem Motorstromdetektionswert zu reduzieren, und die an den Motor anzulegende Spannung wird im Allgemeinen durch Einstellen des Tastverhältnisses einer PWM(Pulsweitenmodulations)-Steuerung geführt.

[0003] Ein allgemeiner Aufbau der elektrischen Servolenkvorrichtung wird unter Bezugnahme auf [Fig. 7](#) beschrieben. Ein Säulenschaft **2** eines Lenkrades **1** ist über ein Geschwindigkeitsreduktionsgetriebe **3**, Kardan Gelenke **4a** und **4b** und einen Zahnstangenmechanismus **5** mit einer Spurstange **6** eines Laufrads verbunden. Der Säulenschaft **2** ist mit einem Drehmomentsensor **10** versehen, um das Lenkdrehmoment des Lenkrads **1** zu erfassen. Ein Motor **20** zum Unterstützen des Lenkdrehmoments des Lenkrads **1** ist durch das Geschwindigkeitsreduktionsgetriebe **3** mit dem Säulenschaft **2** verbunden. Elektrizität wird von der Batterie **14** durch einen Zündschlüssel **11** und ein Relais **13** an eine Steuereinheit **30** geliefert, welche die Servolenkvorrichtung steuert. Die Steuereinheit **30** berechnet einen Lenkhilfssollwert I eines Hilfsbefehls basierend auf dem Lenkdrehmoment T , das von dem Drehmomentsensor **10** erfasst wird und basierend auf der Fahrzeuggeschwindigkeit V , die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **12** erfasst wird, und die Steuereinheit **30** steuert den an den Motor **20** zu liefernden Strom auf der Basis des berechneten Lenkhilfssollwerts I .

[0004] Die Steuereinheit **30** weist im Wesentlichen eine CPU (die auch eine MPU einschließt) auf und allgemeine Funktionen der Steuereinheit **30**, die durch das Programm in der CPU ausgeführt werden, sind in [Fig. 8](#) gezeigt. Zum Beispiel ist ein Phasenkompensator **31** nicht ein als unabhängige Hardware ausgebildeter Phasenkompensator, sondern eine Phasenkompensationsfunktion, die von der CPU ausgeführt wird.

[0005] Die Funktionen und der Betrieb der Steuereinheit **30** werden nun erklärt. Das Lenkdrehmoment T , das durch den Drehmomentsensor **10** erfasst und eingegeben wird, wird durch den Phasenkompensator **31** phasenkompensiert, um die Sicherheit des Lenksystems zu verbessern. Das Lenkdrehmoment T_A , das phasenkompensiert worden ist, wird in ein Element **32** zur Berechnung eines Lenkhilfssollwerts eingegeben. Auch die Fahrzeuggeschwindigkeit V , die von dem Fahrzeuggeschwindigkeitssensor **12** erfasst worden ist, wird in das Element **32** zur Berechnung des Lenkhilfskraftsollwerts eingegeben. Das Element **32** zur Berechnung des Lenkhilfskraftsollwerts bestimmt den Lenkhilfssollwert I , der ein Steuer-Zielwert des Stroms ist, der an den Motor **20** zu liefern ist, basierend auf dem Einganglenkdrehmoment T_A und der Fahrzeuggeschwindigkeit V . Der Lenkhilfssollwert I wird in einen Subtrahierer **30A** eingegeben und wird auch in einen Differenzierungskompensator **34** eines Feedforward-Systems eingegeben, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu verbessern. Eine Ableitung ($I-i$) des Subtrahierers **30A** wird in ein Verhältnisberechnungselement **35** eingegeben und wird auch in ein Integrationsberechnungselement **36** eingegeben, um die Eigenschaften des Rückkopplungssystems zu verbessern. Der Ausgangswert des Differenzierungskompensators **34** und die Ausgangswerte des Verhältnisberechnungselements **35** und des Integrationsberechnungselements **36** werden addiert und in einen Addierer **30B** eingegeben. Ein Stromsteuerwert E , der ein Ergebnis einer Addition in dem Addierer **30B** ist, wird als Motorantriebssignal in eine Motorantriebsschaltung **37** eingegeben. Der Strom i des Motors **20** wird von einem Motorstromdetektionsschaltkreis **38** erfasst und in den Subtrahierer **30A** zurückgeführt.

[0006] In solch einer konventionellen elektrischen Servolenkvorrichtung wird vorgeschlagen, die Übertragungseigenschaften des Lenkgefühls und der Sensitivität für Straßeninformationen im Frequenzbereich einzustellen (z. B. japanische offengelegte Patentanmeldung Nr. 2001-334948), um die Flexibilität des Aufbaus

der Vorrichtung voll auszunutzen und ein stabiles und komfortables Lenkgefühl zu erreichen. Das heißt, die komplementäre Sensitivitätsfunktion wird in Bezug auf die Frequenz der Steuervorrichtung in einem Band, in dem eine zu unterdrückende Störung existiert, auf einen Wert gesetzt, der sich "1" nähert, und wird in einem Band, in dem eine zu übertragende Strömung existiert, auf einen Wert gesetzt, der sich Null nähert. Denn gemäß der Definition der komplementären Sensitivitätsfunktion bedeutet es, dass die Störung unterdrückt wird, wenn die Funktion "1" ist, und es bedeutet, dass die Störung überhaupt nicht unterdrückt und übertragen wird, wenn die Funktion Null ist.

[0007] Es ist zu verstehen, dass das Lenkgefühl und die Sensitivität für Straßeninformationen als Kennzahlen für die Leistungsbewertung der elektrischen Servolenkvorrichtung benutzt werden können. Jedoch hat eine konventionelle elektrische Servolenkvorrichtung das Problem, dass es schwierig ist, ein Steuersystem entwerfen, welches die beiden Kennzahlen zur gleichen Zeit erfüllt, da die Übertragungseigenschaften, die diese Kennzahlen repräsentieren, eine sich gegenseitig unterordnende Beziehung haben. Das heißt, da das Lenkgefühl und die Sensitivität für Straßeninformationen eine sich gegenseitig unterordnende Beziehung haben, können das Lenkgefühl und die Sensitivität für Straßeninformationen nicht unabhängig voneinander eingestellt werden und es ist schwierig, eine Steuervorrichtung zu entwerfen, die gleichzeitig das ideale Lenkgefühl und die ideale Sensitivität für Straßeninformationen erfüllt.

[0008] Die vorliegende Erfindung wurde in Anbetracht der obigen Umstände gemacht, und es ist eine Aufgabe der Erfindung, eine elektrische Servolenkvorrichtung bereitzustellen, die ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden aufweist, das geeignet ist, das Lenkgefühl und die Sensitivität für Straßeninformationen unabhängig voneinander einzustellen, um gleichzeitig in einem Frequenzbereich ein ideales Lenkgefühl und eine ideale Sensitivität für Straßeninformationen zu verwirklichen.

OFFENBARUNG DER ERFINDUNG

[0009] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Servolenkvorrichtung zum Steuern eines Motors basierend auf einem Stromsollwert, der aus einem Lenkhilfssollwert berechnet wird, der basierend auf einem in einer Lenksäule erzeugten Lenkdrehmoment und aus einem Stromdetektionswert des Motors, der eine Lenkhilfskraft an die Lenkvorrichtung abgibt, berechnet wird. Das oben genannte Ziel der Erfindung wird durch den folgenden Aufbau erreicht. Das heißt, die elektrische Servolenkvorrichtung weist einen Drehmomentfilter zum Verarbeiten eines Drehmomentsignals, eine SAT-Schätzfunktion und einen SAT-Filter zur Signalverarbeitung der SAT-Information aus der SAT-Schätzfunktion auf, wobei die elektrische Servolenkvorrichtung auch ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden aufweist, das geeignet ist, Lenkfrequenzeigenschaften des Lenkgefühls und der Sensitivität für Straßeninformationen unabhängig voneinander einzustellen.

[0010] Weiterhin wird das obige Ziel der Erfindung effektiver durch den folgenden Aufbau erreicht. Das heißt, die Verstärkung des Lenkgefühls wird so festgelegt, dass die Verstärkung bis zu einer größtmöglichen Frequenz auf einem konstanten Wert bleibt, oder die Sensitivität für Straßeninformation kann Informationen in einem unnötigen Frequenzbereich eliminieren oder das unnötige Frequenzband wird auf einen Bereich von 10 Hz bis 30 Hz festgelegt.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0011] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Aufbaubeispiel eines Ausführungsbeispiels der vorliegenden Erfindung zeigt, [Fig. 2](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Aufbaubeispiel der Steuereinheit zeigt, [Fig. 3](#) ist ein schematisches Diagramm von [Fig. 2](#), [Fig. 4](#) ist ein Diagramm, das benutzt wird, um das Schätzen von SAT zu erläutern, [Fig. 5](#) ist ein Diagramm, das die Ziel-Übertragungseigenschaften des Lenkgefühls zeigt, [Fig. 6](#) ist ein Diagramm, das die Ziel-Übertragungseigenschaften der "Sensitivität für Straßeninformationen zeigt, [Fig. 7](#) ist ein Diagramm, das ein Aufbaubeispiel einer allgemeinen Servolenkvorrichtung zeigt und [Fig. 8](#) ist ein Blockdiagramm, das ein Aufbaubeispiel einer Steuereinheit zeigt.

AUSFÜHRUNGSBEISPIEL DER ERFINDUNG

[0012] Eine elektrische Servolenkvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung steuert einen Motor basierend auf einem Stromsollwert, der aus einem Lenkhilfssollwert berechnet wird, der auf der Basis eines Lenkdrehmoments, das in einer Lenksäule erzeugt wird, und aus einem Stromdetektionswert des Motors, der eine Lenkhilfskraft an einen Lenkmechanismus abgibt, berechnet wird. Die elektrische Servolenkvorrichtung weist einen Drehmomentfilter, um ein Drehmomentsignal von dem Drehmomentsensor zu verarbeiten, eine SAT-Schätzfunktion, die ein Selbstausrichtungs-drehmoment (SAT) basierend auf einem Drehmomentsignal,

einer Motordrehzahl und Ähnlichem berechnet, und einen SAT-Filter auf, um ein Signal aus SAT-Informationen, das von der SAT-Schätzfunktion geschätzt worden ist, zu verarbeiten. Die elektrische Servolenkvorrichtung hat ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden, das geeignet ist, Lenkgefühl (Übertragungseigenschaften des Lenkwinkels eines Lenkrads auf das Lenkdrehmoment) und Sensitivität für Straßeninformationen (Übertragungseigenschaften von der Straßenoberflächenreaktion auf das Lenkdrehmoment) unabhängig voneinander einzustellen. Somit hat die Erfindung den Vorzug, dass einfach ein Steuersystem entworfen werden kann, das in der Lage ist, gleichzeitig die idealen Eigenschaften des Lenkgefühls und der Sensitivität für Straßeninformationen zu erfüllen.

[0013] Die Sensitivität für Straßeninformationen kann durch Ändern der Federungseigenschaften eines Autos angepasst werden.

[0014] Ein Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung wird ausführlich unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Die Erfindung kann unabhängig vom Typ der elektrischen Steuerung (Säulentyp, Zahnradtyp, Zahnstangentyp und Ähnlichem) und unabhängig von der Art des Motors (mit Bürsten oder ohne Bürsten) in allen elektrischen Servolenkvorrichtungen angewandt werden.

[0015] Die vorliegende Erfindung stellt ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden zur Verfügung, das geeignet ist, Frequenzeigenschaften des Lenkgefühls und der Sensitivität für Straßeninformationen unabhängig voneinander anzupassen und einzustellen, und das Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden weist den Drehmomentfilter in Bezug auf das Drehmomentsignal, die SAT-Schätzfunktion zum Schätzen und Ausgeben des SAT und den SAT-Filter auf, der geeignet ist, den geschätzten SAT-Wert, der von der SAT-Schätzfunktion in einem Frequenzbereich geschätzt worden ist, signalzuverarbeiten. Als ein Ergebnis ist es möglich, einfach ein Steuersystem zu entwerfen, das geeignet ist, gleichzeitig ideale Eigenschaften des Lenkgefühls und der Sensitivität für Straßeninformationen zu erfüllen.

[0016] [Fig. 1](#) ist ein Blockdiagramm des gesamten Aufbaus der erfindungsgemäßen elektrischen Servolenkvorrichtung. Ein Lenkdrehmoment T_h vom Lenkrad wird über einen Subtrahierer **50** an ein Laufrad (Übertragungsfunktion: $1/J_n s^2$) **51** übertragen und wird durch einen weiteren Subtrahierer **52** in eine Steuerung $C(s)$ eingegeben. Ein Block **53** in der Steuerung $C(s)$ repräsentiert die Steifigkeit (Übertragungsfunktion: K) eines Torsionsstabs. Der Ausgangswert der Steuerung $C(s)$ wird durch einen Subtrahierer **64** in ein Lenkmodell (Übertragungsfunktion: $P(s)$) **60** eingegeben, der Ausgangswert θ_g des Lenkmodells **60** wird an den Subtrahierer **52** zurückgeführt und durch ein Gesamtlenkgetriebeverhältnis (Übertragungsfunktion: α) **61** ausgegeben, und wird durch ein Fahrzeugmodell (Übertragungsfunktion: $C(sI-A)^{-1}B + D$) **62** und einen Rückkopplungsblock (Übertragungsfunktion: $1/\alpha$) **63** als SAT-Information in den Subtrahierer **64** eingegeben. Die Übertragungsfunktionen des Lenkmodells **60** und des Fahrzeugmodells **62** sind bekannt.

[0017] Die Steuerung $C(s)$ weist eine Steuereinheit **100**, ein Geschwindigkeitsreduktionsgetriebeverhältnis (Übertragungsfunktion: r_{g1}/r_{g2}) **55**, einen Torsionsstab (Übertragungsfunktion: K) **53** und einen Addierer **54** auf. Die Steuerung $C(s)$ treibt einen Lenkhilfsmotor **200** an und steuert diesen. Ein Motorstrom im des Motors **200** wird in die Steuereinheit **100** eingegeben und wird durch eine Drehmomentkonstante (Übertragungsfunktion: K_t) **201** des Motors und das Geschwindigkeitsreduktionsgetriebeverhältnis **55** in einen Addierer **54** eingegeben. [Fig. 2](#) ist ein ausführliches Blockdiagramm der Steuereinheit **100**. Die Steuereinheit **100** weist eine Drehmomentsteuerung **110** und ein Motorantriebssystem **140** auf und treibt durch eine Motorantriebseinheit **202** den Motor **200** an und steuert diesen.

[0018] Ein Drehmomentsignal T_r wird in eine Hilfsgrößenberechnungseinheit **111**, eine Differenzierungssteuerung **112**, eine Gierratenkonvergenzsteuerung **122** und eine SAT-Schätzfunktion **120** eingegeben. Ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V_{e1} wird in die Hilfsgrößenberechnungseinheit **111** und die Gierratenkonvergenzsteuerung **122** eingegeben. Der Ausgangswert der Größenberechnungseinheit **111** wird an die Differenzierungssteuerung **112** ausgegeben und wird in den Addierer **113** eingegeben, ein Ergebnis der Addition wird in den Drehmomentfilter **114** eingegeben und wird signalverarbeitet und der signalverarbeitete Ausgangswert des Filters wird in die SAT-Schätzfunktion **120** und durch einen Addierer **115** in einen robusten Stabilisierungskompensator **116** eingegeben. Der Ausgangswert der Gierratenkonvergenzsteuerung **122** wird in den Addierer **115** eingegeben. Die SAT-Information aus der SAT-Schätzfunktion **120** wird in einem SAT-Filter **121** signalverarbeitet und wird zusammen mit dem Ausgangswert des robusten Stabilisierungskompensators **116** in den Subtrahierer **117** eingegeben und wird Subtraktionsverarbeitung unterworfen.

[0019] Der Ausgangswert des robusten Stabilisierungskompensators **116** wird durch den Subtrahierer **117** in einen Addierer **141** im Motorantriebssystem **140** eingegeben und sein Additionsergebnis wird durch einen

Kompensator **142** in den Addierer **143** eingegeben, dessen Additionsergebnis wird in die Motorantriebseinheit **202** und in einen Störungsschätzer **144** eingegeben. Der Motor **200** wird durch den Ausgangswert (Ausgangsspannung) V_m der Motorantriebseinheit **202** angetrieben, der Ausgangswert V_m und der Motorausgangsstrom i_m werden in einen Motordrehzahlsschätzer **145** eingegeben und der Motorausgangsstrom i_m wird auch in einen Störungsschätzer **144** eingegeben. Eine von dem Motordrehzahlsschätzer **145** geschätzte Motordrehzahl ω wird in den Motordrehbeschleunigungsschätzer **146**, die Gierratenkonvergenzsteuerung **122** und die SAT-Schätzfunktion **120** eingegeben. Eine Motordrehbeschleunigung $\dot{\omega}$ aus dem Motordrehbeschleunigungsschätzer **146** wird in einen Motorträgheitskompensator **147** und in die SAT-Schätzfunktion **120** eingegeben.

[0020] In solch einem Aufbau berechnet die Hilfsgrößenberechnungseinheit **111** die Hilfsgröße in Übereinstimmung mit einer vorgegebenen Berechnungsgleichung basierend auf dem Drehmomentsignal T_r und dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V_{e1} , die Differenzierungssteuerung **112** verstärkt die Steuerantwort in der Nähe der neutralen Position des Lenkvorgangs und realisiert einen weichen Lenkbetrieb. Der robuste Stabilisierungskompensator **116** ist ein Kompensator, wie er z. B. in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. H8-290778 offenbart ist. Der robuste Stabilisierungskompensator **116** hat eine charakteristische Gleichung $G(s) = (s^2 + a_1 \cdot s + a_2)/(s^2 + b_1 \cdot s + b_2)$, wobei s der Laplace-Operator ist. Der robuste Stabilisierungskompensator **116** eliminiert einen in dem Drehmomentsignal T_r enthaltenen Spitzenwert der Resonanzfrequenz eines Resonanzsystems, das ein Trägheitselement und ein Federelement aufweist, und kompensiert eine Phasenabweichung der Resonanzfrequenz, welche die Stabilität und Reaktion des Steuersystems behindert. Die Gierratenkonvergenzsteuerung **122** legt bei einer zitternden Bewegung des Lenkrads die Bremsen an, um die Konvergenz des Gierens eines Fahrzeugs zu verbessern. Der Motorträgheitskompensator **147** vervielfacht die Motordrehbeschleunigung $\dot{\omega}$ durch Verstärkung (mehrere Schritte), um einen Motorträgheitskompensationswert zu erhalten. Der Störungsschätzer **144** ist eine Vorrichtung, wie sie z. B. in der offengelegten japanischen Patentanmeldung Nr. H8-310417 offenbart ist. Der Störungsschätzer **144** kann eine gewünschte Motorsteuerungseigenschaft in einem Ausgangsbezugswert des Steuersystems basierend auf dem Motorausgangsstrom i_m und einem Signal, das durch Addieren des Ausgangswerts des Störungsschätzers **144** zu einem Stromsollwert, der von dem Kompensator **142** kompensiert worden ist und der ein Steuerziel des Motorausgangswerts ist, aufrecht erhalten. Der Störungsschätzer **144** verhindert, dass die Stabilität des Steuersystems verloren geht. Die Drehzahl wird in dem Motordrehzahlsschätzer **145** geschätzt, wobei ein bekanntes Verfahren, das auf der Motoranschlussspannung V_m und dem Motorausgangsstrom i_m basiert, benutzt wird.

[0021] Nun wird die SAT-Schätzfunktion **120** erklärt. Die japanische Patentanmeldung Nr. 2001-171844, die vom Anmelder dieser Anmeldung eingereicht worden ist, offenbart die Funktion. Diese Funktion kann auf die SAT-Schätzfunktion **120** angewandt werden. Die Zusammenfassung dieser Anmeldung wird erklärt.

[0022] **Fig. 4** zeigt ein von einer Straßenoberfläche auf die Steuerung ausgeübtes Drehmoment. Wenn ein Fahrer das Lenkrad dreht, wird ein Lenkdrehmoment T_h erzeugt, und der Motor erzeugt ein Hilfsdrehmoment T_m in Übereinstimmung mit dem Lenkdrehmoment T_h . Als ein Ergebnis werden die Laufräder gelenkt und als Reaktionskraft wird SAT erzeugt. Zu diesem Zeitpunkt erzeugen die Trägheit J des Motors und Reibung (statische Reibung) F_r Widerstand gegen den Lenkvorgang. Wenn diese Kräfte im Gleichgewicht sind, wird die folgende kinetische Gleichung (1) erhalten:

$$J \cdot \dot{\omega} + F_r \cdot \text{Vorzeichen}(\omega) + \text{SAT} = T_m + T_h \quad (1)$$

[0023] Hierbei ist die Gleichung (1) Laplace-konvergiert, wobei Null als Anfangswert benutzt wird, und wenn sie nach SAT aufgelöst wird, wird die folgende Gleichung (2) erhalten:

$$\text{SAT}(s) = T_m(s) + T_h(s) - J \cdot \dot{\omega}(s) + F_r \cdot \text{Vorzeichen}(\omega(s)) \quad (2)$$

[0024] Wie sich aus Gleichung (2) ergibt, kann SAT aus der Motordrehzahl ω , der Motordrehbeschleunigung $\dot{\omega}$, der Lenkhilfskraft und dem Lenksignal geschätzt werden, wenn das Trägheitsmoment J des Motors und die statische Reibung F_r zuvor als Konstanten erhalten worden sind. Aus diesem Grund werden die Ausgangswerte des Drehmomentsignals T_r , die Motordrehzahl ω , die Motordrehbeschleunigung $\dot{\omega}$ und der Drehmomentfilter **114** der Hilfswertberechnungseinheit **111** in die SAT-Schätzfunktion eingegeben.

[0025] Wenn die SAT-Information, die von der SAT-Schätzfunktion **120** geschätzt worden ist, so wie sie ist, zurückgeführt wird, wird die Lenkkraft übermäßig groß, und das Lenkgefühl kann nicht verbessert werden. Daher wird die geschätzte SAT-Information unter Benutzung des SAT-Filters **121** signalverarbeitet und nur Information, die zur Verbesserung des Lenkgefühls notwendig ist, wird ausgegeben.

[0026] Als Nächstes wird der Aufbau des Steuersystems mit zwei Freiheitsgraden erklärt. Die Steuereinheit **100**, die im Blockdiagramm von [Fig. 1](#) gezeigt ist, hat einen Aufbau, wie er in [Fig. 2](#) gezeigt ist. Die Steuereinheit **100** weist den Drehmomentfilter **114** zur Verarbeitung des Drehmomentsignals T_r , die SAT-Schätzfunktion **120** zum Schätzen des SAT und den SAT-Filter **121** zum Signalverarbeiten der SAT-Information von der SAT-Schätzfunktion **120** auf. Im Blockdiagramm von [Fig. 1](#) sind die Steifigkeit K des Torsionsstabs **53** und die Steuerung der elektrischen Servolenkung zu einer neuen Steuerung $C(s)$ kombiniert und das Steuersystem ist als $P(s)$ definiert und ein allgemeines Steuersystem ist so, wie es in [Fig. 3](#) gezeigt ist. In [Fig. 3](#) wird eine Beziehung gemäß der folgenden Gleichung (3) erhalten, wenn die Betriebsgröße u , die von der Steuerung $C(s)$ ausgegeben wird, ausgedrückt wird:

$$u = T_s + T_m - Q \cdot \hat{S}AT \quad (3)$$

[0027] In der Gleichung (3) repräsentiert T_s das Lenkdrehmoment (Detektionswert), T_m repräsentiert das Hilfsdrehmoment, Q repräsentiert den SAT-Filter **121**, der geeignet ist, den SAT-Schätzwert im Frequenzbereich zu verarbeiten und $\hat{S}AT$ repräsentiert einen geschätzten Wert, der von der SAT-Schätzfunktion geschätzt worden ist. Hierbei wird die folgende Übertragungsfunktionsgleichung erhalten, wenn eine Steuerung ohne die SAT-Schätzfunktion **120** und den SAT-Filter als $C'(s)$ definiert ist, und das geschätzte SAT und das wirkliche SAT gleich sind ($\hat{S}AT = S\hat{A}T$). In der Steuerung $C'(s)$ ist in Bezug auf das Drehmomentsignal T_r auch ein Drehmomentfilter **114** enthalten.

$$\theta_g = \frac{PC}{1+PC'} \theta_h - \frac{(1+Q)P}{1+PC'} T_{sat} \quad \dots \quad (4)$$

[0028] Das Lenkgefühl (Übertragungseigenschaften von dem Lenkwinkel θ_h des Lenkrads auf das Lenkdrehmoment T_s) G_{sf} und die Sensitivität für Straßeninformationen (Übertragungseigenschaften von der Straßenreaktionskraft SAT auf das Steuerdrehmoment T_s) G_{ds} werden als Auswertefunktion in der Steuervorrichtung in der elektrischen Servolenkvorrichtung ausgedrückt. Daher wird die folgende Gleichung (5) erhalten, wenn $T_s = K(\theta_h - \theta_g)$, was bezeichnend für die Detektionseigenschaften des Drehmoments ist, in die Gleichung (3) eingesetzt wird:

$$T_s = \frac{K}{1+PC'} \theta_h - \frac{K(1+Q)P}{1+PC'} T_{sat} \quad \dots \quad (5)$$

[0029] Hierbei können die Sensitivität für Straßeninformationen G_{ds} und das Lenkgefühl G_{sf} durch die folgenden Gleichungen (6) und (7) ausgedrückt werden:

$$G_{ds} = \{K(1+Q)P\}/(1+PC') \quad (6)$$

$$G_{ds} = K/(1+PC') \quad (7)$$

[0030] Aus den Gleichungen (6) und (7) kann erkannt werden, dass eine Beziehung gemäß der folgenden Gleichung (8) zwischen der Sensitivität für Straßeninformation G_{ds} und dem Lenkgefühl G_{sf} besteht:

$$G_{ds} = G_{sf} \cdot P(1+Q) \quad (8)$$

[0031] Hierbei repräsentiert K die Steifigkeit des Torsionsstabs und P repräsentiert ein zu steuerndes Subjekt. Daher ist das Steuersystem so eingestellt, dass die Steuerung C' und der SAT-Filter Q so angepasst sind, dass die Sensitivität für Straßeninformationen G_{ds} und das Lenkgefühl G_{sf} bevorzugte Eigenschaften haben. Um das Steuersystem auszulegen, wird die Steuerung C' zunächst so angepasst, dass das Lenkgefühl G_{sf} bevorzugte Eigenschaften hat, und dann wird der SAT-Filter Q so angepasst, dass die Sensitivität für Straßeninformationen G_{ds} die bevorzugten Eigenschaften hat. Wenn jedoch das System nicht die SAT-Schätzfunktion **120** und den SAT-Filter **121** hat ($Q = 0$), da das Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden nicht eingerichtet werden kann, ist es notwendig, die Sensitivität für Straßeninformation G_{ds} und das Lenkgefühl G_{sf} mit der bevorzugten Übertragungsfunktion nur durch Einstellen der Steuerung C' bereitzustellen. Aus diesem Grund ist es schwierig, ein Steuersystem zu entwerfen, das gleichzeitig die Sensitivität für Straßeninformationen G_{ds} und das Lenkgefühl G_{sf} erfüllt.

[0032] Daher wird, wie in der vorliegenden Erfindung, die Steuerung C'(s) mit dem Drehmomentfilter **114** in Bezug auf das Drehmomentsignal Tr zunächst so abgestimmt, dass die Übertragungseigenschaften des Lenkgefühls G_{sf} die bevorzugten Eigenschaften haben, und dann wird der SAT-Filter **121** (Q) so abgestimmt, dass die Übertragungseigenschaften der Sensitivität für Straßeninformationen G_{ds} die bevorzugten Eigenschaften haben. Dadurch wird es einfach, ein Steuersystem auszulegen, welches die beiden Bewertungsfunktionen gleichzeitig erfüllt. D. h. das Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden kann eingerichtet werden.

[0033] [Fig. 5](#) zeigt die Ziel-Übertragungseigenschaften des Lenkgefühls. Hierbei erhöht oder reduziert eine Verstärkung K_{sf} die Belastung des Lenkvorgangs. Wenn die Verstärkung K_{sf} größer ist, ist der Lenkvorgang schwerer, und wenn die Verstärkung K_{sf} kleiner ist, ist der Lenkvorgang leichter. Die Eigenschaften werden durch die Vorlieben eines Fahrers bestimmt. Im Hinblick auf die Fähigkeit, dem Lenken zu folgen, ist es vorteilhaft, es so einzurichten, dass die Verstärkung bis zu einer höchstmöglichen Frequenz konstant ist (f_{st1} ist oberhalb 5 Hz und f_{st2} hängt von den Eigenschaften des Fahrzeugs und des Motors ab).

[0034] [Fig. 6](#) zeigt die Ziel-Übertragungseigenschaften von Straßensensitivitätsinformationen. Die Straßeninformation ist eine wichtige Information für einen Fahrer. Da jedoch der Fahrer/die Fahrerin aufgrund seiner bzw. ihrer Erfahrung weiß, dass zwischen 10 Hz und 30 Hz unnötige Straßeninformationen existieren, sind bevorzugte Eigenschaften solche Frequenzeigenschaften, die Straßeninformation in diesem Frequenzbereich nicht an den Lenkvorgang übertragen. Daher ist das Steuersystem so ausgelegt, dass die untere Grenzfrequenz f_{da1} ungefähr 10 Hz und die obere Grenzfrequenz f_{da2} ungefähr 30 Hz ist.

[0035] Die Rolle des Drehmomentfilters **114** und des SAT-Filters **121** sind als Einstellparameter zu begreifen, um das Steuersystem einzustellen, und es ist zu begreifen, dass die für den Drehmomentfilter **114** und den SAT-Filter **121** erforderlichen Eigenschaften in Abhängigkeit von den Eigenschaften des Fahrzeugs und anderen Eigenschaften der Steuerung variiert werden. Daher sind die in [Fig. 5](#) gezeigten Eigenschaften der Fähigkeit, dem Ziel zu folgen, und die Eigenschaften, die erforderlich sind, um die in [Fig. 6](#) gezeigten Eigenschaften der Straßenoberflächensensitivität zu verwirklichen, die erforderlichen Eigenschaften für den Drehmomentfilter **114** und den SAT-Filter **121**. Das heißt, der Drehmomentfilter **114** wird in Bezug auf das Drehmomentsignal Tr benutzt, um die Eigenschaften der Fähigkeit zu folgen der elektrischen Servolenkung zu verbessern, und wenn die Eigenschaften des Drehmomentfilters **114** in Bezug auf das Drehmomentsignal Tr , die in C' in der Gleichung (5) enthalten sind, angepasst werden, werden die Eigenschaften der Fähigkeit zu folgen, die in [Fig. 5](#) gezeigt sind, verwirklicht. Der SAT-Filter **121** wird benutzt, um die Eigenschaften der Sensitivität für Straßeninformationen anzupassen, und die Eigenschaften der Sensitivität für die Straßenoberfläche werden verwirklicht, wenn die Eigenschaften des SAT-Filters **121** eingestellt werden.

INDUSTRIELLE ANWENDBARKEIT

[0036] Gemäß der vorliegenden Erfindung umfasst das Steuersystem mit zwei Freiheitsgraden einen Drehmomentfilter zum Verarbeiten eines Drehmomentsignals, eine SAT-Schätzfunktion und einen SAT-Filter, der geeignet ist, die geschätzten SAT-Informationen in einem Frequenzbereich zu verarbeiten. Daher können das Lenkgefühl und die Sensitivität für Straßeninformation unabhängig voneinander ausgelegt werden. Als ein Ergebnis ist es möglich, einfach ein Steuersystem zu entwerfen, das in der Lage ist, gleichzeitig die ideale Sensitivität für Straßeninformationen und ein ideales Lenkgefühl zu befriedigen.

Patentansprüche

1. Elektrische Servolenkvorrichtung zum Steuern eines Motors basierend auf einem Strom-Sollwert, der aus einem Lenkhilfssollwert, der basierend auf einem Lenkmoment berechnet wird, das in einer Lenksäule erzeugt wird, und aus einem Strom-Erkennungswert des Motors, der eine Lenkhilfskraft an den Lenkmechanismus abgibt, berechnet wird, **dadurch gekennzeichnet**, dass sie aufweist:
 einen Momentfilter (**114**) zum Verarbeiten eines Momentsignals;
 eine SAT-Schätzfunktion (**120**), die ein Selbstausrichtungs-Moment schätzt; und
 einen SAT-Filter (**121**), um SAT-Information von der SAT-Schätzfunktion einer Signalverarbeitung zu unterziehen,
 wobei
 die elektrische Servolenkvorrichtung auch ein Steuersystem mit zwei Freiheitsgeraden aufweist, die unabhängig Frequenzeigenschaften eines Lenkgefühls, das eine Übertragungseigenschaft eines Lenkwinkels eines Lenkrades auf das Lenkmoment ist, und einer Sensitivität für Straßeninformationen, die eine Übertragungseigenschaft eines Straßenreaktionskraft-SAT auf das Moment ist, einstellt.

2. Elektrische Servolenkvorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Sensitivität für Straßeninformationen solch eine Frequenzeigenschaft ist, dass Straßeninformationen in einem unnötigen Frequenzband nicht an den Lenkvorgang übertragen werden.
3. Elektrische Servolenkvorrichtung nach Anspruch 2, wobei das unnötige Frequenzband ein Bereich von 10 Hz bis 30 Hz ist.
4. Automobil, das mit der elektrischen Servolenkvorrichtung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 3 ausgestattet ist.

Es folgen 6 Blatt Zeichnungen

FIG. 1

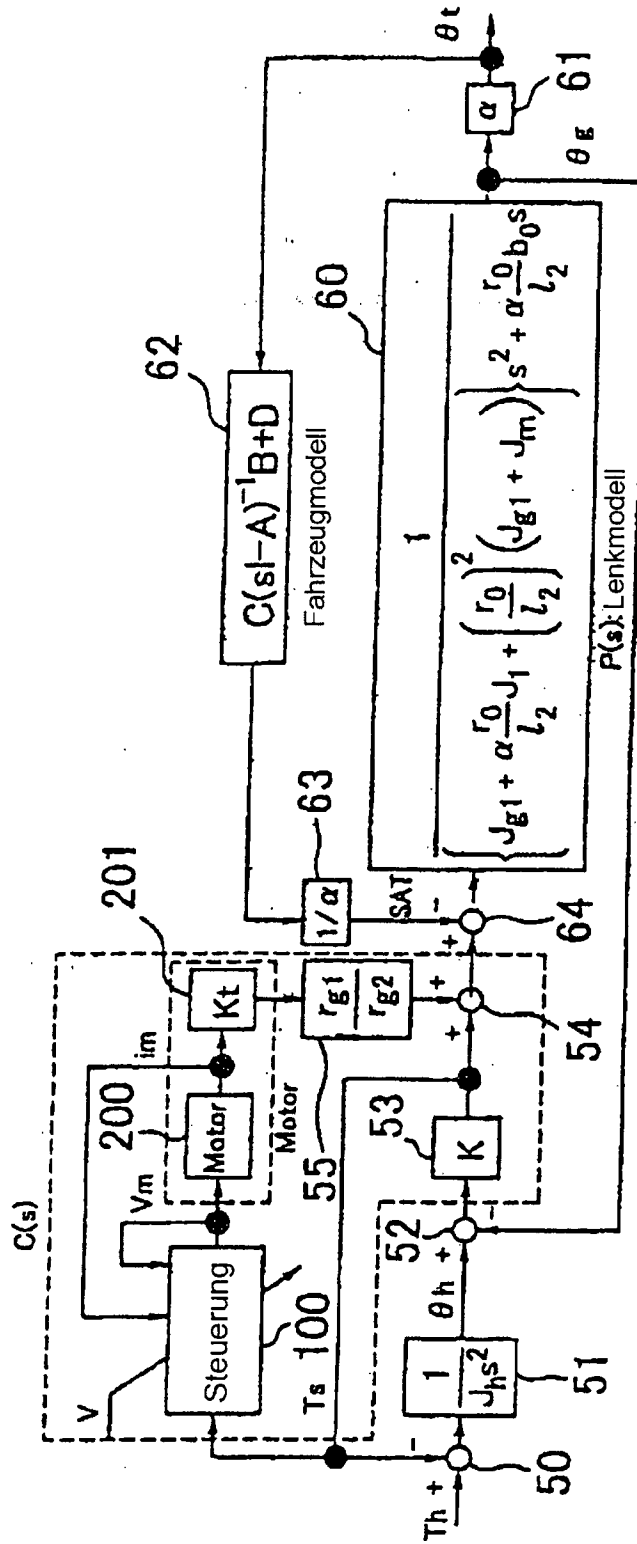


FIG.2

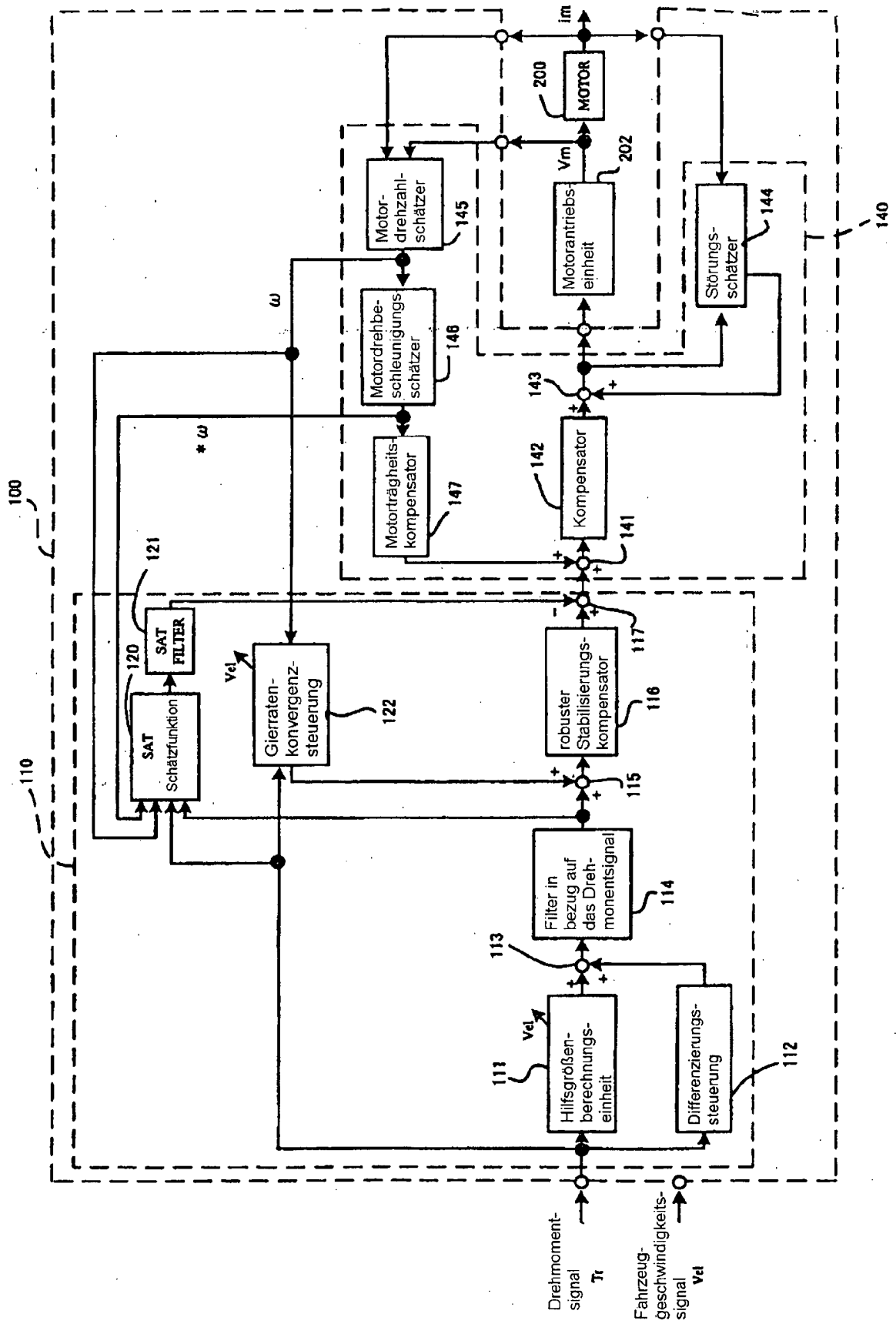


FIG. 3

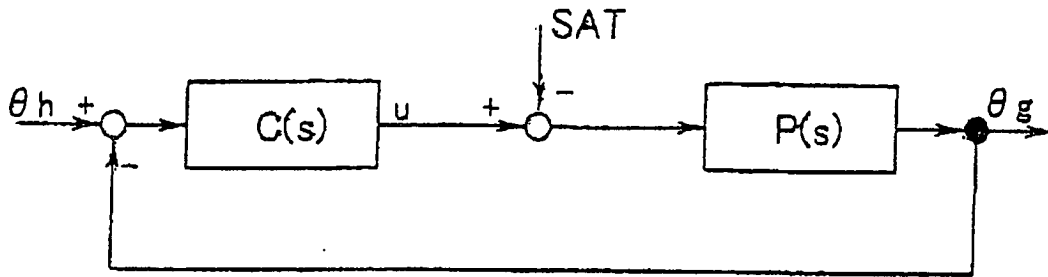


FIG. 4

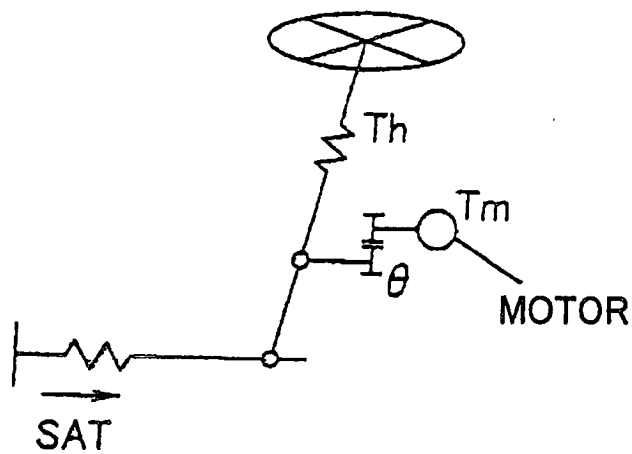


FIG. 5

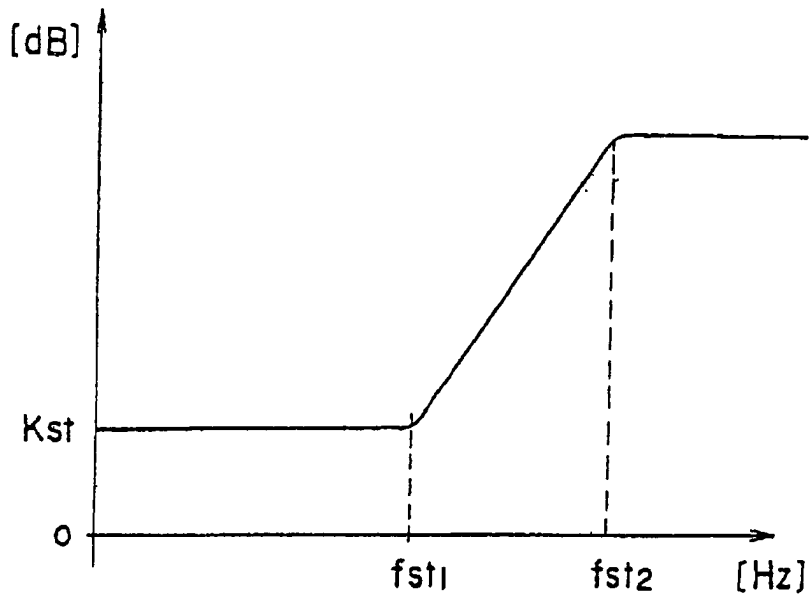


FIG. 6

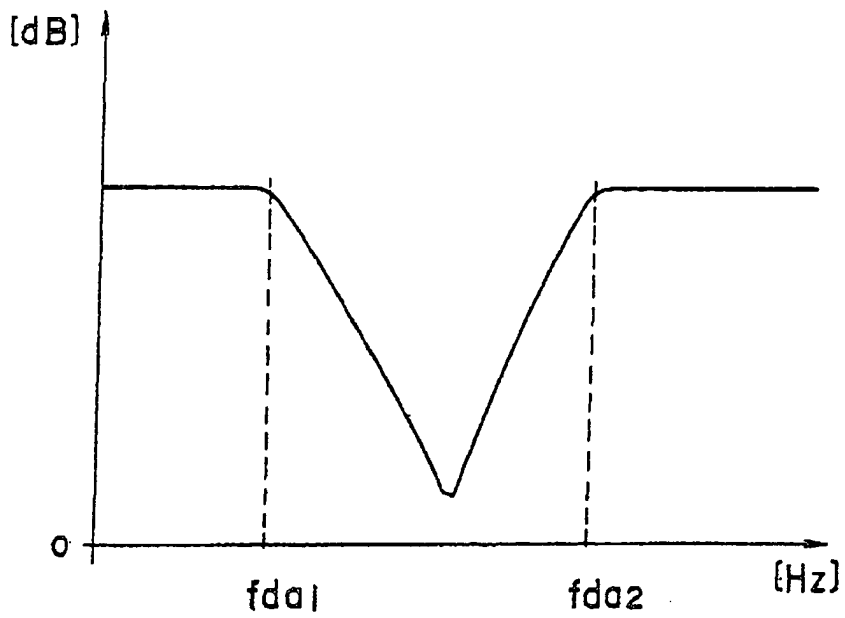


FIG. 7

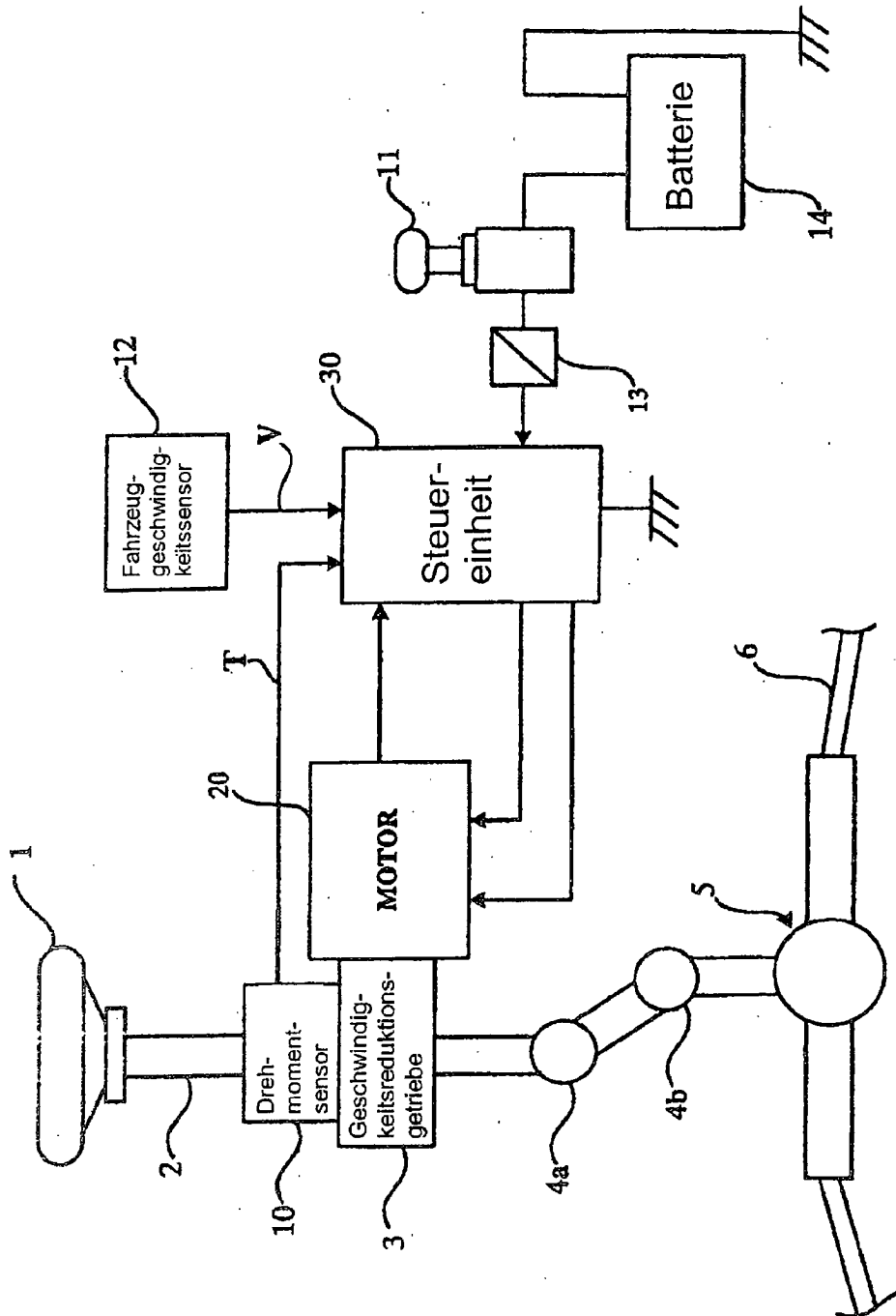


FIG. 8

