



(10) DE 10 2016 103 614 A1 2016.09.22

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2016 103 614.5

(51) Int Cl.: **G05B 19/416 (2006.01)**

(22) Anmeldetag: 01.03.2016

G05B 11/01 (2006.01)

(43) Offenlegungstag: 22.09.2016

G05B 19/404 (2006.01)

(30) Unionspriorität:

2015-056945

19.03.2015 JP

(74) Vertreter:

**TER MEER STEINMEISTER & PARTNER
PATENTANWÄLTE mbB, 80335 München, DE**

(71) Anmelder:

Okuma Corporation, Aichi, JP

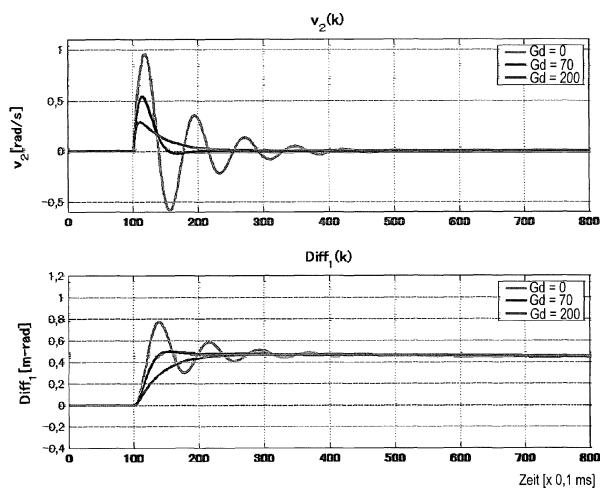
(72) Erfinder:

Eguchi, Satoshi, Aichi, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Tandem-Positionssteuervorrichtung**

(57) Zusammenfassung: Eine Positionssteuervorrichtung zum Antreiben eines Steuerziels unter Verwendung von zwei Antriebswellen weist Positionssteuereinheiten auf, die für die jeweiligen Antriebswellen vorgesehen sind. Jede Positionssteuereinheit umfasst eine Berechnungseinheit zum Berechnen eines Drehmomentbefehlswerts vor der Kompensation, einen Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator zum Berechnen einer Abweichungsdrehmomentabschätzung und Berechnen eines Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrags auf der Basis der Abweichungsdrehmomentabschätzung und einer Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung und eine Kompensatortrackerberechnungseinheit zum Ausgeben eines Signals beim Empfangen eines Tandemsteuerbefehls an den Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator zum Ausgeben des Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrags und Berechnen der Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung, und jede der Positionssteuereinheiten gibt einen Wert, der durch Addieren des Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrags zum Drehmomentbefehlswert vor der Kompensation erhalten wird, als Drehmomentbefehlswert aus.



Beschreibung**QUERVERWEIS AUF VERWANDTE ANMELDUNGEN**

[0001] Diese Anmeldung beansprucht die Priorität der japanischen Patentanmeldung Nr. 2015-056945, eingereicht am 19. März 2015, die hier durch Bezugnahme vollständig mit aufgenommen ist.

HINTERGRUND DER ERFINDUNG**1. Gebiet der Erfindung:**

[0002] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Servosteuerung zum Steuern einer Welle eines Arms oder dergleichen einer Werkzeugmaschine oder eines Roboters und insbesondere auf eine Tandemsteuerung zum Steuern eines Steuerziels unter Verwendung von zwei Motoren.

2. Beschreibung des Standes der Technik:

[0003] In einem Antriebsmechanismus einer Werkzeugmaschine, eines Roboters oder dergleichen kann, wenn ein Steuerziel oder eine Bewegungseinheit so groß ist, dass ein Drehmoment (eine Schubkraft im Fall eines linearen Bewegungstyps) eines einzelnen Motors zum Antreiben einer Welle der Bewegungseinheit unzureichend ist, eine Tandemsteuerung ausgeführt werden, indem zwei Motoren ein Befehl gegeben wird, um ein einzelnes Steuerziel unter Verwendung von zwei Motoren anzutreiben. Im Tandemsteuerzustand treiben jeweilige Motoren (ein Rotationstyp oder ein Lineartyp) ein Steuerziel in einer Drehrichtung oder einer linearen Bewegungsrichtung über ein Zahnrad oder ein Kopplungselement an.

[0004] **Fig. 8** ist ein schematisches Diagramm, das eine Zielanlage in Form einer rotierenden Motorwelle im Tandemsteuerzustand zeigt. Hier ist zu beachten, dass ein Trägheitsmoment einer Antriebswelle 1 und einer Antriebswelle 2 mit zwei Motoren und einem Steuerziel als in I_1 und I_2 aufgeteilt ausgedrückt ist, und eine zwischen der Antriebswelle 1 und der Antriebswelle 2 verursachte Abweichung durch ein Federsystem mit der Steifigkeit K ausgedrückt ist. Die jeweiligen Positionen der Antriebswelle 1 und der Antriebswelle 2 sind durch x_1 , x_2 angegeben, ein Störungsdrehmoment ist als τ_{dis} bezeichnet und jeweilige erzeugte Drehmomente als τ_1 , τ_2 .

[0005] Eine Bewegungsgleichung im Fall des Antriebs der in **Fig. 8** gezeigten Zielanlage unter der Tandemsteuerung wird als Ausdrücke (1) und (2) ausgedrückt.

[Ausdruck 1]

$$I_1 \ddot{v}_1 + \tau_r = \tau_1 - \tau_{dis} \quad (1)$$

$$I_2 \ddot{v}_2 - \tau_r = \tau_2 + \tau_{dis} \quad (2)$$

wobei die jeweiligen Geschwindigkeiten der Antriebswelle 1 und der Antriebswelle 2 als v_1 , v_2 bezeichnet sind und ein Abweichungsdrehmoment τ_r als Ausdruck (3) ausgedrückt wird.

[Ausdruck 2]

$$\tau_r = K(x_1 - x_2) \quad (3)$$

[0006] **Fig. 9** ist ein Blockdiagramm, das eine Bewegungsgleichung einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand zeigt.

[0007] **Fig. 10** ist ein Beispiel eines Blockdiagramms einer herkömmlichen Positionssteuerung **300** zum Steuern der Positionen x_1 , x_2 einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand gemäß einem Positionsbefehlswert X , der als Funktion für jede konstante Periode durch eine Vorrichtung oberer Ebene (nicht dargestellt) erzeugt wird. Eine erste Wellenpositionssteuereinheit **100a** steuert die Antriebswelle 1 und eine zweite Wellenpositionssteuereinheit **100b** steuert die Antriebswelle 2. In der nachstehenden Beschreibung wird für jedes der Elemente mit derselben Funktion, die jeweils für jede Welle vorgesehen sind, entweder a (erste Welle) oder b (zweite Welle) zum Ende des Bezeichnens davon hinzugefügt. Im Folgenden wird ein Betrieb der herkömmlichen Positionssteuerung **300**, die in **Fig. 10** gezeigt ist, beschrieben.

[0008] Anfänglich wird die erste Wellenpositionssteuereinheit **100a** beschrieben. Gemäß dem Stand der Technik wird eine Mitkopplungsstruktur verwendet, um eine Reaktion auf einen Befehl mit hoher Geschwindigkeit zu erreichen. Insbesondere führt eine Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitungseinheit **50a** eine Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitung für eine geeignete Beschleunigung oder Ableitung der Beschleunigung in Bezug auf einen Positionsbefehlswert X aus, um einen Positionsbefehlswert X_c auszugeben, der einer solchen Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitung unterzogen wird. Der Positionsbefehlswert X_c wird einer Zeitdifferenzierung in einem Differenzierer **54a** unterzogen, wodurch ein Geschwindigkeitsmitkopplungsbetrag V_F gegeben wird, und ferner einer Zeitdifferenzierung im Differenzierer **55a** unterzogen, wodurch ein Beschleunigungsbeauftragungsbefehlswert A_F gegeben wird. Eine Verstärkungsrate A_{TF1} eines Verstärkers A_{TF1} ist eine Konstante zum Erhalten eines Beschleunigungs/Verlangsamungs-Drehmomentmitkopplungsbetrags τ_{F1} , der einem Motordrehmoment entspricht, das die in **Fig. 8** gezeigte Zielanlage **200** um einen Beschleunigungsbetrag A_F beschleunigt.

[0009] Die Mitkopplungsstruktur ist ausgebildet, wie nachstehend beschrieben. Das heißt, unter Verwendung der Position x_1 der Antriebswelle 1, die durch einen Positionsdetektor (nicht dargestellt) detektiert wird, als Positionsrückkopplung subtrahiert eine Subtrahierereinheit **51a** vom Positionsbefehlswert X_c , um einen Positionsfehler auszugeben, der durch einen Positionsfehlerverstärker K_p1 verstärkt wird. Eine Ausgabe aus dem Positionsfehlerverstärker K_p1 wird zum Geschwindigkeitsmitkopplungsbetrag V_F in einer Addierereinheit **52a** addiert, wodurch ein Geschwindigkeitsbefehlswert V_1 gegeben wird.

[0010] Die Subtrahierereinheit **53a** subtrahiert eine Geschwindigkeit v_1 , die durch Differenzieren der Position x_1 in einem Differenzierer **56a** erhalten wird, vom Geschwindigkeitsbefehlswert V_1 , um einen Geschwindigkeitsfehler auszugeben, der dann im Allgemeinen einer Proportional-Integral-Verstärkung in einem Geschwindigkeitsfehlerverstärker G_v1 unterzogen wird. Eine Ausgabe aus dem Geschwindigkeitsfehlerverstärker G_v1 wird zum Beschleunigungs/Verlangsamungs-Drehmomentmitkopplungsbetrag τ_{F1} in einer Addierereinheit **57a** addiert, damit sie von der ersten Wellenpositionssteuereinheit **100a** ausgegeben wird.

[0011] Die zweite Wellenpositionssteuereinheit **100b** wird hier nicht beschrieben, da die innere Struktur und die Strukturelemente davon dieselben wie jene der ersten Wellenpositionssteuereinheit **100a** sind. Es ist zu beachten, dass im Tandemsteuerzustand der ersten Wellenpositionssteuereinheit **100a** und der zweiten Wellenpositionssteuereinheit **100b** ein gemeinsamer Positionsbefehlswert X von einer Vorrichtung oberer Ebene (nicht dargestellt) gegeben wird und der Positionsbefehlswert X_c , der der Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitung unterzogen wird, gemeinsam sein muss, was bedeutet, dass Operationen der Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitungseinheit **50a** und der Beschleunigungs/Verlangsamungs-Verarbeitungseinheit **50b** gleich sind.

[0012] Die Subtrahierereinheit **58** subtrahiert die Geschwindigkeit v_2 der Antriebswelle 2 von der Geschwindigkeit v_1 der Antriebswelle 1, um eine Geschwindigkeitsdifferenz (nachstehend als Abweichungsgeschwindigkeit bezeichnet) auszugeben. Die Abweichungsgeschwindigkeit wird G_d -mal durch einen Verstärker G_d verstärkt, wodurch eine Drehmomentrückkopplung τ_b gegeben wird. Die Drehmomentrückkopplung τ_b wird dann vom Drehmomentbefehlswert oder einer Ausgabe von der ersten Wellenpositionssteuereinheit **100a** in der Subtrahierereinheit **59** subtrahiert, wodurch ein Drehmomentbefehlswert τ_1 in Bezug auf die Antriebswelle 1 der Positionssteuervorrichtung **300** gegeben wird. Außerdem wird die Drehmomentrückkopplung τ_b zum Drehmomentbefehlswert oder einer Ausgabe von der zweiten Wellenpositionssteuereinheit **100b** in einer Addierereinheit **60** addiert, wodurch ein Drehmomentbefehlswert τ_2 in Bezug auf die Antriebswelle 2 der Positionssteuervorrichtung **300** gegeben wird.

[0013] Mit dieser Struktur wird der Drehmomentbefehlswert korrigiert, um die Erzeugung einer Abweichung zu verringern. In diesem Fall weist die Drehmomentrückkopplung τ_b einen Effekt der Verringerung einer Vibration aufgrund einer Drehmomentstörung zwischen der Antriebswelle 1 und der Antriebswelle 2 auf. Während $I_1 = 0,3 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$, $I_2 = 0,1 \text{ [kg}\cdot\text{m}^2]$ und $K = 50 \cdot 10^3 \text{ [Nm/rad]}$ als Zielanlagenbedingung ausgewählt werden, wird eine bevorzugte Steuerbedingung (K_p* , G_v* , A_{TF*} ; * = 1 oder 2) für diese Zielanlage festgelegt und ein Störungsdrehmoment τ_{dis} , das in **Fig. 8** und **Fig. 9** gezeigt ist, wird schrittweise gegeben, und eine Störungsreaktion wird für jede Periode $T_S = 0,1 \text{ [ms]}$ simuliert. Das Ergebnis der Simulation ist in **Fig. 11** und **Fig. 12** gezeigt.

[0014] Der obere Graph in **Fig. 11** zeigt das Störungsdrehmoment τ_{dis} . Mit einer schrittweisen Störung von +100 [Nm], die zum Zeitpunkt von 10 ms gegeben ist, ergibt sich eine Abweichung zwischen der Antriebswelle 1 und der Antriebswelle 2, die in **Fig. 8** gezeigt ist. Der untere Graph in **Fig. 11** zeigt die Geschwindigkeit v_1 der Antriebswelle 1, die aufgrund der schrittweisen Störung erzeugt wird. Der obere Graph in **Fig. 12** zeigt

die Geschwindigkeit v_2 der Antriebswelle 2 und der untere Graph zeigt den Positionsfehler $\text{Diff}_1 (= X_c - x_1)$ der Antriebswelle 1.

[0015] Aus **Fig. 11** und **Fig. 12** ist bekannt, dass eine Vibrationscharakteristik der Störungsreaktion in Abhängigkeit von der Verstärkungsrate G_d des Verstärkers G_d signifikant variiert. Wenn $G_d = 0 \rightarrow G_d = 70$ festgelegt ist, wird eine Drehmomentrückkopplung τ_b erzeugt und eine Dämpfungscharakteristik wird verbessert. Wenn jedoch $G_d = 70 \rightarrow G_d = 200$ festgelegt ist, wird die Dämpfungscharakteristik übermäßig, was die Reaktionscharakteristik verschlechtert. Dies bedeutet, dass es eine bevorzugte Verstärkungsrate G_d in Abhängigkeit von einer Zielanlagenbedingung gibt.

[0016] Hier ist zu beachten, dass durch Einschließen der Abweichungsgeschwindigkeitsdetektion zwischen Steuerwellen und der Drehmomentrückkopplungssteuerung durch den Verstärker G_d (nachstehend außerdem unter Verwendung des Terms der Drehmomentkompensationssteuerung) in die Bewegungsgleichung, nämlich die Ausdrücke (1), (2) und (3), die Übertragungscharakteristik des Abweichungsdrehmoments τ_r relativ zum Störungsdrehmoment τ_{dis} als Ausdruck (4) ausgedrückt wird.

[Ausdruck 3]

$$\frac{\tau_r(s)}{\tau_{dis}(s)} = -\frac{\omega_p^2}{s^2 + G_d \left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right) s + \omega_p^2} ; \omega_p = \sqrt{K \left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2} \right)} \quad \dots\dots(4)$$

[0017] Da diese Charakteristik von einem sekundären Verzögerungssystem ist, kann die Vibrationscharakteristik als Ausdruck (5) unter Verwendung eines Dämpfungskoeffizienten ζ ausgedrückt werden.

[Ausdruck 4]

$$\xi = \frac{G_d}{2K} \omega_p \quad \dots\dots(5)$$

[0018] Das heißt, um sowohl eine geeignete Dämpfungscharakteristik als auch Reaktionscharakteristik zu erreichen, ist es erforderlich, die Verstärkungsrate G_d so, dass der Dämpfungskoeffizient $\zeta = 0,5$ bis $0,8$ erreicht wird, in Abhängigkeit von der Zielanlagenbedingung auszuwählen.

[0019] Die in **Fig. 10** gezeigte herkömmliche Positionssteuervorrichtung basiert auf einer Struktur, die zur gleichzeitigen Detektion der Geschwindigkeit v_1 der Antriebswelle 1 und der Geschwindigkeit v_2 der Antriebswelle 2 und zur Echtzeitberechnung der Abweichungsgeschwindigkeit in der Lage ist. Gemäß einer typischen Positionssteuervorrichtung ist es jedoch häufig der Fall, dass die erste Wellenpositionssteuereinheit und die zweite Wellenpositionssteuereinheit unabhängig ausgebildet sind, und in einer solchen Struktur ist es auf einer Steuerwellenseite nicht möglich, gleichzeitig auf einer Echtzeitbasis die Geschwindigkeit ihrer eigenen Welle und jene der anderen Welle zu detektieren. Daher ist es nicht möglich, eine Drehmomentkompensationssteuerung unter Verwendung einer Abweichungsgeschwindigkeit zwischen Steuerwellen relativ zu einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand auszuführen.

[0020] In dem Fall, in dem die Bedingung einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand konstant ist oder nur geringfügig variiert, wie z. B. im Tandemantrieb einer Vorschubwelle einer Werkzeugmaschine, ist es ferner möglich, eine Verstärkungsrate G_d im Voraus auszuwählen, während die Vibrationscharakteristik geprüft wird. In einem Fall, in dem ein Werkstück an beiden Endabschnitten davon durch zwei jeweilige Hauptwellen gehalten wird, die auf den entgegengesetzten Seiten relativ zueinander angeordnet sind, und einer Drehbearbeitung unterzogen wird, wird jedoch das Werkstück von einem unabhängigen Steuerzustand auf den Tandemsteuerzustand umgestellt, in dem eine Drehmomentstörung zwischen den Wellen, die in **Fig. 8** gezeigt ist, zu dem Zeitpunkt verursacht wird, zu dem eine Hauptwelle, die auf der entgegengesetzten Seite relativ zur anderen Hauptwelle angeordnet ist, die einen Endabschnitt des Werkstück hält, den anderen Endabschnitt des Werkstücks ergreift.

[0021] Bei einem solchen Betrieb variiert die Zielanlagenbedingung (Trägheitsmomente I_1, I_2 der jeweiligen Wellen und die Steifigkeit K im Tandemsteuerzustand) signifikant in Abhängigkeit von dem Material oder der Form des Werkstücks. Selbst wenn die Verstärkungsrate G_d im Voraus ausgewählt wird, weicht daher der

Dämpfungskoeffizient ζ folglich signifikant von einem geeigneten Wert ab, sobald das Werkstück in ein anderes ausgewechselt wird, und folglich ist es nicht möglich, eine Tandemsteuerung mit einer bevorzugten Dämpfungscharakteristik und Reaktionscharakteristik zu erreichen.

[0022] Angesichts des Obigen zielt die vorliegende Erfindung darauf ab, eine Positionssteuervorrichtung zu schaffen, die für den Tandemantrieb geeignet ist und zum unverzüglichen Erreichen einer Drehmomentkompensationssteuerung mit bevorzugter Dämpfungscharakteristik in der Lage ist, selbst in einer Positionssteuervorrichtung mit unabhängig ausgebildeten ersten und zweiten Wellenpositionssteuereinheiten, die außerstande ist zu einer Drehmomentkompensationssteuerung unter Verwendung einer Abweichungsgeschwindigkeit zwischen Steuerwellen, oder bei einem Betrieb, in dem der unabhängige Steuerzustand und der Tandemsteuerzustand wiederholt umgeschaltet werden und sich die Zielanlagenbedingung folglich signifikant verändert.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

[0023] Im Tandemsteuerzustand wird im Allgemeinen ein Abweichungsdrehmoment τ_r durch Abschätzung berechnet. Insbesondere wird zum Zeitpunkt der Umstellung auf den Tandemsteuerzustand die Steifigkeit K auf der Basis der Geschwindigkeit der anderen Welle, die von einer Vorrichtung oberer Ebene (nicht dargestellt) übertragen wird, der Geschwindigkeit ihrer eigenen Welle und des Abweichungsdrehmoments, die gleichzeitig wie die Abschätzung der Geschwindigkeit der anderen Welle abgeschätzt werden, berechnet, um eine Kompensatorverstärkung für einen Abweichungsvibrationsverringungsdrehmomentkompensator festzulegen, der einen geeigneten Dämpfungskoeffizienten ζ für die Tandemsteuerreaktion gibt.

[0024] Mit dem Obigen wird ein Drehmomentbefehlswert mit einem addierten Abweichungsvibrationsverringungsdrehmomentkompensationsbetrag erhalten, und folglich ist es möglich, eine Tandemsteuerung mit bevorzugter Dämpfungscharakteristik und Reaktionscharakteristik mit einem geeigneten Dämpfungskoeffizienten ζ in Abhängigkeit von einer Zielanlagenbedingung, die signifikant variiert, zu erreichen.

[0025] Gemäß einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung ist es möglich, die Tandemsteuerung unverzüglich zu erreichen, die zur Drehmomentkompensationssteuerung mit bevorzugter Dämpfungscharakteristik in der Lage ist, zum Zeitpunkt der Umstellung auf den Tandemsteuerzustand selbst in einer Struktur mit unabhängig ausgebildeten ersten und zweiten Wellenpositionssteuereinheiten, die zur Drehmomentkompensationssteuerung unter Verwendung einer Abweichungsgeschwindigkeit zwischen Steuerwellen außerstande ist, oder in dem Fall, in dem der unabhängige Steuerzustand und der Tandemsteuerzustand wiederholt umgeschaltet werden und die Zielanlagenbedingung folglich signifikant variiert.

KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

[0026] **Fig. 1** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Struktur einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

[0027] **Fig. 2** ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Struktur eines Abweichungsvibrationsverringungsdrehmomentkompensators zeigt, der innerhalb einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist;

[0028] **Fig. 3** ist ein Ablaufplan, der eine Operation einer Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit erläutert, die innerhalb einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung vorgesehen ist;

[0029] **Fig. 4** zeigt ein Beispiel einer Simulationswellenform einer Störungsreaktionsoperation zum Zeitpunkt der Umstellung auf den Tandemsteuerzustand;

[0030] **Fig. 5** zeigt ein Beispiel einer Simulationswellenform einer Steifigkeitsabschätzoperation zum Zeitpunkt der Umstellung auf den Tandemsteuerzustand;

[0031] **Fig. 6** zeigt ein Beispiel einer Störungsreaktionssimulationswellenform einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung in einem stetigen Tandemsteuerzustand;

[0032] **Fig. 7** zeigt ein Beispiel einer anderen Störungsreaktionssimulationswellenform einer Steuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung im stetigen Tandemsteuerzustand;

[0033] **Fig. 8** ist ein schematisches Diagramm, das eine Zielanlage im Tandemsteuerzustand erläutert;

[0034] **Fig.** 9 ist ein Blockdiagramm, das eine Bewegungsgleichung einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand zeigt;

[0035] **Fig.** 10 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Struktur einer herkömmlichen Positionssteuervorrichtung zeigt;

[0036] **Fig.** 11 zeigt ein Beispiel einer Störungsreaktionssimulationswellenform einer herkömmlichen Positionssteuervorrichtung; und

[0037] **Fig.** 12 zeigt ein Beispiel einer anderen Störungsreaktionssimulationswellenform einer herkömmlichen Positionssteuervorrichtung.

AUSFÜHRLICHE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

[0038] Im Folgenden wird eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung mit Bezug auf ein Beispiel (nachstehend als Ausführungsform bezeichnet) beschrieben. **Fig.** 1 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt. Im Folgenden wird nur ein Unterschied zum vorstehend beschriebenen Stand der Technik beschrieben. Diese Positionssteuervorrichtung basiert auf einer Struktur, in der eine erste Wellenpositionssteuereinheit und eine zweite Wellenpositionssteuereinheit unabhängig ausgebildet sind und die Geschwindigkeiten der jeweiligen Wellen nicht gleichzeitig auf einer Echtzeitbasis detektiert werden können.

[0039] Nachstehend wird eine erste Wellenpositionssteuereinheit **5a** beschrieben. Eine zweite Wellenpositionssteuereinheit **5b** wird nicht beschrieben, da die innere Struktur und die Strukturelemente davon dieselben wie jene der ersten Wellenpositionssteuereinheit **5a** sind. Jede der Wellenpositionssteuereinheiten **5a**, **5b** umfasst grob eine Berechnungseinheit zum Berechnen eines Drehmomentbefehlswerts vor der Komensation (ein Ausgangswert aus der Addierereinheit **57a**, **57b**), einen Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator **2a**, **2b** und eine Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a**, **3b**. Physikalisch umfasst die Wellenpositionssteuereinheit **5a**, **5b** eine CPU für verschiedene Operationen und einen Speicher zum Speichern von verschiedenen Steuerparametern und eines detektierten Werts. Der Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator **2a** wendet eine Dämpfungscharakteristik auf eine Zielanlage an, um die Vibration zu verringern. Da in der Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung eine Echtzeitdetektion einer Abweichungsgeschwindigkeit nicht möglich ist, wird ein Abweichungsdrehmoment τ_r abgeschätzt und ein Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrag τ_{b1} wird auf der Basis des abgeschätzten Abweichungsdrehmoments τ_r berechnet.

[0040] **Fig.** 2 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Struktur des Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensators **2#** (# gibt entweder a oder b an) zeigt. $\hat{d}_*(s)$ im Diagramm wird als Ausdruck (6) relativ zu einer Eingabe τ^* , v^* (* gibt entweder 1 oder 2 an) ausgedrückt.

[Ausdruck 5]

$$\hat{d}_*(s) = \frac{L}{s + L} \{J \cdot sv_*(s) - \tau_*(s)\} \quad (6)$$

wobei sich J auf ein Trägheitsmoment bezieht, das unter Verwendung einer öffentlich bekannten Technik in Bezug auf jede der Antriebswellen 1 und 2 im unabhängigen Steuerzustand identifiziert wird. Insbesondere wird das Trägheitsmoment I_1 der Antriebswelle 1 in der Abweichungsdrehmomentabschätzseinheit **6a** angewendet und das Trägheitsmoment I_2 der Antriebswelle 2 wird in der Abweichungsdrehmomentabschätzseinheit **6b** angewendet.

[0041] Da es möglich ist, den Inhalt der geschweiften Klammern des Ausdrucks (6) durch einen Ausdruck (7) auf der Basis des Blockdiagramms einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand auszudrücken, der in **Fig.** 9 gezeigt ist, wird ferner ein relationaler Ausdruck (8) durch Einsetzen des Ausdrucks (7) in den Ausdruck (6) erhalten.

[Ausdruck 6]

$$J \cdot sv_*(s) - \tau_*(s) = (-1)^* \{\tau_r(s) + \tau_{dis}(s)\} \quad (7)$$

[Ausdruck 7]

$$\hat{d}_*(s) = \frac{L}{s+L} \{\tau_r(s) + \tau_{dis}(s)\} \quad (8)$$

wobei L ein Parameter zum Bestimmen eines Abschätzungsbandes einer oberen Grenze (Grenzfrequenz) von \hat{d}_* ist, das im Voraus in der Abweichungsdrehmomentabschätzeinheit 6# festgelegt wird.

[0042] Danach wird unter Verwendung des Hochpassfilters 10# (Grenzfrequenz ω_h) und des Tiefpassfilters 11# (Grenzfrequenz ω_c) in der Abweichungsdrehmomentabschätzeinheit 6# das Störungsdrehmoment τ_{dis} von \hat{d}_* entfernt, das auf der Basis des Ausdrucks (8) abgeschätzt wird. Folglich wird eine Ausgabe der Abweichungsdrehmomentabschätzeinheit 6# durch einen Ausdruck (9) ausgedrückt, der eine Abschätzung $\hat{\tau}_r$ des Abweichungsdrehmoments τ_r gibt.

[Ausdruck 8]

$$\hat{\tau}_r(s) \doteq (-1)^* \tau_r(s) \quad (9)$$

[0043] Ferner wendet der Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator 2# eine Zeitdifferenzierung auf die Abweichungsdrehmomentabschätzung $\hat{\tau}_r$ im Differenzierer 12# an und verstärkt durch die Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung C_{VS*} mal im Differenzierer 13#, wobei C_{VS*} als Ausdruck (10) ausgedrückt wird.

[Ausdruck 9]

$$C_{VS*} = \frac{D_p}{K} \dots\dots (10)$$

[0044] In der nachstehend zu beschreibenden Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit 3a werden eine Steifigkeitsabschätzung \hat{K} und eine Verstärkungsrate D_p des Ausdrucks (10) bestimmt und die Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung C_{VS*} wird berechnet, damit sie für den Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator 2# festgelegt wird.

[0045] Wenn der Schalter 14# eingeschaltet wird, bildet eine Ausgabe aus dem Verstärker 13# einen Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrag τ_{b*} oder eine Ausgabe aus dem Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator 2#. Die Verarbeitung der Berechnung eines Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrags τ_{b*} aus der Abweichungsdrehmomentabschätzung $\hat{\tau}_r$ wird als Ausdruck (11) ausgedrückt. Um im Blockdiagramm einer Zielanlage im Tandemsteuerzustand, der in Fig. 9 gezeigt ist, auszudrücken, nähert diese Verarbeitung die Verarbeitung der Berechnung des Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrags τ_{b*} durch Multiplizieren der Verstärkungsrate D_p mit der Abweichungsgeschwindigkeit.

[Ausdruck 10]

$$\tau_{b*} = C_{VS*} \frac{d\hat{\tau}_r}{dt} = \frac{D_p}{K} \frac{d\hat{\tau}_r}{dt} \doteq (-1)^* D_p \frac{1}{K} \frac{d\tau_r}{dt} = (-1)^* D_p (v_1 - v_2) \dots\dots (11)$$

[0046] Der Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrag τ_{b1} wird zu einer Ausgabe (einem Drehmomentwert vor der Kompensation) der Addierereinheit 57a durch eine Addierereinheit 4a, die in Fig. 1 gezeigt ist, addiert, wodurch ein Drehmomentbefehlswert τ_1 in Bezug auf die Antriebswelle 1 der Positionssteuervorrichtung 1 gegeben wird. Das heißt, gemäß der Positionssteuervorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung, die in Fig. 1 gezeigt ist, ist es möglich, einen Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbetrag τ_{b*} zum Verringern der Vibration aufgrund der Drehmomentstörung zwischen dem Wellen zu erhalten, ähnlich zu einer herkömmlichen Positionssteuervorrichtung, die in Fig. 10 gezeigt ist, die zu einer Echtzeitdetektion einer Abweichungsgeschwindigkeit in der Lage ist, selbst in einer Struktur, die zur Echtzeitdetektion einer Abweichungsgeschwindigkeit außerstande ist. Es ist zu beachten, dass, wenn die Tandemsteuerung nicht ausgeführt wird, der Schalter 14# ausgeschaltet bleibt und der Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator 2# null ausgibt.

[0047] Im Folgenden wird eine Operation der Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a**, die in **Fig. 1** gezeigt ist, beschrieben. Die Geschwindigkeit v_1 der Antriebswelle 1, die auf einer Echtzeitbasis detektiert wird, wird in die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** eingegeben. Außerdem wird die Geschwindigkeit v_1 zu einer Vorrichtung oberer Ebene und ferner zur Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3b** der zweiten Wellenpositionssteuereinheit **5b** über die Vorrichtung oberer Ebene übertragen. Unterdessen wird die Geschwindigkeit v_2 der Antriebswelle 2 mit einer Detektionsverzögerungszeit T_d von der Vorrichtung oberer Ebene zur Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** übertragen. **Fig. 3** ist ein Ablaufplan, der eine Operation der Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** erläutert. Es ist zu beachten, dass * in **Fig. 3** 1 für die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** und 2 für die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3b** angibt.

[0048] Die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** führt wiederholt eine serielle Verarbeitung, die im Ablaufplan in **Fig. 3** gezeigt ist, für jede Periode T_s aus. Zum Zeitpunkt der Umstellung vom unabhängigen Steuerzustand auf den Tandemsteuerzustand, wie z. B. wenn eine Hauptwelle, die auf der entgegengesetzten Seite relativ zur anderen Hauptwelle angeordnet ist, die einen Endabschnitt eines Werkstücks hält, den anderen Endabschnitt des Werkstücks ergreift, befiehlt eine Vorrichtung oberer Ebene das Einschalten des Tandemsteuerbefehls-Flags F_{tdmc} . Unterdessen befiehlt zum Zeitpunkt der Umstellung vom Tandemsteuerzustand auf den unabhängigen Steuerzustand eine Vorrichtung oberer Ebene das Ausschalten des Tandemsteuerbefehls-Flags F_{tdmc} .

[0049] Anfänglich wird das Tandemsteuerbefehls-Flag F_{tdmc} bei S10 geprüft. Wenn sich das Tandemsteuerbefehls-Flag F_{tdmc} in einem Ein-Zustand befindet, wird ein Tandemsteuer-Flag für den stetigen Zustand F_{tdm} bei S11 geprüft. Das heißt, das Tandemsteuer-Flag für den stetigen Zustand F_{tdm} in einem Ein-Zustand gibt die Vollendung der Kompensatorverstärkungsberechnung an und die Verarbeitung wird einfach beendet. Unterdessen gibt das Tandemsteuer-Flag für den stetigen Zustand F_{tdm} in einem Aus-Zustand an, dass es sich im Kompensatorverstärkungsberechnungszyklus befindet. In diesem Fall wird ein Kompensatorverstärkungsberechnungs-Flag F_{cal} bei S12 geprüft. Da das Kompensatorverstärkungsberechnungs-Flag F_{cal} in einem Aus-Zustand den anfänglichen Zyklus der Kompensatorverstärkungsberechnung angibt, wird die Tandemsteuerinitialisierungsverarbeitung bei S13 ausgeführt.

[0050] In der Tandemsteuerinitialisierungsverarbeitung werden die Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung $C_{VS1} = 0$ und ein Schaltsignal SW_1 in einem Ein-Zustand an den Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompassator **2a** ausgegeben, um dadurch die Tandemsteuerstruktur zu validieren. Nach dem Einschalten des Kompensatorverstärkungsberechnungs-Flags F_{cal} und nach dem vorliegenden Zyklus wird ferner die Kompensatorverstärkungsberechnung ausgeführt. Bei S14 wird der Berechnungszyklus k auf 1 gesetzt, bevor zu S15 fortgefahrene wird. Wenn das Kompensatorverstärkungsberechnungs-Flag F_{cal} sich in einem Ein-Zustand bei S12 befindet, fährt unterdessen der Kompensatorverstärkungsberechnungszyklus fort. Folglich geht die Verarbeitung zu S15 weiter. Es ist zu beachten, dass die Berechnungszyklusendnummer $cycend$ ein im Voraus festgelegter Parameter ist. Die Verarbeitung bei S16 und danach wird ausgeführt, bis der Berechnungszyklus k die Berechnungszyklusendnummer $cycend$ erreicht.

[0051] Bei S16 wird eine Steifigkeitsabschätzung \hat{K} berechnet. Insbesondere werden für jede Periode T_s die Geschwindigkeit $v_1(k)$ der Antriebswelle 1 und die Abweichungsdrehmomentabschätzung $\hat{\tau}_r(k)$, die aus dem Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompassator **2a** ausgegeben wird, im Speicher gepuffert. Die Geschwindigkeit $v_2(k)$ der Antriebswelle 2 mit der Detektionsverzögerungszeit T_d , die von einer Vorrichtung oberer Ebene übertragen wird, wird auch im Speicher gepuffert. Die Geschwindigkeit $v_2(k)$ der Antriebswelle 2 und die Geschwindigkeit $v_1(k)$ und die Abweichungsdrehmomentabschätzungen $\hat{\tau}_r(k)$ und $\hat{\tau}_r(k - 1)$ zum gleichen Detektionszeitpunkt werden aus dem Puffer ausgewählt und die Berechnung eines Ausdrucks (12) oder (13) wird ausgeführt.

[Ausdruck 11]

$$\left\{ \begin{array}{l} |v_1(k) - v_2(k)| > A_{\text{lim}} \\ \hat{K}_0(k) = \frac{\left| \frac{\hat{\tau}_r(k) - \hat{\tau}_r(k-1)}{T_s} \right|}{|v_1(k) - v_2(k)|} \quad \dots \dots (12) \\ |v_1(k) - v_2(k)| \leq A_{\text{lim}} \\ \hat{K}_0(k) = \hat{K}_0(k-1) \quad \dots \dots (13) \end{array} \right.$$

[0052] Der Zähler auf der rechten Seite des Ausdrucks (12) ist eine Näherung eines Differenzwerts des Abweichungsdrehmoments τ_r und die Steifigkeitsabschätzung $\hat{K}_0(k)$, die durch Dividieren des Zählers durch die Abweichungsgeschwindigkeit erhalten wird, gibt eine berechnete Abschätzung der Steifigkeit K , die in Fig. 9 gezeigt ist. Der Ausdruck (13) gibt das Weglassen der Berechnung an, wenn die Abweichungsgeschwindigkeit $|v_1(k) - v_2(k)|$ kleiner ist als ein vorbestimmter Referenzwert A_{lim} , da sich ein großer Rechenfehler ergibt.

[0053] Ein Ausdruck (14) drückt die Filterverarbeitung zum Entfernen einer Geschwindigkeitsdetektionsfehlers oder einer Fehlerkomponente aufgrund einer subtilen Diskrepanz im Detektionszeitpunkt aus, die in der Berechnung der Steifigkeitsabschätzung $\hat{K}_0(k)$ enthalten ist.

[Ausdruck 12]

$$\widehat{K}(k) = \widehat{K}(k-1) + C_E \{ \widehat{K}_0(k) - \widehat{K}(k-1) \} \quad (14)$$

[0054] Im Ausdruck (14) wird eine Steifigkeitsabschätzung nach dem Filtern als $\hat{K}(k)$ ausgedrückt, wobei C_F eine im Voraus festgelegte Filterkonstante im Bereich von $0 \leq C_F \leq 1$ ist. Das vorstehend beschriebene ist eine Operation zum Berechnen einer Steifigkeitsabschätzung \hat{K} bei S16. Bei S17 wird der Berechnungszyklus k hochgezählt.

[0055] Nachstehend wird ein Beispiel einer Operation zur Abschätzungsberechnung einer Steifigkeitsabschätzung \hat{K} mit Bezug auf einer in **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Simulationswellenform beschrieben. Insbesondere zum Zeitpunkt, wenn der unabhängige Steuerzustand auf den Tandemsteuerzustand umschaltet (F_{tdmc} aus \rightarrow ein), wie z. B. wenn eine Hauptwelle auf der entgegengesetzten Seite relativ zur anderen Hauptwelle, die einen Endabschnitt eines Werkstücks hält, den anderen Endabschnitt des Werkstücks ergreift, wird eine schrittweise Störung folglich auf die jeweiligen Wellen aufgebracht. **Fig. 4** zeigt die Simulation der Abweichungsgeschwindigkeit auf der Basis einer Annahme, dass diese Störung eine schrittweise Störung τ_{dis} ähnlich zu der in **Fig. 11** gezeigten ist. Es ist zu beachten, dass die Zielanlagenbedingungen (I_1, I_2, K), die Steuerbedingung (K_p^*, G_v^* , $A_{TF}; * = 1, 2$) und die Berechnungsperiode T_s dieselben wie jene des vorstehend beschriebenen Standes der Technik sind.

[0056] Fig. 5 zeigt die Simulation einer Operation zum Berechnen einer Steifigkeitsabschätzung \hat{K} . Der obere Graph zeigt ein Ergebnis der Berechnung des Ausdrucks (12) oder (13) für jeden Berechnungszyklus, wobei eine Bedingung des vorstehend beschriebenen Referenzwerts $A_{lim} = 0,2 \text{ [rad/s]}$ gegeben ist. Unterdessen zeigt der untere Graph ein Ergebnis der Berechnung mit Filterverarbeitung, die durch den Ausdruck (14) ausgedrückt wird, die mit $C_F = 0,1$ ausgeführt wird. Wenn in diesem Beispiel die Berechnungszyklusendnummer $cycend$ auf etwa 400 gesetzt wird, ist es möglich, eine Steifigkeitsabschätzung \hat{K} zu erhalten, die einer Berechnungskonvergenz unterliegt.

[0057] Mit Rückkehr zum Ablaufplan in **Fig. 3** wird, wenn der Berechnungszyklus k die Berechnungszyklusendnummer cycend bei S15 erreicht, die Verarbeitung bei S18 und danach ausgeführt. Insbesondere wird bei S18 die Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung C_{VS1} , die für den Verstärker **13a** festgelegt werden soll, auf der Basis eines Ausdrucks (15) unter Verwendung der Steifigkeitsabschätzung \hat{K} im vorherigen Zyklus berechnet.

[Ausdruck 13]

$$C_{VS1} = \frac{D_p}{\hat{K}} \dots\dots(15)$$

[0058] Hier ist zu beachten, dass, wenn die Verstärkungsrate D_p der Verstärkungsrate G_d in der in **Fig. 10** gezeigten herkömmlichen Positionssteuervorrichtung entspricht, wie aus dem relationalen Ausdruck (11) bekannt, die Verstärkungsrate D_p auf der Basis eines Ausdrucks (16) unter Verwendung der Beziehung zwischen den Ausdrücken (5) und (4) bestimmt wird.

[Ausdruck 14]

$$D_p = \frac{2 \zeta \hat{K}}{\omega_p} = 2 \zeta \sqrt{\frac{\hat{K}}{\left(\frac{1}{I_1} + \frac{1}{I_2}\right)}} \dots\dots(16)$$

[0059] Hier ist zu beachten, dass das Trägheitsmoment I_1 und das Trägheitsmoment I_2 hinsichtlich der jeweiligen Wellen 1 und 2 im unabhängigen Steuerzustand identifiziert werden und für die jeweiligen Wellen im Voraus über eine Vorrichtung oberer Ebene festgelegt werden. Es ist zu beachten, dass ein geeigneter Wert für den Dämpfungskoeffizienten ζ im Voraus festgelegt wird.

[0060] Nach der Vollendung der Berechnung und Festlegung der Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung C_{VS^*} bei S18 wird das Tandemsteuer-Flag für den stetigen Zustand F_{tdm} bei S19 eingeschaltet. Die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3a** arbeitet nicht im anschließenden Zyklus mit dem Tandemsteuerbefehls-Flag F_{tdmc} in einem Ein-Zustand. Wenn der Tandemsteuerzustand danach auf den unabhängigen Steuerzustand umgestellt (F_{tdmc} ein → aus), wird danach die Verarbeitung zur Zeit der unabhängigen Steuerung bei S20 ausgeführt.

[0061] Bei der Verarbeitung zur Zeit der unabhängigen Steuerung wird ein Schaltsignal SW_1 in einem Aus-Zustand an den Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensator **2a** ausgegeben, um dadurch die Tandemsteuerstruktur zu invalidieren. Um auf die anschließende Umstellung auf den Tandemsteuerzustand vorzubereiten, werden ferner das Kompensatorverstärkungsberechnungs-Flag F_{cal} und das Tandemsteuer-Flag für den stetigen Zustand F_{tdm} auf aus gesetzt.

[0062] Im stetigen Tandemsteuerzustand nach der Vollendung der Berechnung und Festlegung der Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung C_{VS^*} wendet die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit **3#** ein Störungsdrehmoment τ_{dis} schrittweise an, um eine Störungsreaktion für jede Periode $T_S = 0,1$ [ms] zu simulieren. Das Ergebnis der Simulation ist in **Fig. 6** und **Fig. 7** gezeigt. Der obere Graph in **Fig. 6** zeigt ein Störungsdrehmoment τ_{dis} , während der untere Graph Geschwindigkeiten v_1 und v_2 der jeweiligen Wellen zeigt, die aufgrund der schrittweisen Störung erzeugt werden. Der obere Graph in **Fig. 7** zeigt Abweichungsvibrationsverringerungsdrehmomentkompensationsbeträge τ_{b1} und τ_{b2} der jeweiligen Wellen, während der untere Graph einen Positionsfehler $Diff_1 (= X_c - x_1)$ der Antriebswelle 1 zeigt. Es ist zu beachten, dass der Dämpfungskoeffizient (, der bei der Bestimmung der Verstärkungsrate D_p ausgewählt wird, im Ausdruck (16) $\zeta = 0,8$ ist).

[0063] Mit dem Obigen ist es möglich, eine Leistung in der Dämpfungscharakteristik und Reaktionscharakteristik auf der Positionsfehlerebene äquivalent zu jener einer herkömmlichen Struktur zu erreichen, die direkt eine Abweichungsgeschwindigkeit detektiert. Da die Verwendung einer Abweichungsdrehmomentabschätzung $\hat{\tau}_r$ die Berechnung zum Identifizieren einer Steifigkeitsabschätzung \hat{K} ermöglicht, was für eine herkömmliche Struktur nicht möglich ist, ist es ferner möglich, die Tandemsteuerung unverzüglich zu erreichen, die zur Drehmomentkompensationssteuerung mit einem geeigneten Dämpfungskoeffizienten ζ zum Zeitpunkt der Umstellung auf den Tandemsteuerzustand in der Lage ist, selbst wenn der unabhängige Zustand und der Tandemsteuerzustand wiederholt umgeschaltet werden und die Zielanlagenbedingung folglich signifikant variiert.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

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

Zitierte Patentliteratur

- JP 2015-056945 [0001]

Patentansprüche

1. Positionssteuervorrichtung, die ein Tandemsteuerverfahren zum Antreiben eines Steuerziels unter Verwendung von zwei Antriebswellen verwendet, die umfasst:
zwei Positionssteuereinheiten, die für die jeweiligen Antriebswellen vorgesehen sind, um jeweils einen Drehmomentbefehlswert für eine entsprechende Antriebswelle auszugeben, wobei
jede der Positionssteuereinheiten umfasst
eine Berechnungseinheit zum Berechnen eines Drehmomentbefehlswerts vor der Kompensation auf der Basis eines Positionsbefehlswerts, der von einer Vorrichtung oberer Ebene eingegeben wird, und eines detektierten Positionswerts der entsprechenden Antriebswelle,
einen Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensator zum Berechnen einer Abweichungsdrehmomentabschätzung auf der Basis des Drehmomentbefehlswerts für die entsprechende Antriebswelle und ihre eigene Wellengeschwindigkeit oder einer Geschwindigkeit der entsprechenden Antriebswelle und zum Berechnen eines Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensationsbetrags, der zum Drehmomentbefehlswert vor der Kompensation der entsprechenden Antriebswelle addiert werden soll, auf der Basis der Abweichungsdrehmomentabschätzung und einer Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung, um den Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensationsbetrag auszugeben, und
eine Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit zum Ausgeben eines Schaltsignals beim Empfangen eines Tandemsteuerbefehls, der von der Vorrichtung oberer Ebene eingegeben wird, an den Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensator zum Ausgeben des Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensationsbetrags, Berechnen der Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung auf der Basis ihrer eigenen Wellengeschwindigkeit, einer Geschwindigkeit einer anderen Welle und der Abweichungsdrehmomentabschätzung und Ausgeben der berechneten Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung an den Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensator, und
jede der Positionssteuereinheiten einen Wert, der durch Addieren des Abweichungsvibrationsverringerungsreihmomentkompensationsbetrags zum Drehmomentbefehlswert vor der Kompensation erhalten wird, als Drehmomentbefehlswert ausgibt.

2. Positionssteuervorrichtung nach Anspruch 1, wobei die Kompensatorverstärkungsberechnungseinheit die Abweichungsvibrationsverringerungskompensationsverstärkung auf der Basis einer Steifigkeitsabschätzung einer Zielanlage, die auf der Basis der Abweichungsdrehmomentabschätzung berechnet wird, ihrer eigenen Wellengeschwindigkeit und der Geschwindigkeit der anderen Welle, eines Trägheitsmoments, das im Voraus in Bezug auf jede Welle identifiziert wird, und eines im Voraus festgelegten Dämpfungskoeffizienten berechnet.

Es folgen 12 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

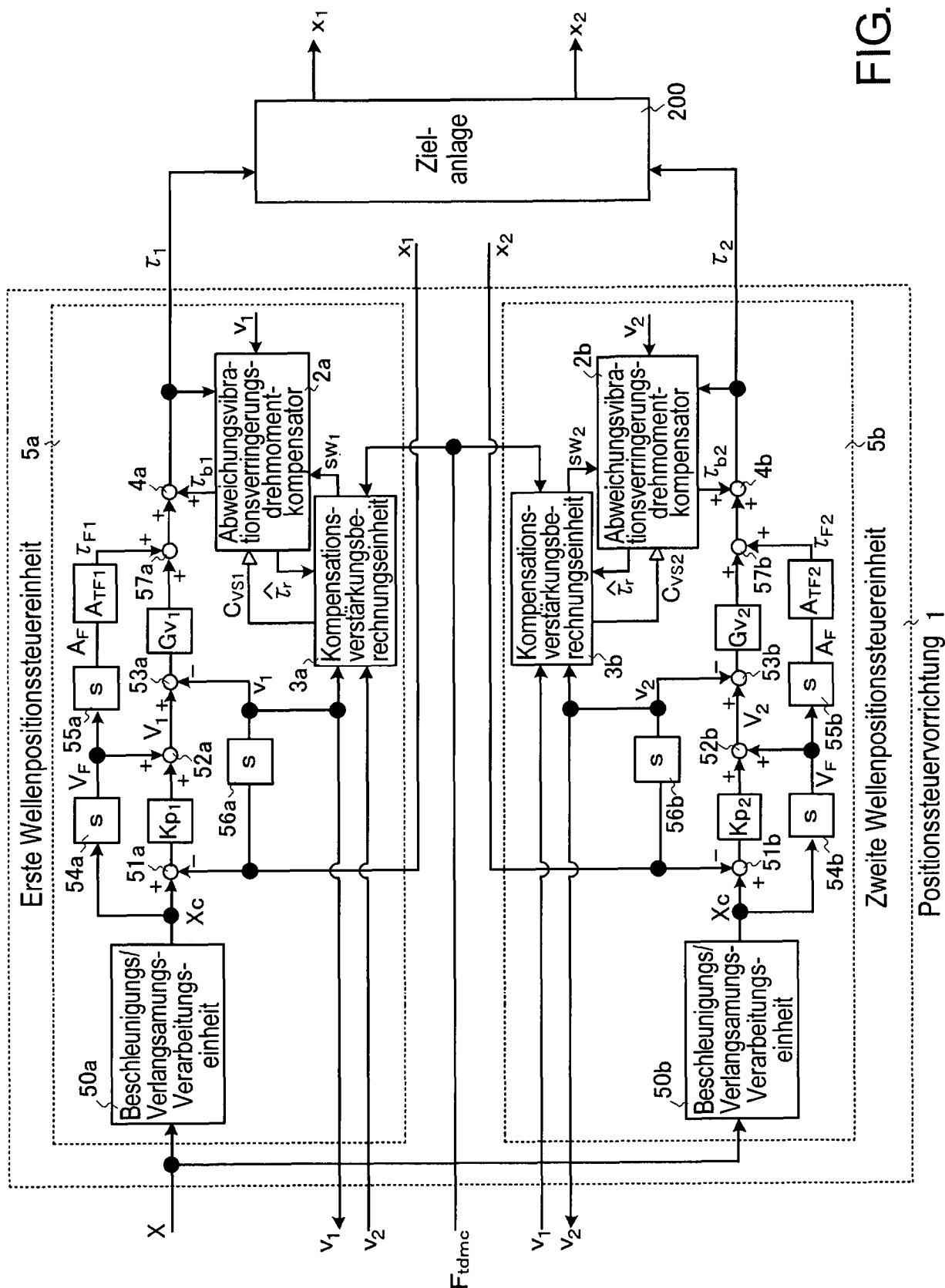
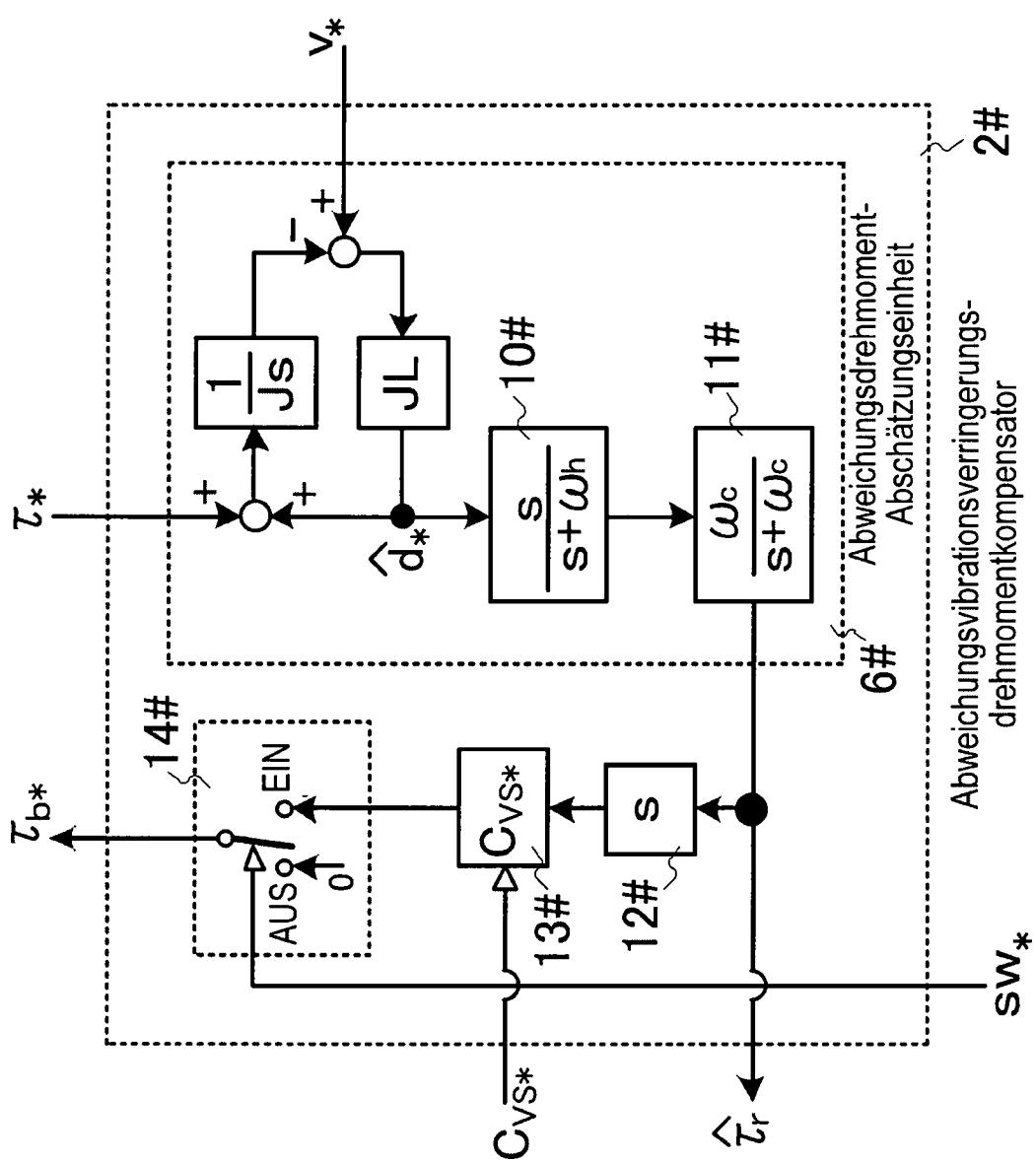


FIG. 1

Positionssteuervorrichtung 1

FIG. 2



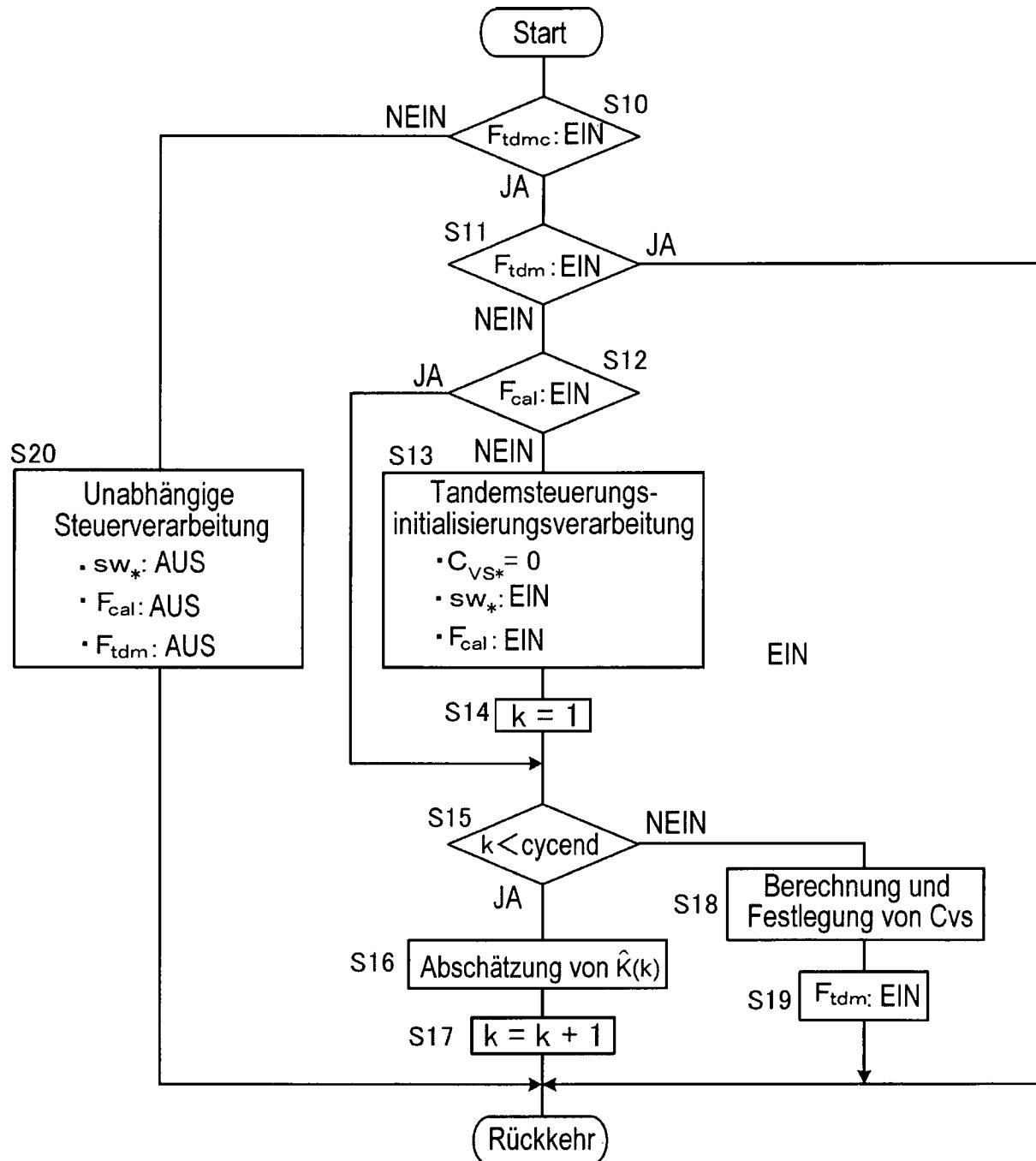


FIG. 3

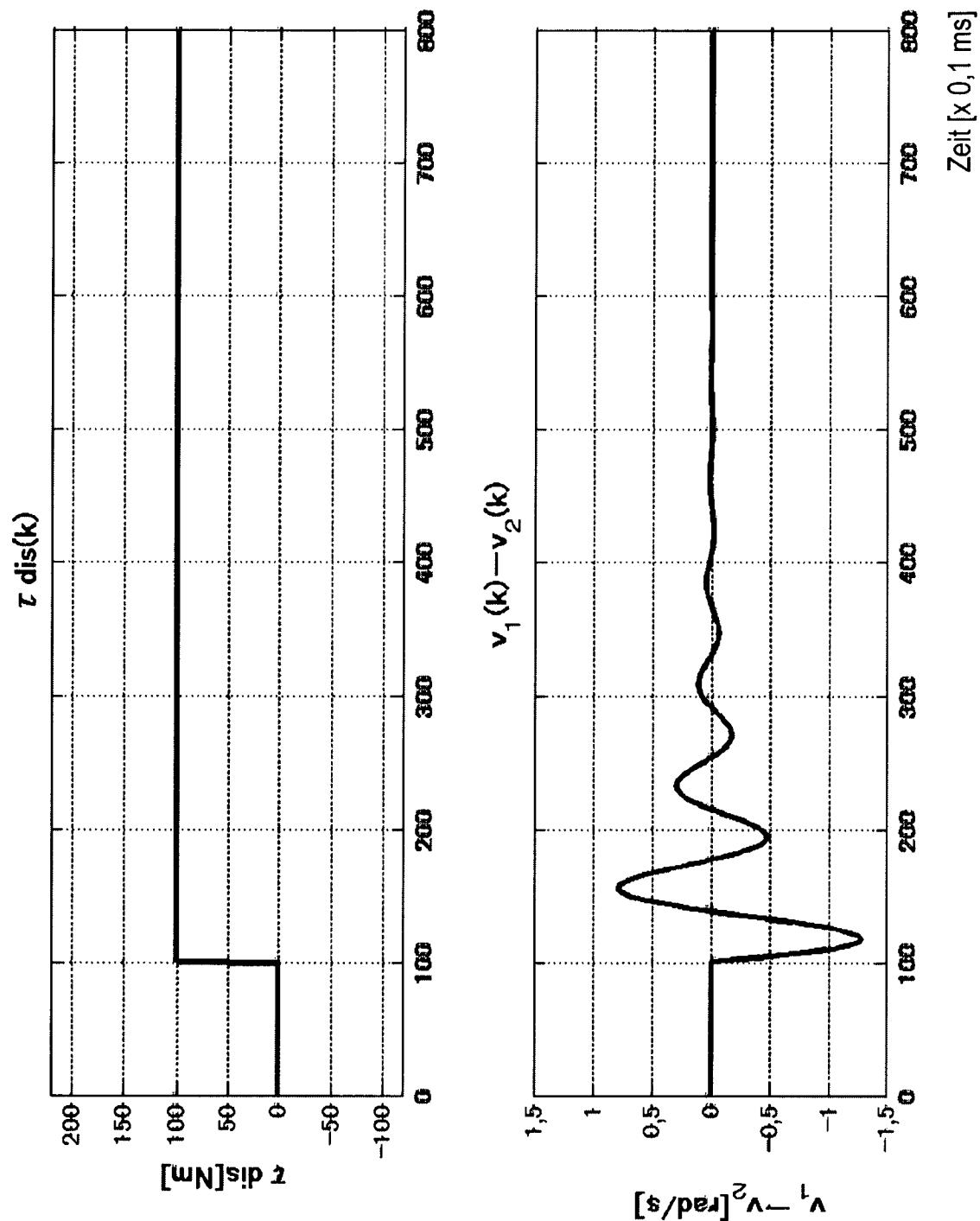


FIG. 4

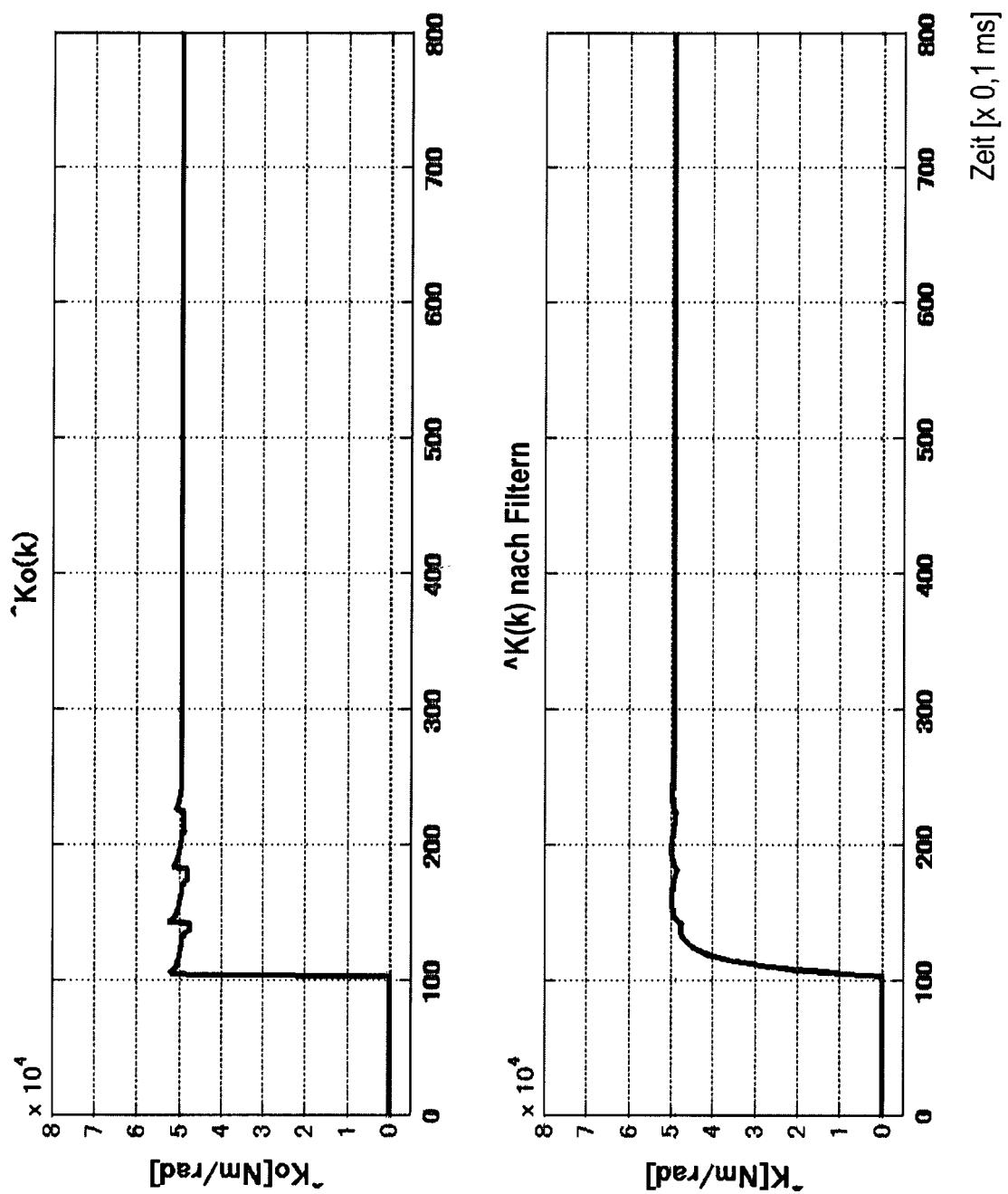


FIG. 5

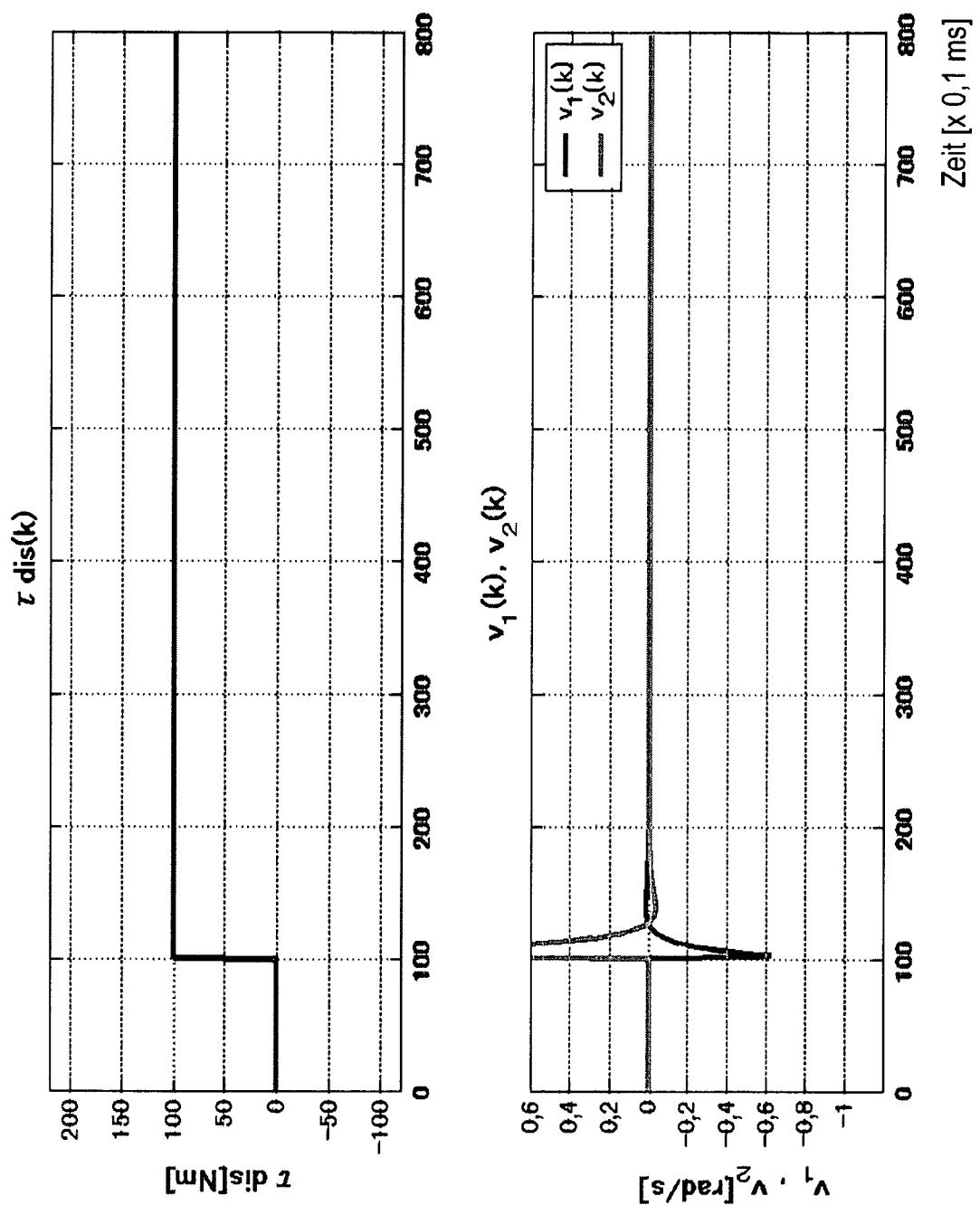


FIG. 6

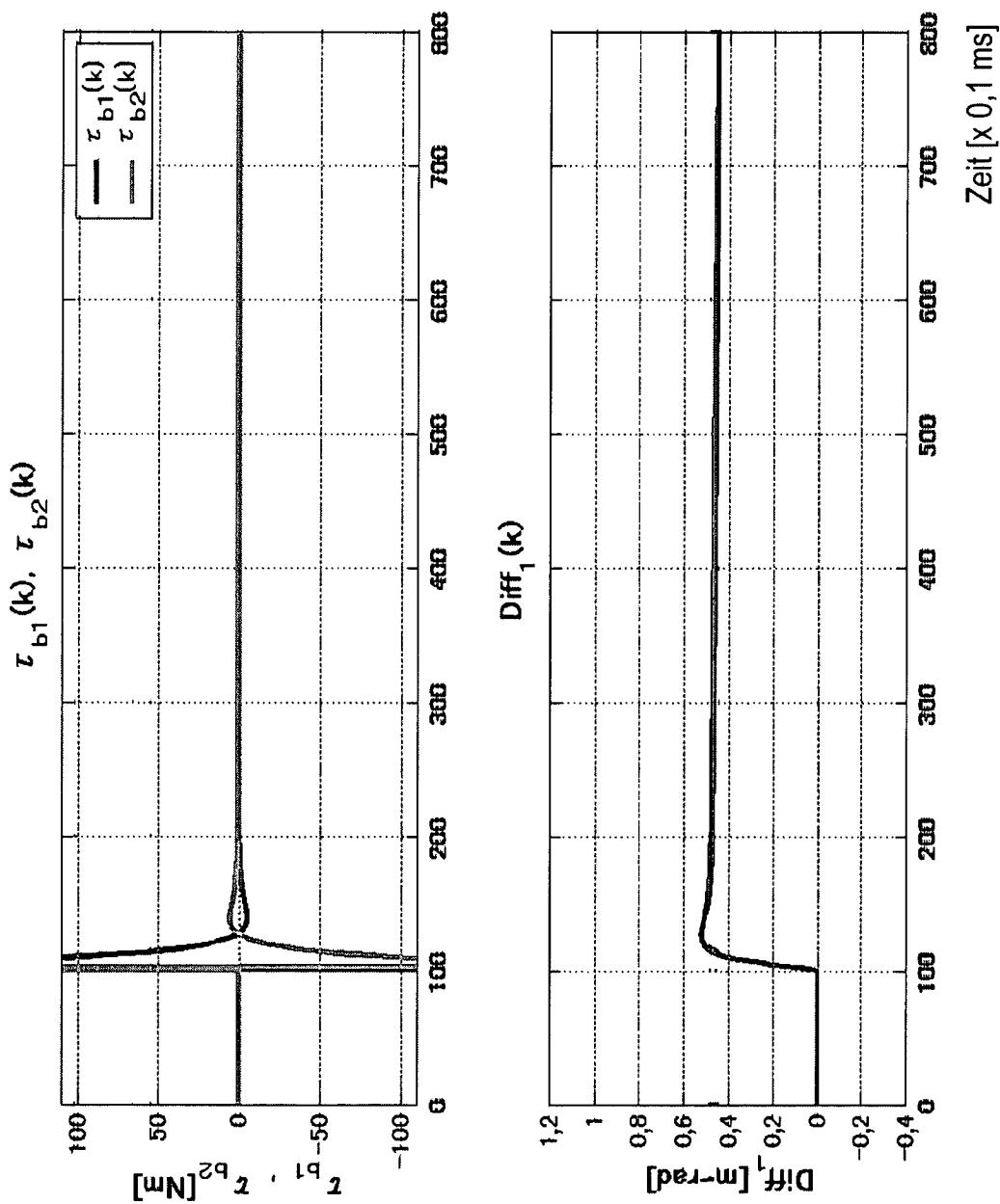


FIG. 7

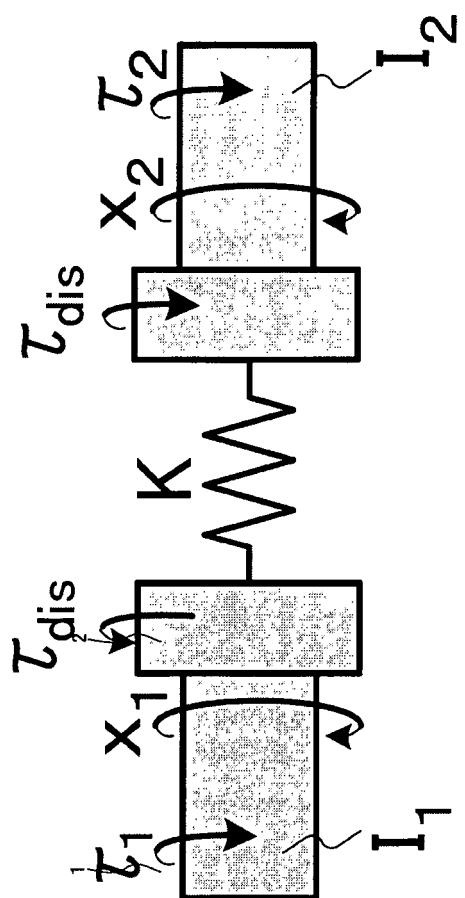


FIG. 8

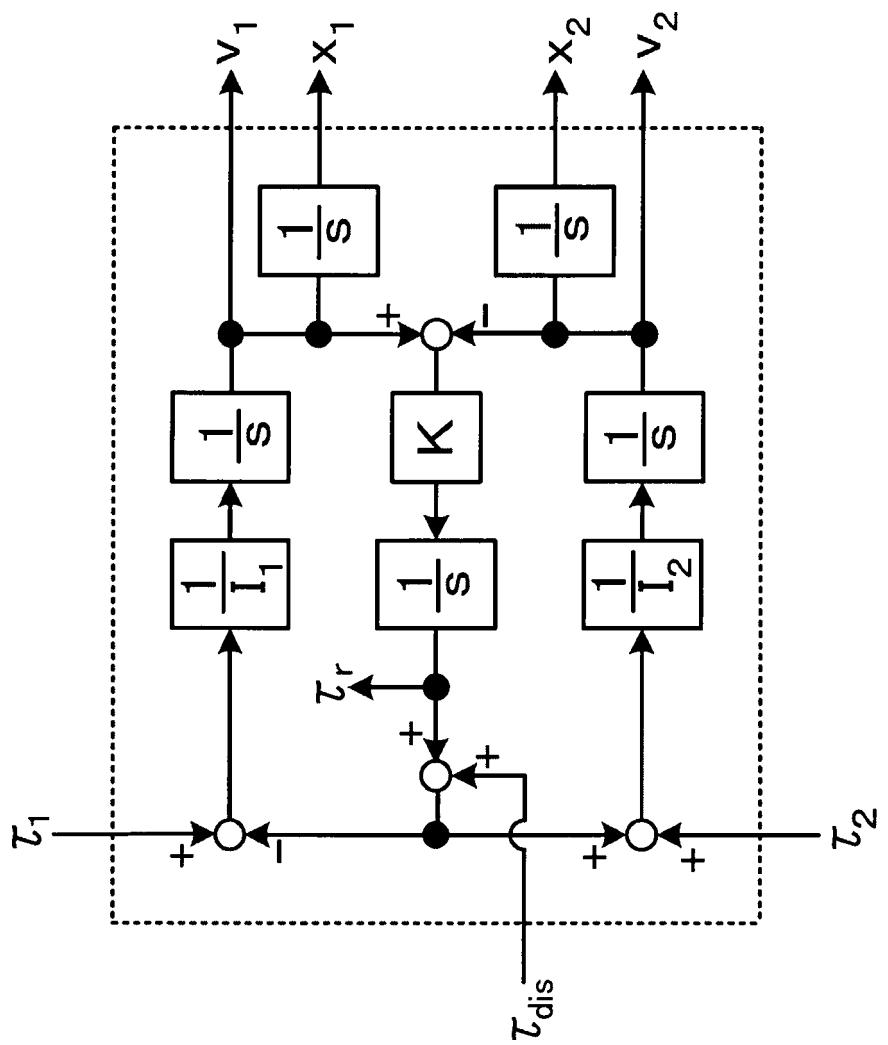


FIG. 9

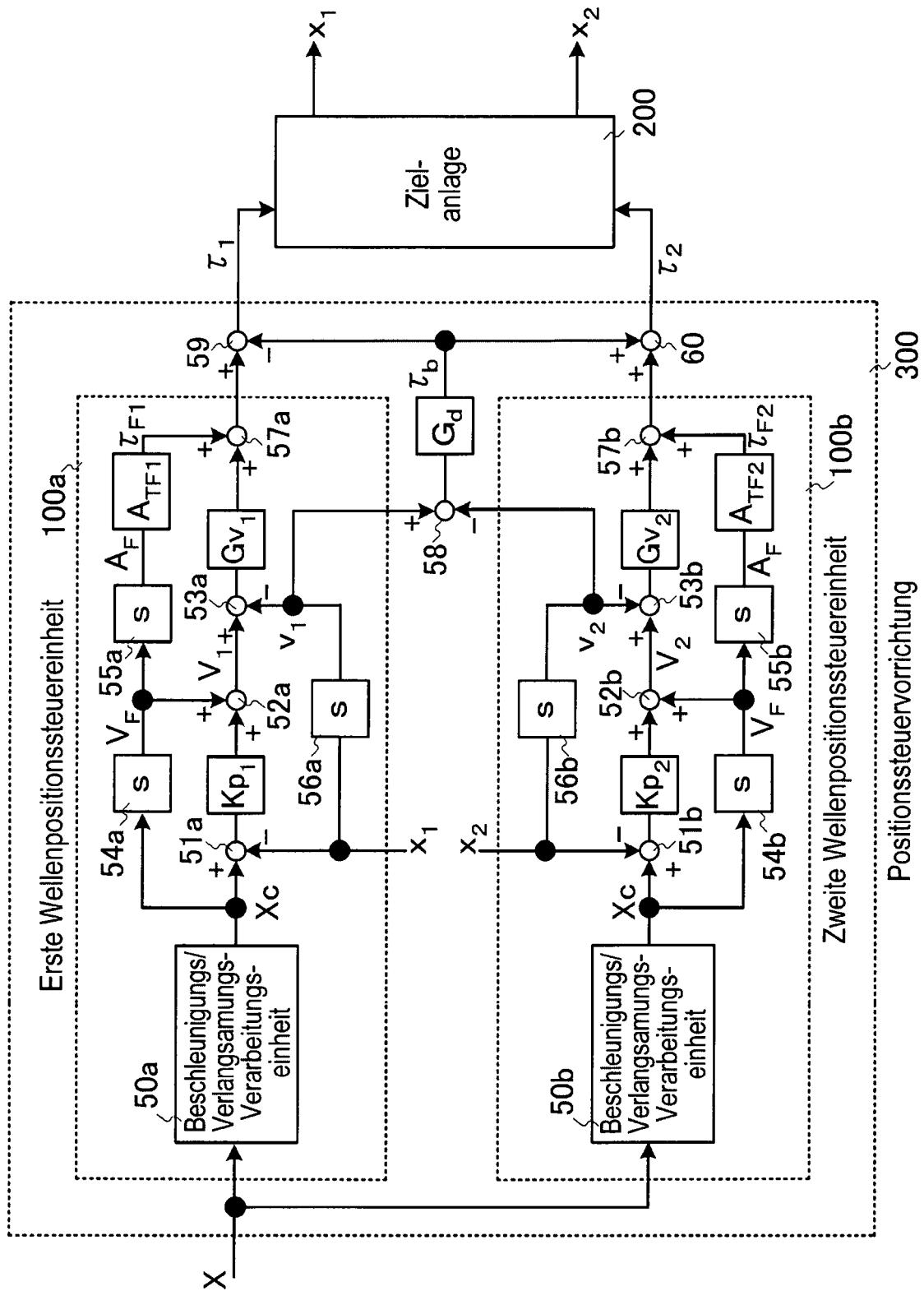


FIG. 10

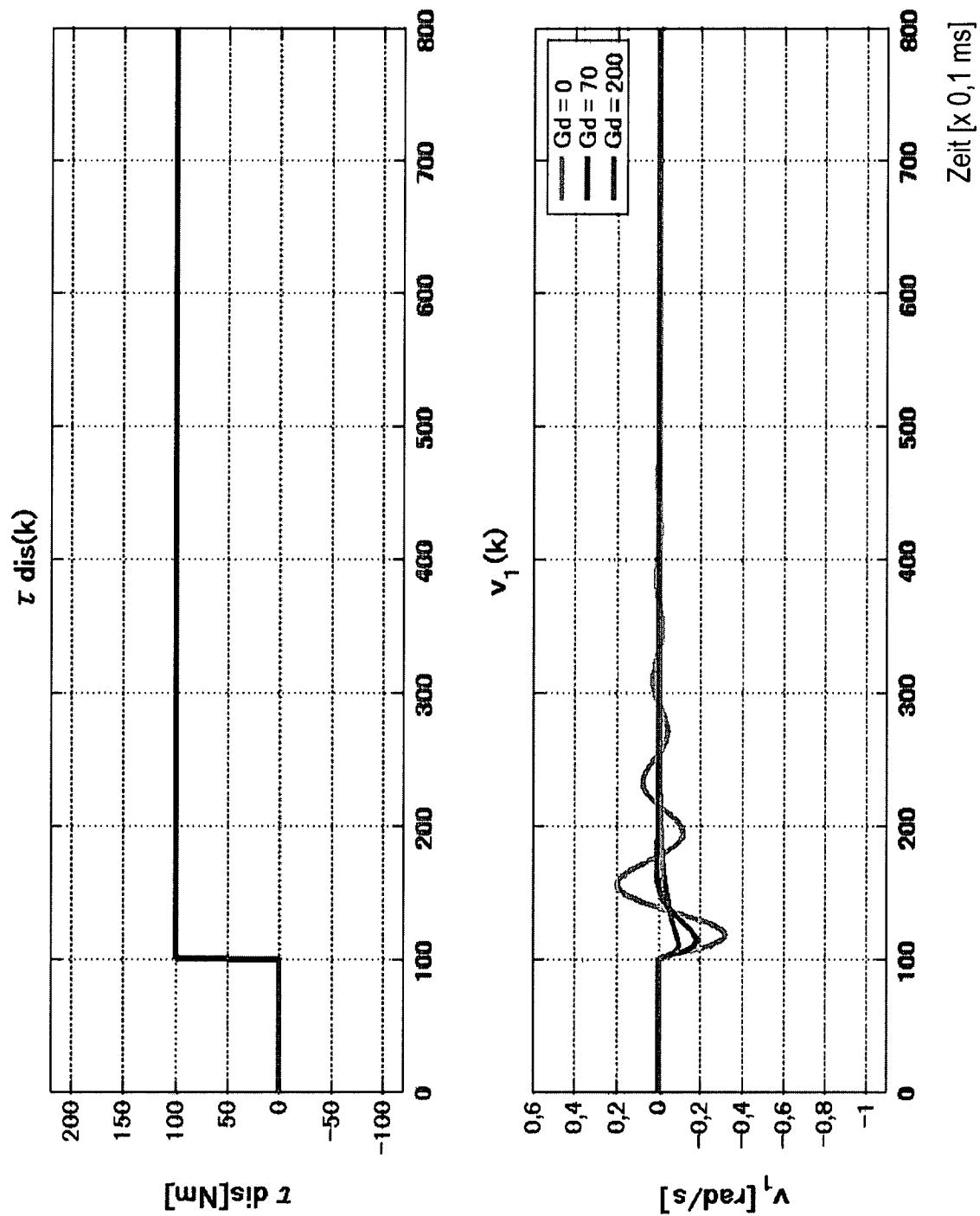


FIG. 11

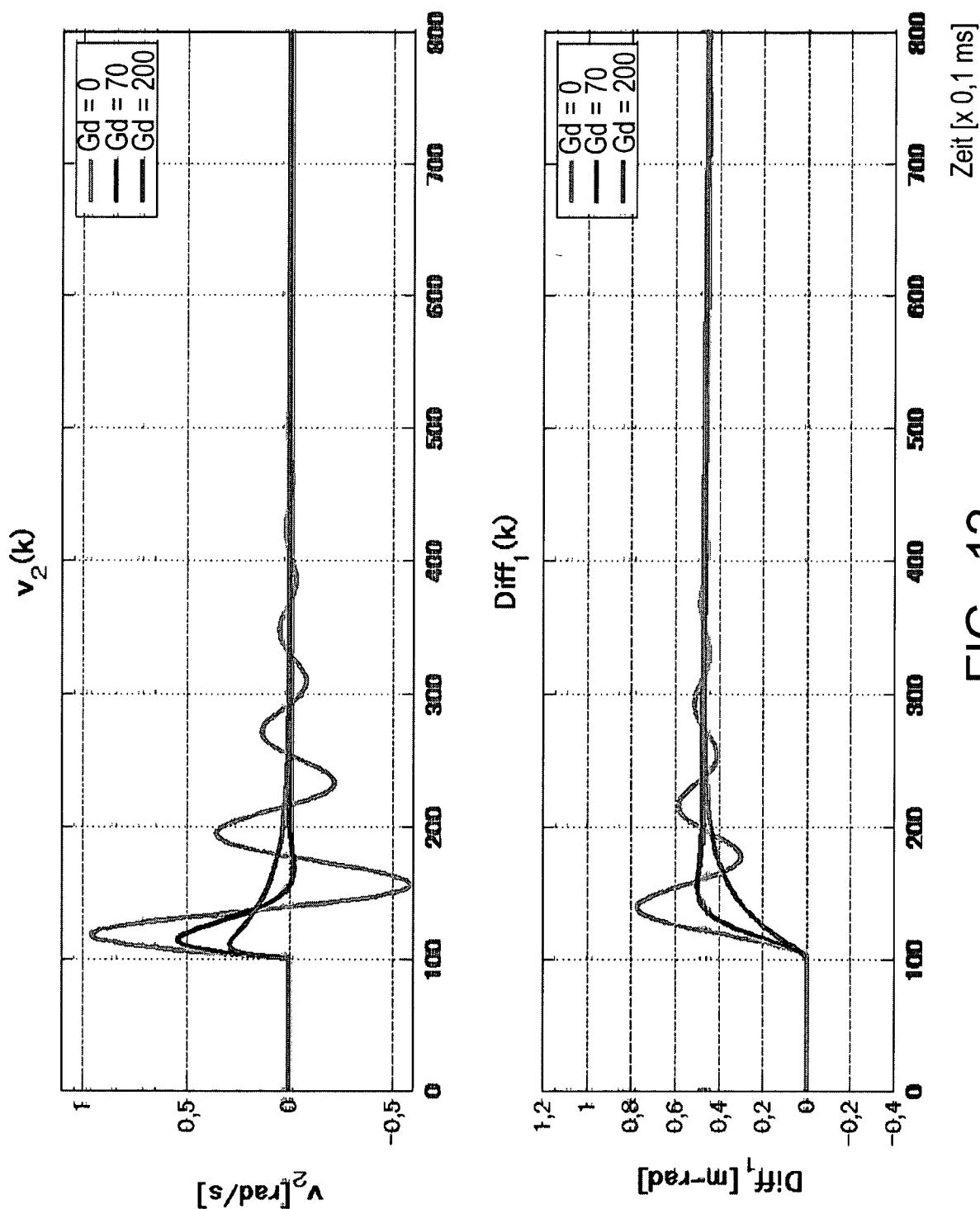


FIG. 12