



(12)

Veröffentlichung

der internationalen Anmeldung mit der
(87) Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2021/029329**
in der deutschen Übersetzung (Art. III § 8 Abs. 2
IntPatÜbkG)
(21) Deutsches Aktenzeichen: **11 2020 003 778.9**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/JP2020/030252**
(86) PCT-Anmeldetag: **06.08.2020**
(87) PCT-Veröffentlichungstag: **18.02.2021**
(43) Veröffentlichungstag der PCT Anmeldung
in deutscher Übersetzung: **30.06.2022**

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

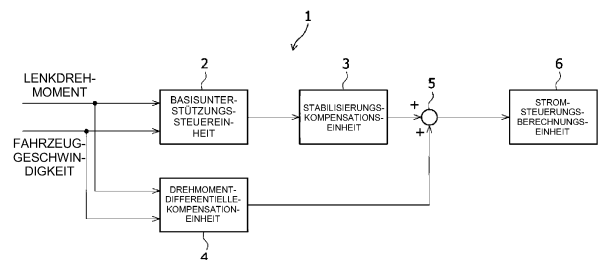
| | |
|---|--|
| (30) Unionspriorität: 2019-147465 09.08.2019 JP | (74) Vertreter: Viering, Jentschura & Partner mbB Patent- und Rechtsanwälte, 01099 Dresden, DE |
| (71) Anmelder: NIDEC CORPORATION, Kyoto, JP; NIDEC ELESYS CORPORATION, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP | (72) Erfinder: Endo, Shuji, Kyoto, JP; Ishimura, Hiroyuki, Kawasaki-shi, Kanagawa, JP |

Prüfungsantrag gemäß § 44 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **STEUERVORRICHTUNG, ANTRIEBSVORRICHTUNG, ELEKTRISCHE
SERVOLENKUNGSVORRICHTUNG UND STEUERUNGSVERFAHREN**

(57) Zusammenfassung: Die Steuervorrichtung erlangt ein Unterstützungsdrehmoment einer elektrischen Servolenkuvorrichtung auf der Grundlage eines Lenkdrehmoments, kompensiert das Unterstützungsdrehmoment, variiert den Betrag der Änderung des Kompensationsbetrags auf der Grundlage des Lenkdrehmoments und erhöht den Kompensationsbetrag zum Aufheben einer Störung des Unterstützungsdrehmoments, wenn die Frequenz der Störung, die das Lenksystem beeinflusst, höher ist.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung, die den Antrieb einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung steuert, eine von der Steuervorrichtung gesteuerte Antriebsvorrichtung, eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung, die die Antriebsvorrichtung aufweist, und ein Steuerungsverfahren.

HINTERGRUNDTECHNIK

[0002] In den letzten Jahren wurde in einer Steuervorrichtung einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung (EPS) die Vibration eines Lenkers (alternativ des Lenkrads) reduziert, indem ein Einfluss von Störungen, die das Lenken behindern, verringert und ein komfortables Fahren für den Fahrer ermöglicht wurde. EPS steht für Electric Power Steering. Als Störfaktoren, die eine solche Lenkung behindern, sind unregelmäßiges Fahren auf der Straße, Shimmy-Vibrationen, Rückschlagvibrationen und ähnliches bekannt.

[0003] Hier ist die Rückschlagvibration ein Phänomen, bei dem die Vibration der Fahrzeugkarosserie und der Stoß aufgrund der Unebenheiten der Fahrbahn eine Resonanz verursachen und das Lenkrad und der Reifen eine Vibration verursachen. Die Rückschlagvibrationen können die Fahrtrichtung des Fahrzeugs in eine ungewollte Richtung ändern, weil das Lenkrad mitgenommen wird, was die Fahrt erschwert. Darüber hinaus ist die Shimmy-Vibration ein Phänomen, bei dem die durch die Unwucht des Reifens erzeugte Vibration auf das Lenkrad übertragen wird und das Lenkrad vibriert. Die Shimmy-Vibration kann bei etwa 100 km/h, wenn die Resonanzfrequenz der Aufhängung und die Rotationsfrequenz des Reifens zusammenfallen, zu einer starken Vibration werden und das komfortable Lenken behindern.

[0004] Während der Fahrt ist es notwendig, dem Fahrer mitzuteilen, dass der Reifen und die Straßenoberfläche normalerweise Bodenkontakt miteinander haben. Während der Fahrt auf dem unebenen Teil der Fahrbahn wird der Bodenkontakt jedoch übermäßig übertragen, was für den Fahrer ein unangenehmes Fahrgefühl bedeutet. Während der Fahrt auf dem unebenen Teil der Fahrbahn treten außerdem die oben beschriebenen Shimmy-Vibrationen und Rückschlag-Vibrationen aufgrund der Vibrationen der Fahrzeugkarosserie und der durch die Unebenheiten der Fahrbahn verursachten Stöße auf, und im Extremfall kann die Fortsetzung der Fahrt des Fahrzeugs schwierig sein. Um eine solche Situation zu vermeiden, wurde nach einer Technik gesucht, die in der Lage ist, die Vibrationen während der Fahrt auf einem unebenen Abschnitt einer Stra-

ßenoberfläche zu reduzieren und dem Fahrer ein komfortables Fahren zu ermöglichen.

[0005] In einer solchen Situation wird bei der Auslegung der Störempfindlichkeit unter Verwendung eines Störungsbeobachters üblicherweise eine auf das Lenksystem übertragene Störkraft unter Verwendung eines mathematischen Modells geschätzt, das auf dem für die Servounterstützung erforderlichen Drehmoment und dem Verhalten des Lenksystems basiert. Dann wird die Störung aufgehoben und reduziert, indem die geschätzte Störkraft zum Leistungsunterstützungsdrehmoment addiert wird (z. B.

[0006] Patentliteratur 1).

LITERATURSTELLENLISTE

PATENTLITERATUR

[0007] Patentliteratur 1: Japanisches Patent Nr. 6055525

ÜBERBLICK ÜBER DIE ERFINDUNG

TECHNISCHE AUFGABEN

[0008] Bei der Auslegung der Störempfindlichkeit unter Verwendung des herkömmlichen mathematischen Modells kann das Lenkgefühl jedoch zu einem künstlichen Gefühl neigen und einen Modellierungsfehler enthalten. Daher kann der Einfluss des Modellierungsfehlers auch an der Unnatürlichkeit des Lenkgefühls beteiligt sein.

[0009] Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, eine Steuervorrichtung, eine Antriebsvorrichtung, eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung und ein Steuerungsverfahren bereitzustellen, die in der Lage sind, die Unnatürlichkeit eines Lenkgefühls zu unterdrücken und den Einfluss einer Störung auf das Lenkgefühl zu reduzieren.

LÖSUNGEN DER AUFGABEN

[0010] Eine Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist eine Steuervorrichtung, die eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung steuert, wobei die Steuervorrichtung aufweist: eine Unterstützungssteuereinheit, die ein Unterstützungsdrehmoment der elektrischen Servolenkungs Vorrichtung auf der Grundlage eines Lenkdrehmoments erlangt, und eine Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit, die das Unterstützungsdrehmoment kompensiert. Die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit ist derart konfiguriert, dass sie einen Änderungsbetrag in einem Kompensationsbetrag auf der Grundlage des Lenkdrehmoments variabel macht und den Kompensationsbetrag zum Ausgleichen einer Störung in Bezug auf das Unterstützungsdreh-

moment erhöht, wenn eine Frequenz der Störung, die das Lenksystem beeinflusst, höher ist.

[0011] Eine Antriebsvorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Steuervorrichtung und einen von der Steuervorrichtung angetriebenen Elektromotor auf.

[0012] Eine elektrische Servolenkungs Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung weist die Steuervorrichtung, einen von der Steuervorrichtung angetriebenen Elektromotor und einen von dem Elektromotor angetriebenen elektrischen Servolenkungsmechanismus.

[0013] Ein Steuerungsverfahren gemäß der vorliegenden Erfindung ist ein Steuerungsverfahren zum Steuern einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung, wobei das Steuerungsverfahren aufweist: Erlangen eines Unterstützungsdrehmoments der elektrischen Servolenkungs Vorrichtung auf der Grundlage eines Lenkdrehmoments, Kompensieren des Unterstützungsdrehmoments, und Variieren eines Änderungsbetrags eines Kompensationsbetrags des Unterstützungsdrehmoments auf der Grundlage des Lenkdrehmoments, und Erhöhen des Kompensationsbetrags zum Aufheben einer Störung in Bezug auf das Unterstützungsdrehmoment, wenn eine Frequenz der Störung, die ein Lenksystem beeinflusst, höher ist.

VORTEILHAFTE EFFEKTE DER ERFINDUNG

[0014] Gemäß der vorliegenden Erfindung kann die Unnatürlichkeit eines Lenkgefühls unterdrückt und ein Einfluss von Störungen auf das Lenkgefühl reduziert werden.

Figurenliste

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das die Konfiguration einer Steuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration einer Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit der Steuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 3 ist eine Darstellung, die schematisch eine Konfiguration einer Aufhängung einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

Fig. 4 ist ein Blockdiagramm, das eine Konfiguration eines Leistungsunterstützungs-Steuermechanismus, der eine Steuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist, zeigt.

Fig. 5 ist eine Darstellung zur Erläuterung der Verarbeitung in einer Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit der Steuervorrichtung einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 6 ist eine Darstellung, die schematisch eine Konfiguration einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung gemäß der Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt.

BESCHREIBUNG EINER AUSFÜHRUNGSFORM

[0015] Nachfolgend wird eine Steuervorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die Zeichnungen beschrieben. Anzumerken ist, dass der Umfang der vorliegenden Erfindung nicht auf die nachfolgend beschriebenen Ausführungsformen beschränkt ist, sondern jede Abwandlung davon im Umfang der technischen Idee der vorliegenden Erfindung umfasst. In den folgenden Zeichnungen können zum besseren Verständnis der einzelnen Komponenten der Maßstab, die Anzahl usw. der einzelnen Strukturen von denen der tatsächlichen Strukturen abweichen.

<Konfiguration der Steuervorrichtung>

[0016] Eine Konfiguration einer Steuervorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf **Fig. 1** näher beschrieben.

[0017] Die Steuervorrichtung 1 steuert den Antrieb einer später beschriebenen elektrischen Servolenkungs Vorrichtung. Die Steuervorrichtung 1 weist eine Basisunterstützungssteuereinheit 2, eine Stabilisierungskompensationseinheit 3, eine Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4, einen Addierer 5 und eine Stromsteuerungsberechnungseinheit 6 auf. Die Steuervorrichtung 1 weist eine Konfiguration auf, in der die Basisunterstützungssteuereinheit 2 und die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 parallel geschaltet sind.

[0018] Die Basisunterstützungssteuereinheit 2 erlangt ein Basisunterstützungsdrehmoment auf der Grundlage des eingegebenen Lenkdrehmomentsignals und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals. Genauer gesagt, erlangt die Basisunterstützungssteuereinheit 2 das Basisunterstützungsdrehmoment gemäß dem Lenkdrehmoment und verringert das Basisunterstützungsdrehmoment, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit steigt. Die Basisunterstützungssteuereinheit 2 speichert zuvor beispielsweise eine Tabelle, in der die Fahrzeuggeschwindigkeit, das Lenkdrehmoment und das Basisunterstützungsdrehmoment einander zugeordnet sind, und bezieht sich auf diese Tabelle, um das Basisunterstützungsdrehmoment zu erlangen, das der Fahr-

zeuggeschwindigkeit zugeordnet ist, die durch das eingegebene Fahrzeuggeschwindigkeitssignal und das eingegebene Lenkdrehmoment angezeigt wird. Die Basisunterstützungssteuereinheit 31 gibt das Basisunterstützungsdrehmomentsignal, das mit dem so erlangten Basisunterstützungsdrehmoment korrespondiert, an die Stabilisierungskompensationseinheit 3 aus. Da das Basisunterstützungsdrehmoment ein Drehmoment ist, das zur Unterstützung des Lenkvorgangs in der elektrischen Servolenkungsrichtung erzeugt wird, kann es einfach als Unterstützungsdrehmoment bezeichnet werden.

[0019] Die Stabilisierungskompensationseinheit 3 führt eine Phasenkompensation durch Kombinieren einer Mehrzahl von einer Phasenvorverlegungskompensation und einer Phasenverzögerungskompensation in Bezug auf das Basisunterstützungsdrehmomentsignal durch, welches von der Basisunterstützungssteuereinheit 2 eingegeben wird. Die Stabilisierungskompensationseinheit 3 ändert dynamisch die Frequenzcharakteristik der Phasenkompensation gemäß dem Lenkzustand und der Geschwindigkeit des fahrenden Fahrzeugs. Die Stabilisierungskompensationseinheit 3 führt den Stabilisierungsprozess durch, um das Unterstützungsdrehmoment der elektrischen Servolenkungsrichtung zu erhalten, und gibt das Unterstützungsdrehmomentsignal, das mit dem erhaltenen Unterstützungsdrehmoment korrespondiert, an den Addierer 5 aus.

[0020] Die Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 führt eine Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Verarbeitung durch (die später beschrieben wird), um ein Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Drehmoment zu erlangen, das das Basisunterstützungsdrehmoment auf der Grundlage des eingegebenen Lenkdrehmomentsignals und des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals sowie einer das Lenksystem beeinflussenden Störung kompensiert. Die Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 gibt ein Kompensationssignal, das mit dem erlangten Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Drehmoment korrespondiert, an den Addierer 5 aus. Das Lenksystem weist einen Elektromotor, eine ECU, ein Lenkrad und dergleichen auf. ECU steht für Elektronische Steuereinheit. Insbesondere kompensiert die Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 der vorliegenden Ausführungsform den dynamischen Einfluss der Trägheit des Elektromotors in einem Zustand, in dem die Lenkbetätigungsunterstützung durch die elektrische Servolenkungsrichtung nicht funktioniert (zum Beispiel, wenn das Fahrzeug geradeaus fährt). Einzelheiten der Konfiguration der Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 werden später unter Bezugnahme auf **Fig. 2** beschrieben.

[0021] Der Addierer 5 addiert das Unterstützungsdrehmoment des von der Stabilisierungskompensationseinheit 3 eingegebenen Unterstützungsdrehmomentsignals und ein Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Drehmoment des von der Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 eingegebenen Kompensationssignals, um ein Soll-Unterstützungsdrehmoment zu erlangen. Der Addierer 5 gibt ein Soll-Unterstützungsdrehmomentsignal, das mit dem erlangten Soll-Unterstützungsdrehmoment korrespondiert, an die Stromsteuerungsberechnungseinheit 6 aus.

[0022] Die Stromsteuerungsberechnungseinheit 6 berechnet einen Antriebsstrom des Elektromotors auf der Grundlage des vom Addierer 5 eingegebenen Soll-Unterstützungsdrehmomentsignals. Der von der Stromsteuerungsberechnungseinheit 6 berechnete Antriebsstrom wird an einen Elektromotor (nicht dargestellt) ausgegeben, und die elektrische Servolenkungsrichtung wird durch den Elektromotor angetrieben.

<Konfiguration der Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit>

[0023] Die Konfiguration der Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 der Steuervorrichtung 1 gemäß der vorliegenden Ausführungsform der Erfindung wird im Folgenden unter Bezugnahme auf **Fig. 2** näher beschrieben.

[0024] Die Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit 4 weist eine Differentielle-Kompensationseinheit 41, eine Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 und eine Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit 43 auf.

[0025] Die Differentielle-Kompensationseinheit 41 berechnet einen Betriebsbetrag (Elektromotordrehmoment) durch Pseudodifferenzierung des eingegebenen Lenkdrehmoments und multipliziert den berechneten Betriebsbetrag mit einer differentiellen Verstärkung, um ein Differentielle-Kompensationssignal zu erzeugen, bei dem die Verstärkung mit steigender Frequenz zunimmt. Die Differentielle-Kompensationseinheit 41 gibt das erzeugte Differentielle-Kompensationssignal an die Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 aus.

[0026] Die Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 führt an dem von der Differentielle-Kompensationseinheit 41 eingegebenen Differentielle-Kompensationssignal eine Stabilisierungskompensationsverarbeitung durch, bei der die Phase eines gewünschten Frequenzbandes, in dem die Störempfindlichkeit gesenkt werden soll, vorverlegt wird, wodurch ein Phasenvorverlegungskompensationssignal erzeugt wird, bei dem die Verstärkung in dem

gewünschten Frequenzband weiter erhöht wird. Die Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 gibt das erzeugte Phasenvorverlegungskompensationssignal an die Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit 43 aus. Das von der Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 ausgegebene Phasenvorverlegungskompensationssignal erhöht den Kompensationsbetrag zur Auslöschung der Störung in Bezug auf das Basisunterstützungsdrehmoment, wenn die Frequenz der Störung höher ist.

[0027] Die Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit 43 korrigiert das Phasenvorverlegungskompensationssignal durch Ausführen einer Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturverarbeitung entsprechend der Fahrzeuggeschwindigkeit des eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeitssignals in Bezug auf das Phasenvorverlegungskompensationssignal, das von der Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 eingegeben wird, und erzeugt ein Kompensationssignal. Die Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit 43 gibt das erzeugte Kompensationssignal an den Addierer 5 aus. Das von der Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit 43 ausgegebene Kompensationssignal kompensiert das Basisunterstützungsdrehmoment um einen Kompensationsbetrag, der durch Korrigieren des Kompensationsbetrags des von der Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 ausgegebenen Phasenvorverlegungskompensationssignals auf der Grundlage der Fahrzeuggeschwindigkeit erlangt wird.

<Konfiguration des Servosteuerungsmechanismus>

[0028] Der Aufbau eines Servosteuerungsmechanismus 100, der die Steuervorrichtung 1 gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung aufweist, wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 4 im Einzelnen beschrieben.

[0029] In Fig. 4 ist θ_d ein Lenkradwinkel, θ_g ein Lenkwinkel, $D(s)$ eine Störung, $T_{tor}(s)$ ein Torsionsstabdrehmoment, K_{tor} ein Torsionsstab, $G_{STG}(s)$ ein Lenksystem, $C(s)$ eine Steuerungs-/Regelungseinheit und $T_{SAT}(S)$ ein Selbstausrichtungsdrehmoment.

[0030] Der Servosteuerungsmechanismus 100 der elektrischen Servolenkungs Vorrichtung wird als ein einfaches Regelungssystem betrachtet, wie in Fig. 4 dargestellt, wenn der Lenkradwinkel θ_d eingegeben und der Lenkwinkel θ_g ausgegeben wird. In dem in Fig. 4 dargestellten Regelungssystem hat die Steuerungs-/Regelungseinheit $C(s)$ eine Konfiguration, in der die Basisunterstützungssteuereinheit 2 und die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-

Einheit 4 in der Konfiguration der Steuervorrichtung 1 in Fig. 1 parallel geschaltet sind, aber nicht die Stabilisierungskompensationseinheit 3 und nicht die Stromsteuerungsberechnungseinheit 6 enthält, um eine stabilisierte Störungsunterdrückungs-Empfindlichkeitsausgestaltung zu erreichen.

<Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Verarbeitung>

[0031] Die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Verarbeitung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachstehend unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis Fig. 5 im Einzelnen beschrieben.

[0032] In dem in Fig. 4 dargestellten Servosteuerungsmechanismus 100 wird die Übertragungskennlinie bis zum Torsionsstabdrehmoment $T_{tor}(s)$ der Störung $D(s)$ durch den Ausdruck (1) ausgedrückt. [Math. 1]

$$\frac{T_{tor}(s)}{D(s)} = \frac{G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} K_{tor} = (1 - T(s))G_{STG}(s)K_{tor} \quad (1)$$

[0033] In Ausdruck (1) stellt $G_{STG}(S)$ ein Lenksystem dar, das das Lenkrad 521 aufweist, stellt $C(s)$ eine Steuerungs-/Regelungseinheit dar, stellt $T(s)$ eine komplementäre Empfindlichkeitsfunktion dar und stellt K_{tor} einen Torsionsstab 201 dar.

[0034] Die komplementäre Empfindlichkeitsfunktion $T(s)$ von Ausdruck (1) wird durch Ausdruck (2) ausgedrückt. [Math. 2]

$$T(s) = \frac{C(s)G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} \quad (2)$$

[0035] Aus Ausdruck (1) ist ersichtlich, dass die komplementäre Empfindlichkeitsfunktion $T(s)$ auf 1 gesetzt werden muss, um die Störempfindlichkeit zu verringern (auf 0 zu setzen). Um die komplementäre Empfindlichkeitsfunktion $T(s)$ auf 1 zu setzen, ist es außerdem erforderlich, die Verstärkung der Steuerungs-/Regelungseinheit $C(s)$ aus Ausdruck (2) zu erhöhen.

[0036] Außerdem ist der Einfluss der Störung bei Geradeausfahrt am größten, wenn das Fahrzeug nur durch geringfügiges Lenken gesteuert wird. Zum Zeitpunkt eines geringfügigen Lenkens nimmt, da das von der Basisunterstützungssteuereinheit 2 erlangte Basisunterstützungsdrehmoment aufgrund der toten Zone der Basisunterstützungskurve im Wesentlichen Null ist, die Verstärkung der Steuerungs-/Regelungseinheit $C(s)$ ab und die Störempfindlichkeit steigt. In der vorliegenden Ausführungsform führt die Drehmoment-Differentielle-

Kompensation-Einheit 4 jedoch zum Zeitpunkt einer Geradeausfahrt eine Kompensation des Basisunterstützungsdrehmoments gemäß dem Betrag der Änderung des Lenkdrehmoments durch.

[0037] Insbesondere führt die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 eine differentielle Kompensation durch, um die Verstärkung der Steuerungs-/Regelungseinheit C(s) zu erhöhen, wenn die Frequenz in der Differentielle-Kompensation-Einheit 41 höher wird. Darüber hinaus erhöht die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 die Verstärkung der Steuerungs-/Regelungseinheit C(s) weiter, indem sie eine Phasenvorverlegungskompensation in der Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 für die Frequenz durchführt, bei der die Störempfindlichkeit gesenkt werden soll. Infolgedessen erhöht sich die Verstärkung des Kompensationssignals, das von der Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 mit den in **Fig. 5** dargestellten Frequenzcharakteristiken ausgegeben wird, mit zunehmender Frequenz, und die Verstärkung erhöht sich weiter in dem Frequenzband zwischen einer Frequenz f1 und einer Frequenz f2, so dass der Betrag der Änderung des Kompensationsbetrags in Bezug auf das Basisunterstützungsdrehmoment zunimmt. Zu diesem Zeitpunkt nähert sich die komplementäre Empfindlichkeitsfunktion T(s) in dem Frequenzband zwischen der Frequenz f1 und der Frequenz f2, in dem die Verstärkung weiter erhöht wird, durch die Phasenvorverlegungskompensation dem Wert 1, so dass die Störempfindlichkeit reduziert werden kann.

[0038] Wie oben beschrieben, kann die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 das Frequenzband einstellen, in dem die Störempfindlichkeit verringert werden soll, indem die Frequenz eingestellt wird, mit der die Phasenvorverlegungskompensation durchgeführt wird, um den Betrag der Änderung des Kompensationsbetrags in Bezug auf das Basisunterstützungsdrehmoment variabel zu machen. Vorzugsweise führt die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 die Phasenvorverlegungskompensation in dem Frequenzband durch, das mit dem Eigenfrequenzband in der Vorne-Hinten-Richtung (x1-Richtung und x2-Richtung in **Fig. 3**) einer Aufhängung 202 korrespondiert. Das bedeutet, dass die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 den Änderungsbetrag des Kompensationsbetrags in dem Frequenzband, das mit dem Eigenfrequenzband in der Vorne-Hinten-Richtung der Aufhängung korrespondiert, größer als den Änderungsbetrag des Kompensationsbetrags in dem von dem Frequenzband verschiedenen Band macht. Das Frequenzband, das mit dem Eigenfrequenzband korrespondiert, beträgt beispielsweise 15 Hz bis 18 Hz. Infolgedessen kann die Störempfindlichkeit in dem Frequenzband, das mit dem Eigenfrequenzband der Aufhängung 202 in der Vorne-Hinten-Rich-

tung korrespondiert, gesenkt und dem Fahrer ein komfortables Fahren ermöglicht werden.

[0039] Wie in **Fig. 5** dargestellt, können gemäß der Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Verarbeitung die Frequenzcharakteristiken der Kompensationssignale L3 und L13, die von der Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit 4 ausgegeben werden, die Phasen und die Verstärkung der Frequenzcharakteristiken zwischen der Frequenz f1 und der Frequenz f2 stärker vorverlegen als die der Signale L1 und L11, die nur einer differentielle Kompensation in der Differentielle-Kompensation-Einheit 41 unterzogen werden, und die Phasen und die Verstärkung der Frequenzcharakteristiken stärker vorverlegen als die der Signale L2 und L12, die nur einer Phasenvorverlegungskompensation in der Phasenvorverlegungskompensationseinheit 42 unterzogen werden.

[0040] Die Information über den Fahrbahnzustand oder die Traktion des Reifens ist übrigens eine aktiv zu übertragende Störkraftinformation, die hauptsächlich bei 10 Hz bis 15 Hz enthalten ist. Daher muss bei der Störempfindlichkeitsausgestaltung die Störempfindlichkeit so ausgelegt werden, dass die Störempfindlichkeit bei 10 Hz oder weniger hoch ist. Andererseits muss die Störempfindlichkeit mit steigender Frequenz niedrig werden, da der Fahrer bei 15 Hz oder mehr ein empfindliches Lenkgefühl verspürt.

<Ausführungsform der Servolenkungs Vorrichtung>

[0041] Fahrzeuge, wie z. B. Automobile, sind im Allgemeinen mit einer Servolenkungs Vorrichtung ausgestattet. Eine Servolenkungs Vorrichtung erzeugt ein Hilfsdrehmoment zur Unterstützung des Lenkdrehmoments des Lenksystems, das vom Fahrer durch Betätigung des Lenkrads erzeugt wird. Das Hilfsdrehmoment wird durch einen Hilfsdrehmomentmechanismus erzeugt und kann die Belastung des Fahrers verringern. Der Hilfsdrehmomentmechanismus weist zum Beispiel einen Lenkdrehmomentsensor, eine ECU, einen Elektromotor, einen Verzögerungsmechanismus und dergleichen auf. Der Lenkdrehmomentsensor detektiert das Lenkdrehmoment im Lenksystem. Die ECU erzeugt ein Ansteuerungssignal basierend auf dem Detektionssignal des Lenkdrehmomentsensors. Der Elektromotor erzeugt ein Hilfsdrehmoment entsprechend dem Lenkdrehmoment auf der Grundlage des Ansteuerungssignals und überträgt das Hilfsdrehmoment über den Unteretzungsmechanismus an das Lenksystem.

[0042] Die Steuervorrichtung 1 der obigen Ausführungsform ist für eine Servolenkungs Vorrichtung geeignet. **Fig. 6** ist eine Darstellung, die schematisch die Konfiguration einer elektrischen Servolenkungs Vorrichtung 2000 gemäß der vorliegenden Ausführungsform zeigt.

[0043] Die elektrische Servolenkungsrichtung 2000 weist ein Lenksystem 520 und einen Hilfsdrehmomentmechanismus (Servolenkungsmechanismus) 540 auf. Die elektrische Servolenkungsrichtung 2000 weist die Aufhängung 202 auf.

[0044] Das Lenksystem 520 weist beispielsweise ein Lenkrad 521, eine Lenkwelle 522 (auch als „Lenksäule“ bezeichnet), freie Wellengelenke 523A und 523B und eine Drehwelle 524 (auch als „Ritzelwelle“ oder „Eingangswelle“ bezeichnet) auf.

[0045] Das Lenksystem 520 weist beispielsweise auch einen Zahnstangenmechanismus 525, eine Zahnstangenwelle 526, ein linkes und rechtes Kugelgelenk 552A und 552B, Spurstangen 527A und 527B, Achsschenkel 528A und 528B sowie ein linkes und rechtes gelenktes Rad (beispielsweise ein linkes und rechtes Vorderrad) 529A und 529B auf.

[0046] Das Lenkrad 521 ist über die Lenkwelle 522 und die freien Wellengelenke 523A und 523B mit der Drehwelle 524 verbunden. Die Zahnstangenwelle 526 ist über den Zahnstangenmechanismus 525 mit der Drehwelle 524 verbunden. Der Zahnstangenmechanismus 525 weist ein Ritzel 531, das an der Drehwelle 524 bereitgestellt ist, und eine Zahnstange 532, die an der Zahnstangenwelle 526 bereitgestellt ist, auf. Das rechte gelenkte Rad 529A ist mit dem rechten Ende der Zahnstangenwelle 526 über das Kugelgelenk 552A, die Spurstange 527A und den Achsschenkel 528A in dieser Reihenfolge verbunden. Ähnlich wie auf der rechten Seite ist das linke gelenkte Rad 529B über das Kugelgelenk 552B, die Spurstange 527B und den Achsschenkel 528B in dieser Reihenfolge mit dem linken Ende der Zahnstangenwelle 526 verbunden. Dabei korrespondieren die rechte und die linke Seite in jeweils zugeordneter Weise mit der rechten und der linken Seite aus der Sicht des auf dem Sitz sitzenden Fahrers.

[0047] Gemäß dem Lenksystem 520 wird ein Lenkdrehmoment erzeugt, wenn der Fahrer das Lenkrad 521 betätigt, und über den Zahnstangenmechanismus 525 auf das linke und rechte gelenkte Rad 529A und 529B übertragen. Dadurch kann der Fahrer das linke und rechte gelenkte Rad 529A und 529B betätigen.

[0048] Der Hilfsdrehmomentmechanismus 540 weist beispielsweise einen Lenkdrehmomentsensor 541, eine ECU 542, einen Elektromotor 543, einen Verzögerungsmechanismus 544 und eine Leistungsversorgungsrichtung 545 auf. Der Hilfsdrehmomentmechanismus 540 überträgt ein Unterstützungsdrehmoment auf das Lenksystem 520 vom Lenkrad 521 auf das linke und rechte gelenkte Rad 529A und 529B. Das Hilfsdrehmoment wird manchmal auch als „zusätzliches Drehmoment“ bezeichnet.

[0049] Als ECU 542 wird z.B. eine Steuerschaltung verwendet. Die Steuervorrichtung 1 aus **Fig. 1** ist in der ECU 542 z. B. als Mikrocontroller enthalten. Als Leistungsversorgungsrichtung 545 wird z.B. ein Wechselrichter verwendet. Die ECU 542, der Elektromotor 543 und die Leistungsversorgungsrichtung 545 können eine Einheit bilden, die allgemein als „mechanisch und elektrisch integrierter Motor“ bezeichnet wird.

[0050] Von den in **Fig. 8** dargestellten Elementen entspricht der Mechanismus, der aus den Elementen mit Ausnahme der ECU 542, des Elektromotors 543 und der Leistungsversorgungsrichtung 545 konfiguriert ist, einem Beispiel für den durch den Elektromotor 543 angetriebenen Servolenkungsmechanismus.

[0051] Der Lenkdrehmomentsensor 541 detektiert das durch das Lenkrad 521 aufgebrachte Lenkdrehmoment des Lenksystems 520. Die ECU 542 erzeugt ein Ansteuerungssignal zum Ansteuern des Elektromotors 543 auf der Grundlage eines Detektionssignals vom Lenkdrehmomentsensor 541 (im Folgenden als „Drehmomentsignal“ bezeichnet). Der Elektromotor 543 erzeugt auf der Grundlage des Ansteuerungssignals ein Hilfsdrehmoment gemäß dem Lenkdrehmoment. Das Hilfsdrehmoment wird über den Verzögerungsmechanismus 544 auf die Drehwelle 524 des Lenksystems 520 übertragen. Der Verzögerungsmechanismus 544 ist z. B. ein Schneckengetriebemechanismus. Das Hilfsdrehmoment wird außerdem von der Drehwelle 524 auf den Zahnstangenmechanismus 525 übertragen.

[0052] Die Servolenkungsrichtung 2000 wird je nach dem Teil, an dem das Hilfsdrehmoment auf das Lenksystem 520 aufgebracht wird, klassifiziert als Ritzelunterstützungstyp, Zahnstangenunterstützungstyp, Säulenunterstützungstyp oder ähnliches. **Fig. 6** zeigt die Servolenkungsrichtung 2000 vom Ritzelunterstützungstyp. Die Servolenkungsrichtung 2000 kann jedoch auch auf eine vom Zahnstangenunterstützungstyp, Säulenunterstützungstyp oder ähnliches ausgeführt sein.

[0053] Nicht nur ein Drehmomentsignal, sondern zum Beispiel auch ein Fahrzeuggeschwindigkeitssignal kann in die ECU 542 eingegeben werden. Der Mikrocontroller der ECU 542 kann den Elektromotor 543 auf der Grundlage des Drehmomentsignals, des Fahrzeuggeschwindigkeitssignals und dergleichen durch Pulsweitenmodulation steuern/regeln.

[0054] Die ECU 542 setzt einen Soll-Stromwert zumindest auf der Basis des Drehmomentsignals. Vorzugsweise legt die ECU 542 den Soll-Stromwert unter Berücksichtigung des vom Fahrzeuggeschwindigkeitssensor detektierten Fahrzeuggeschwindigkeitssignals und des vom Winkelsensor erfassten

Rotationssignals des Rotors fest. Die ECU 542 kann das Ansteuerungssignal, d.h. den Ansteuerungsstrom des Elektromotors 543 so steuern, dass der vom Stromsensor erfasste Ist-Stromwert mit dem Soll-Stromwert übereinstimmt.

[0055] Gemäß der Servolenkungsrichtung 2000 können das rechte und das linke gelenkte Rad 529A und 529B durch die Zahnstangenwelle 526 betätigt werden, indem das kombinierte Drehmoment genutzt wird, das sich aus der Addition des Hilfsdrehmoments des Elektromotors 543 mit dem Lenkdrehmoment des Fahrers ergibt.

[0056] Vorangehend wurde eine Servolenkungsrichtung als Beispiel für die Verwendung in der Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung erwähnt, aber die Verwendung der Steuervorrichtung der vorliegenden Erfindung ist nicht auf die oben beschriebenen beschränkt. Sie ist auf einen breiten Bereich einschließlich einer Pumpe, eines Kompressors oder dergleichen anwendbar.

[0057] Wie oben beschrieben, wird gemäß der vorliegenden Ausführungsform in dem Frequenzband, das mit der Frequenz der Störung korrespondiert, der Kompensationsbetrag des Unterstützungsdrehmoments erhöht und der Betrag der Änderung des Kompensationsbetrags mit zunehmender Frequenz auf der Grundlage des Lenkdrehmoments und der Fahrzeuggeschwindigkeit variabel gemacht, wodurch die Unnatürlichkeit des Lenkgefühls unterdrückt und der Einfluss der Störung auf das Lenkgefühl verringert werden kann. Insbesondere ist es möglich, den dynamischen Einfluss der Trägheit des Elektromotors in einem Zustand zu kompensieren, in dem die Lenkunterstützung durch die elektrische Servolenkungsrichtung nicht funktioniert.

[0058] Anzumerken ist, dass die oben beschriebenen Ausführungsformen in jeder Hinsicht illustrativ und nicht einschränkend sind. Der Umfang der vorliegenden Erfindung wird nicht durch die oben beschriebene Ausführungsform, sondern durch den Umfang der Ansprüche gezeigt, und soll alle Änderungen innerhalb der Bedeutung und des Umfangs, die dem Umfang der Ansprüche äquivalent sind, umfassen.

Bezugszeichenliste

- | | |
|---|--|
| 1 | Steuervorrichtung |
| 2 | Basisunterstützungssteuereinheit |
| 3 | Stabilisierungskompensationseinheit |
| 4 | Drehmoment-Differentielle-Kompensationseinheit |
| 5 | Addierer |
| 6 | Stromsteuerungsberechnungseinheit |

| | |
|-----|---|
| 41 | Differentielle-Kompensationseinheit |
| 42 | Phasenvorverlegungskompensationseinheit |
| 43 | Differentielle-Verstärkung-Fahrzeuggeschwindigkeitskorrekturereinheit |
| 100 | Servosteuerungsmechanismus |
| 201 | Torsionsstab |
| 202 | Aufhängung |

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Zitierte Patentliteratur

- JP 6055525 [0007]

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung, die eine elektrische Servolenkungs-
vorrichtung steuert, wobei die Steuervorrichtung aufweist:

eine Basisunterstützungssteuereinheit, die ein Unter-
stützungsdrehmoment der elektrischen Servolenkungs-
vorrichtung auf der Grundlage eines Lenkdrehmoments erlangt, und
eine Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Ein-
heit, die das Unter-
stützungsdrehmoment kompen-
siert,
wobei die Drehmoment-Differentielle-Kompensation-
Einheit so konfiguriert ist, dass sie einen Ände-
rungsbeitrag in einem Kompensationsbeitrag auf der
Grundlage des Lenkdrehmoments variabel macht und den
Kompensationsbeitrag zum Ausgleichen einer Störung in
Bezug auf das Unter-
stützungsdrehmoment erhöht, wenn eine Frequenz der
das Lenksystem beeinflussenden Störung höher ist.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die
Basisunterstützungssteuereinheit das Unter-
stützungsdrehmoment verringert, wenn eine Fahrzeu-
geschwindigkeit zunimmt.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, wobei die
Drehmoment-Differentielle-Kompensation-Einheit
den Kompensationsbeitrag basierend auf der Fahr-
zeuggeschwindigkeit korrigiert.

4. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 3, wobei die Drehmoment-Differentielle-Kom-
pensation-Einheit so konfiguriert ist, dass sie den
Betrag der Änderung in einem Frequenzband, das
mit einem Eigenfrequenzband in einer Vorne-Hin-
ten-Richtung einer Aufhängung korrespondiert, so
erhöht, dass er größer ist als der Betrag der Ände-
rung in einem anderen Band als dem Frequenz-
band.

5. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 4, wobei die Drehmoment-Differentielle-Kom-
pensation-Einheit so konfiguriert ist, dass sie den
Betrag der Änderung erhöht, indem sie eine Verstär-
kung erhöht, indem sie eine Phase eines Kompen-
sationssignals zur Kompensation des Unter-
stützungsdrehmoments vorverlegt.

6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 5, wobei die Drehmoment-Differentielle-Kom-
pensation-Einheit so konfiguriert ist, dass sie den
Änderungsbeitrag erhöht, indem sie eine Verarbei-
tung durchführt zum Heranbringen einer komple-
mentären Empfindlichkeitsfunktion im Ausdruck (1),
die eine Übertragungskennlinie anzeigt, bis zu
einem Torsionsstabdrehmoment der Störung nahe
„1“.

[Math. 1]

$$T(s) = \frac{C(s)G_{STG}(s)}{1 + C(s)G_{STG}(s)} \quad (1)$$

T(s): komplementäre Empfindlichkeitsfunktion

C(s): Steuerungs-/Regelungseinheit

GSTG(S): Lenksystem.

7. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche
1 bis 6, wobei die Drehmoment-Differentielle-Kom-
pensation-Einheit so konfiguriert ist, dass sie das
Unter-
stützungsdrehmoment nur dann kompensiert,
wenn ein Fahrzeug geradeaus fährt.

8. Antriebsvorrichtung, aufweisend:
eine Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 7, und
einen Elektromotor, der von der Steuervorrichtung
angesteuert wird.

9. Elektrische Servolenkungs-
vorrichtung, auf-
weisend:
die Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 1
bis 7,
einen von der Steuervorrichtung angesteuerten
Elektromotor und
einen elektrischen Servolenkungsmechanismus, der
durch den Elektromotor angetrieben wird.

10. Steuerungsverfahren zur Steuerung einer
elektrischen Servolenkungs-
vorrichtung, wobei das
Steuerungsverfahren aufweist:
Erlangen eines Unter-
stützungsdrehmoments der
elektrischen Servolenkungs-
vorrichtung auf der
Grundlage eines Lenkdrehmoments,
Kompensieren des Unter-
stützungsdrehmoments,
und
Variieren eines Änderungsbeitrags eines Kompen-
sationsbeitrags des Unter-
stützungsdrehmoments auf
der Grundlage des Lenkdrehmoments und Erhöhen
des Kompensationsbeitrags zum Aufheben einer
Störung in Bezug auf das Unter-
stützungsdrehmo-
ment, wenn eine Frequenz der Störung, die ein
Lenksystem beeinflusst, höher ist.

11. Steuerungsverfahren nach Anspruch 10,
wobei das Steuerungsverfahren aufweist: Verrin-
gern des Unter-
stützungsdrehmoments, wenn eine
Fahrzeuggeschwindigkeit zunimmt.

Es folgen 6 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

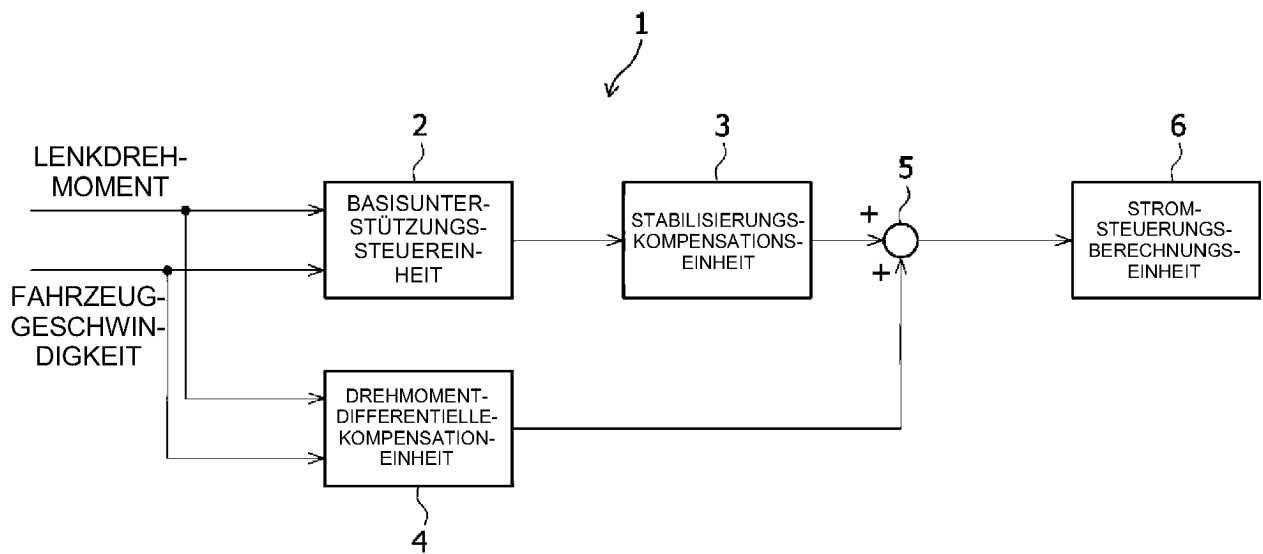


Fig.1

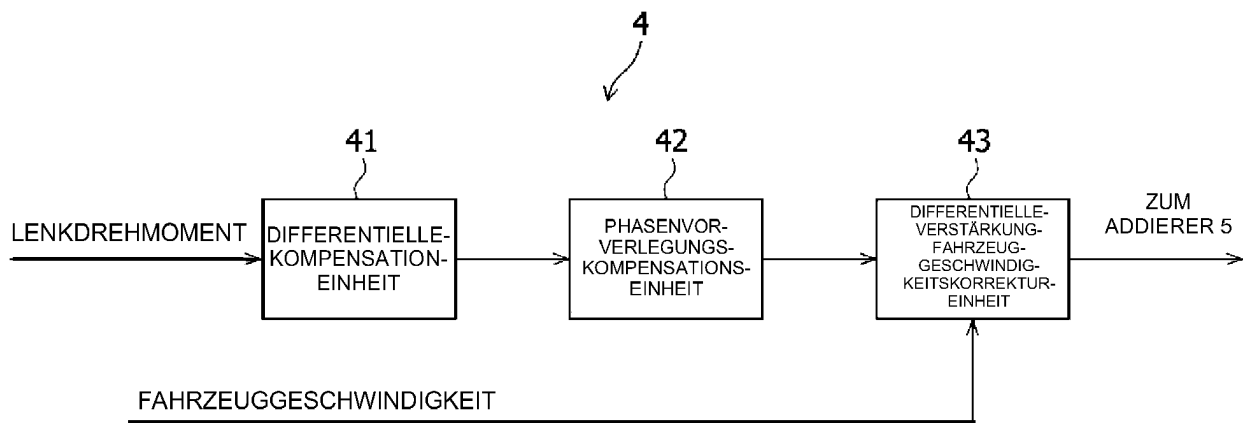


Fig.2

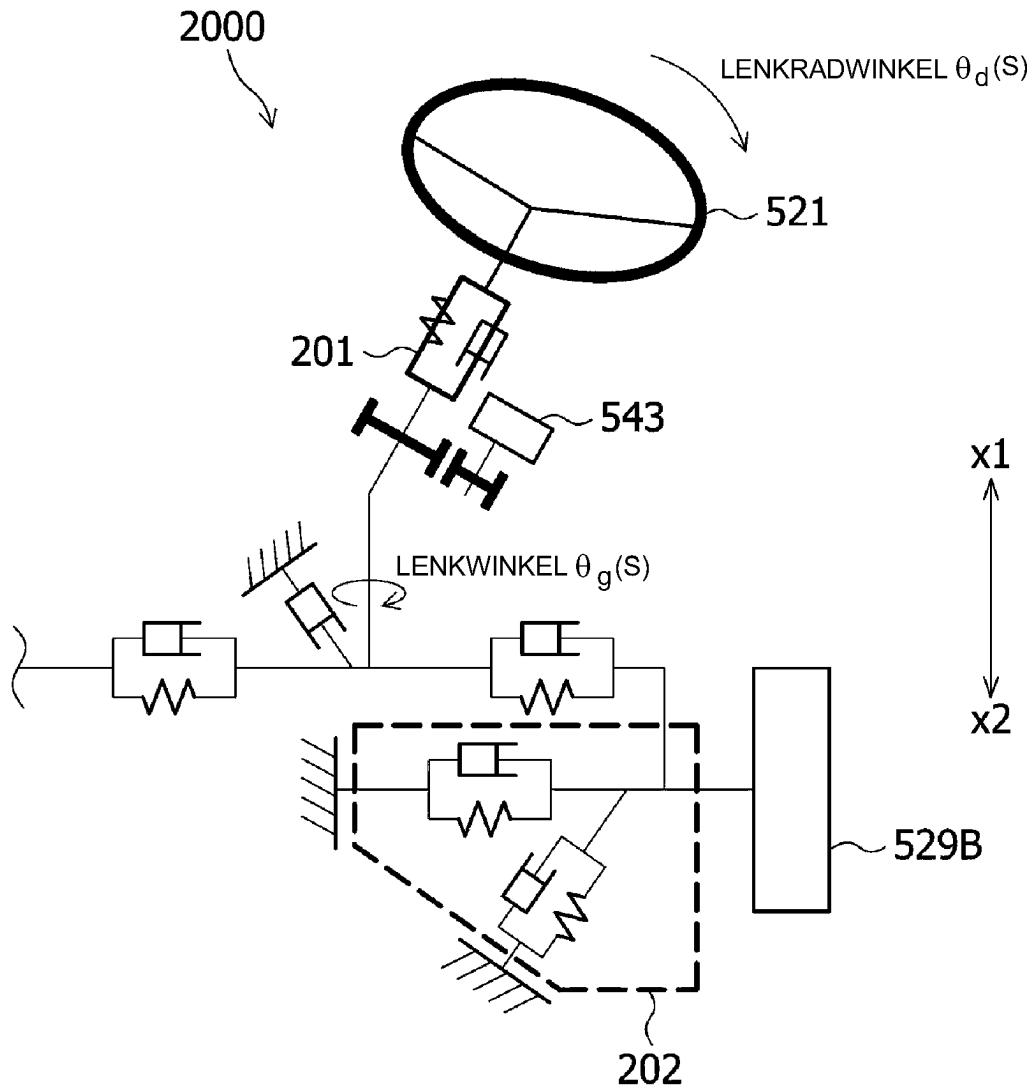


Fig.3

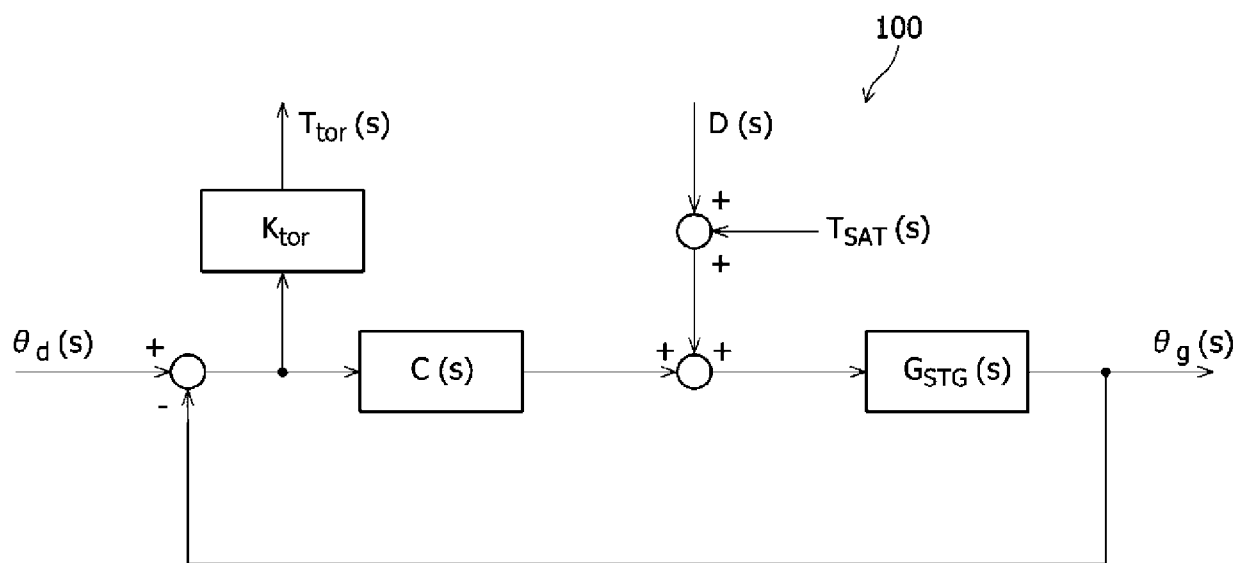


Fig.4

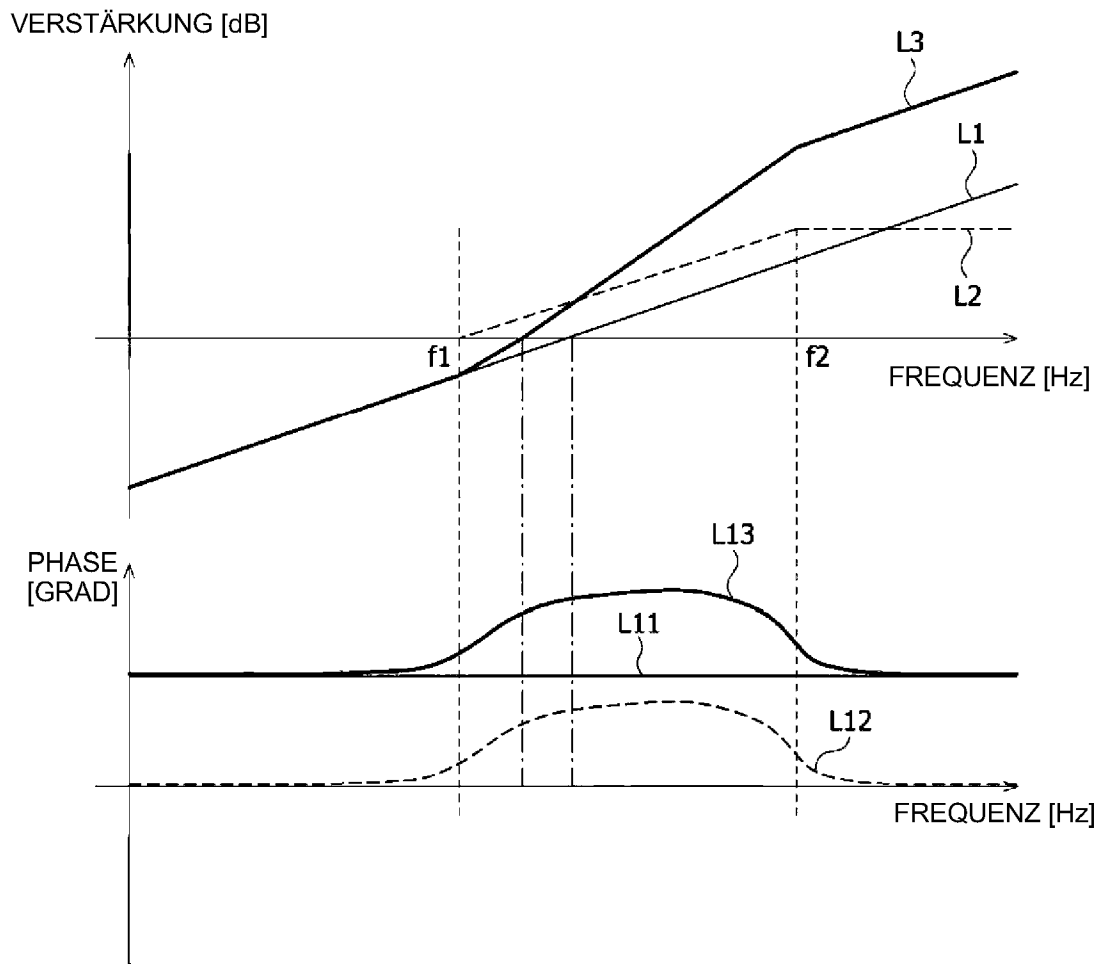


Fig.5

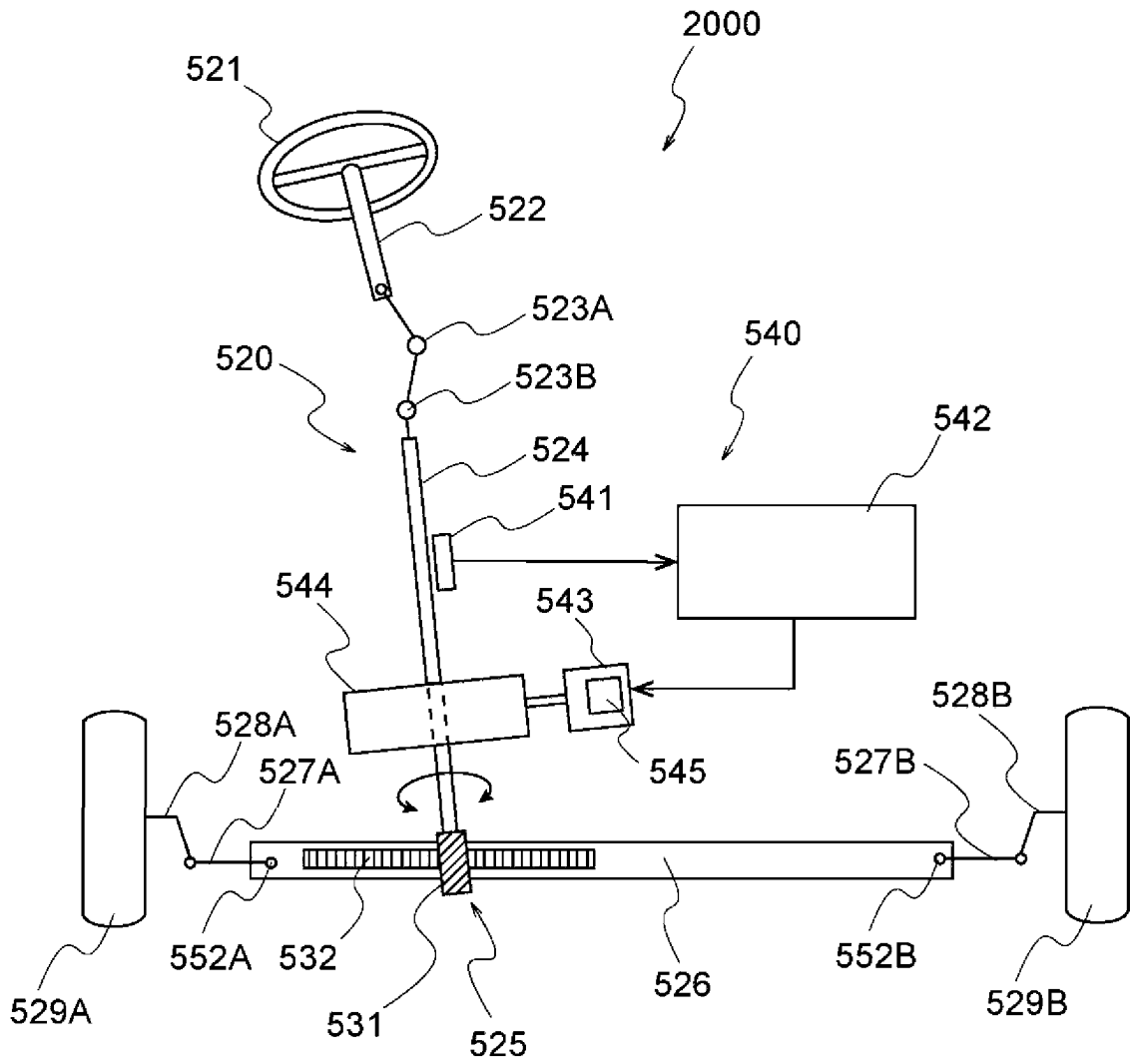


Fig.6