

(12) **Österreichische Patentanmeldung**

(21) Anmeldenummer: A 51046/2020
(22) Anmeldetag: 30.11.2020
(43) Veröffentlicht am: 15.06.2022

(51) Int. Cl.: **H02P 5/00** (2016.01)
H02P 5/46 (2006.01)
H02P 5/68 (2006.01)
H02P 5/69 (2006.01)
H02P 5/747 (2006.01)
H02P 5/74 (2006.01)
H02P 6/04 (2016.01)

(56) Entgegenhaltungen:
JP 2009201196 A
DE 4434525 A1
WO 2016201950 A1

(71) Patentanmelder:
B&R Industrial Automation GmbH
5142 Eggelsberg (AT)

(74) Vertreter:
Patentanwälte Pinter & Weiss OG
1040 Wien (AT)

(54) **Betrieb eines Mehrachssystems**

(57) Um ein optimiertes Mehrachssystem mit mechanisch gekoppelten Achsen anzugeben ist ist ein Vorsteueridentifikationsvorgang vorgesehen ist, während welchem sich jeweils am Motor (M1, M2) einstellende Identifikations-Istgrößen (x_1' , x_2') jeweils Vorsteuereinheiten (V1, V2) zugehörigen Identifikationseinheiten (I1, I2), vorgegeben werden, wobei unter Verwendung der Identifikations-Istgrößen (x_1' , x_2') Vorsteuerparameter (V1, V2) identifiziert werden, und Regelungseinheiten (R1, R2) mit den Vorsteuerparametern (V1, V2) parametrisiert werden.

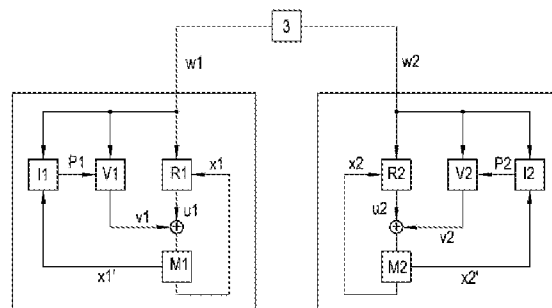


Fig. 2

Zusammenfassung

Um ein optimiertes Mehrachssystem mit mechanisch gekoppelten Achsen anzugeben ist ein Vorsteueridentifikationsvorgang vorgesehen ist, während welchem sich jeweils am Motor (M1, M2) einstellende Identifikations-Istgrößen (x_1' , x_2') jeweils Vorsteuereinheiten (V1, V2) zugehörigen Identifikationseinheiten (I1, I2), vorgegeben werden, wobei unter Verwendung der Identifikations-Istgrößen (x_1' , x_2') Vorsteuerparameter (V1, V2) identifiziert werden, und Regelungseinheiten (R1, R2) mit den Vorsteuerparametern (V1, V2) parametrisiert werden.

Fig. 2

Betrieb eines Mehrachssystems

Die gegenständliche Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb eines Mehrachssystems mit einer Mehrzahl an Basisachsen und einer Antriebsachse, welche an Kopplungspunkten mechanisch mit den Basisachsen gekoppelt ist, wobei die Positionen der Kopplungspunkte

5 an den Basisachsen durch einen zugehörigen Motor veränderbar sind, um die Antriebsachse in Relation zu den Basisachsen zu bewegen, wobei den Motoren zugehörige Regelungseinheiten vorgesehen sind, welche aus vorgegeben Sollgrößen, vorzugsweise aus Sollpositionen, und aus zugehörigen sich am Motor einstellenden korrespondierenden Istgrößen Stellgrößen ermitteln und den Motoren vorgeben, um die korrespondierenden

10 Istgrößen, vorzugsweise die Positionen, entsprechend der vorgegeben Sollgrößen zu regeln, wobei jeweils eine den Motoren zugehörige Vorsteuereinheit vorgesehen ist, die jeweils ausgehend von der zugehörigen vorgegebenen Sollgröße einen Vorsteuerwert ermittelt und der zugehörigen Stellgröße überlagert. Weiters betrifft die gegenständliche Erfindung ein Mehrachssystem umfassend eine Mehrzahl an Basisachsen und eine Antriebsachse wobei

15 die Antriebsachse an Kopplungspunkten mechanisch mit den Basisachsen gekoppelt ist und die Positionen der Kopplungspunkte an den Basisachsen jeweils durch einen zugehörigen Motor veränderbar sind, um die Antriebsachse in Relation zu den Basisachsen zu bewegen, wobei jeweils den Motoren zugehörigen Regelungseinheiten vorgesehen sind, welche ausgestaltet sind, aus vorgegebenen Sollgrößen, vorzugsweise aus Sollpositionen, und aus

20 zugehörigen sich am Motor einstellenden korrespondierenden Istgrößen Stellgrößen zu ermitteln und den Motoren vorzugeben, um die zugehörigen korrespondierenden Istgrößen, vorzugsweise die Positionen, entsprechend der Sollgrößen zu regeln, wobei jeweils den Basisachsen zugehörige Vorsteuereinheiten vorgesehen sind, welche ausgestaltet sind, aus den Sollgrößen Vorsteuerwerte zu ermitteln und den Stellgrößen zu überlagern.

25 In gekoppelten Mehrachssystemen ist eine Antriebsachse vorgesehen, welche jeweils über Koppelpunkte mit einer Mehrzahl an Basisachsen verbunden ist. Die Position der Kopplungspunkte können in Relation zu den Basisachsen bewegt werden, womit die Antriebsachse in Relation zu den Basisachsen bewegt wird. Es seien beispielhaft Gantry-Systeme und Spritzgießmaschinen als gekoppelte Mehrachssysteme genannt. Gantry-

30 Systeme werden beispielsweise in Laserschneidern, Glasschneidern, Holzbearbeitungsmaschinen etc. verwendet. Dabei sind Objekte, z.B. Werkzeuge, an der Antriebsachse angeordnet, welche somit durch die Bewegung der Antriebsachse hochpräzise in einem Arbeitsbereich positioniert werden können. Es können auch Transportsysteme mit einer Mehrzahl an miteinander mechanisch gekoppelten

35 Transporteinheiten (Langstatorlinierarmotoren, Planarmotoren, Stetigförderer etc.) als Mehrachssysteme vorgesehen sein, wobei die Transporteinheiten als Basisachsen angesehen werden, welche über eine Antriebsachse mechanisch gekoppelt sind.

Es ist im Mehrachssystem jeweils ein den Kopplungspunkten zugeordneter Motor vorgesehen, um die Position der Kopplungspunkte an den Basisachsen zu bewegen. Die Motoren können rotativer oder linearer Natur sein und z.B. als Schrittmotoren ausgeführt sein. Es treten an den Motoren jeweils eine Anzahl Istgrößen, z.B. Positionen,

- 5 Geschwindigkeiten, Beschleunigungen, Drehmomente, Ströme etc., auf. Pro Motor und damit pro Basisachse ist jeweils eine Regelungseinheit vorgesehen, welche aus vorgegeben Sollgrößen und aus zugehörigen sich am Motor einstellenden korrespondierenden Istgrößen Stellgrößen ermittelt und dem zugehörigen Motor vorgibt, um die zugehörige Istgrößen, z.B. die Positionen der Kopplungspunkte, zu regeln. Dabei stellen sich jeweils nicht nur die den
- 10 Sollgrößen korrespondierenden Istgrößen (z.B. eine der Sollposition korrespondierende Position) ein, sondern die erwähnte Anzahl von Istgrößen. Die korrespondierende Istgröße ist somit ausgewählt aus der Anzahl Istgrößen. Um zu verhindern, dass sich die Basisachsen mechanisch verspannen, werden die Sollpositionen der zugehörigen Regelungseinheiten von einem zentralen Sollwertgenerator vorgegeben. Das bedeutet, dass im Normalbetrieb
- 15 die Motoren nur im Verbund geregelt werden.

- Um das Regelverhalten der Regelungseinheiten zu verbessern, kann pro Regelungseinheit eine Vorsteuereinheit zur Durchführung einer Vorsteuerung vorgesehen sein. Die Vorsteuereinheit beaufschlagt die Stellgröße der zugehörigen Regelungseinheiten mit einem Vorsteuerwert, welcher abhängig von der Sollgröße, aber unabhängig von der
- 20 korrespondierenden Istgröße und damit von der Regelstrecke ist. Da die Vorsteuerung eine Steuerung und keine Regelung darstellt, kann sie somit das Regelverhalten verbessern, ohne die Stabilität des Regelkreises zu gefährden. Mittels der Vorsteuerwerte kann ein zusätzlicher Stellgrößen-Bedarf berücksichtigt werden, welcher z.B. aufgrund eines bestimmten Sollwertverlaufs zu erwarten ist.

- 25 Die Vorsteuerung wird vor dem eigentlichen Betrieb mit geeigneten Vorsteuerparametern parametrisiert. Bei geeigneter Wahl der Vorsteuerparameter kann die Regelung optimiert werden, z.B. indem das Schleppfehlverhalten verbessert wird. Um mechanische Beschädigungen des Mehrachssystems zu verhindern, wurde bislang auf automatisierte Parametrierung der Vorsteuereinheiten verzichtet. Vielmehr wird die Ermittlung der
- 30 Vorsteuerparameter von Mehrachssystemen mit miteinander gekoppelten Achsen händisch durchgeführt, was sehr zeitintensiv und auch fehleranfällig ist. Die CN 109495026 A beschreibt ein Gantry-System als Mehrachssystem wobei für die Drehzahl ein Vorsteuerungsvorgang vorgesehen ist, jedoch keine Identifizierung von Vorsteuerparametern beschrieben wird.

- 35 Es ist eine Aufgabe der gegenständlichen Erfindung, ein optimiertes Mehrachssystem mit mechanisch gekoppelten Achsen anzugeben.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Verfahren gelöst, wobei während eines Vorsteueridentifikationsvorgangs den Vorsteuereinheiten zugehörigen Identifikationseinheiten sich am Motor einstellende Identifikations-Istgrößen vorgegeben werden, wobei unter Verwendung der Identifikations-Istgrößen Vorsteuerparameter identifiziert werden und die Regelungseinheiten mit den Vorsteuerparametern parametrieren werden. Weiters wird die Aufgabe gelöst, indem jeweils den Basisachsen zugehörige Identifikationseinheiten vorgesehen sind, welche jeweils ausgestaltet sind, unter Verwendung von sich am Motor einstellenden Identifikations-Istgrößen Vorsteuerparameter zu identifizieren und die Vorsteuereinheiten mit den Vorsteuerparametern zu parametrieren.

Das Mehrachssystem wird dann mit den Regelungseinheiten und entsprechend parametrierten Vorsteuereinheiten betrieben.

Die Identifikations-Istgröße stellt sich am Motor ein und entspricht vorzugsweise der korrespondierenden Istgröße. Die Regelungseinheiten geben jeweils den zugehörigen Motoren Stellgrößen vor, um die korrespondierenden Istgröße entsprechend der zugehörigen Sollgröße zu regeln, womit wiederum die Position der zugehörigen Basisachse geregelt wird. Dabei stellen sich an den Motoren jeweils eine Mehrzahl an Istgrößen ein. Den Identifikationseinheiten wird jeweils eine Identifikations-Istgröße, ausgewählt aus der Mehrzahl Istgrößen zugeführt. Die Identifikationseinheiten ermitteln unter Verwendung der jeweiligen Identifikations-Istgröße rasch, auf einfache Weise und automatisiert Vorsteuerparameter. Diese Vorsteuerparameter werden jeweils der zugehörigen Regelungseinheit zur Parametrierung zur Verfügung gestellt. Die Vorsteuereinheit beaufschlagt im Normalbetrieb die Stellgröße der zugehörigen Regelungseinheit jeweils mit einem Vorsteuerwert. Damit kann das Schleppfehlverhalten verbessert werden, womit präzisere Prozessschritte ermöglicht werden. Wird beispielsweise ein an der Antriebsachse angeordnetes Werkzeug als Objekt durch das Mehrachssystem angesteuert, so kann bei Durchführung eines Vorsteuerungsvorgangs unter Verwendung erfindungsgemäß ermittelter Vorsteuerparameter eine höhere Konturtreue und damit eine höhere Prozessqualität erreicht werden.

Es können während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten miteinander synchronisierte Sollgrößen vorgegeben und von den Identifikationseinheiten zur Identifikation der Vorsteuerparameter verwendet werden.

Weitere Vorsteuerparameter können aus den ermittelten Vorsteuerparametern interpoliert werden.

Es können während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten Verläufe von miteinander synchronisierten Sollgrößen vorgegeben und von den Identifikationseinheiten zur Identifikation der Vorsteuerparameter verwendet werden. Es

werden also während des Identifikationsvorgangs von einem Sollwertgenerator Verläufe von Sollgrößen entsprechend von Identifikationsprofilen vorgegeben. Diese Sollgrößen werden den Regelungseinheiten und Vorsteuereinheiten sowie den Identifikationseinheiten vorgegeben.

- 5 Die Identifikationsprofile sind derart ausgestaltet, um das mechanische System anzuregen und können beispielsweise einen rampenförmigen Sollwertverlauf beinhalten. Es können auch Rauschsignale, z.B. PRBS (pseudorandom binary sequence) Signale verwendet werden.

- 10 Ebenso können während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten Verläufe der Identifikations-Istgrößen vorgegeben und von den Identifikationseinheiten zur Identifikation der Vorsteuerparameter verwendet werden.

- Vorzugsweise wird für den Vorsteueridentifikationsvorgang jeweils eine Sollposition (oder ein Verlauf einer Sollposition als Identifikationsprofil) vorgegeben und ein Iststrom oder ein Istmoment (oder ein Verlauf eines Iststroms oder eines Istmoments) als Identifikations-Istgröße verwendet. Somit werden der Regelungseinheit, der Vorsteuereinheit sowie der Identifikationseinheit jeweils Sollpositionen (oder Verläufe der Sollposition) vorgegeben, wobei sich neben der Position als korrespondierende Istgröße (welche der Regelungseinheit zur Ermittlung der Stellgrößen rückgeführt wird) auch Istströme und/oder Istmomente als Istgrößen einstellen. Diese Istströme und/oder Istmomente (oder deren Verläufe) werden jeweils von der Identifikationseinheit gemeinsam mit der Sollposition (oder deren Verlauf) verarbeitet, um die Vorsteuerparameter zu bestimmen.
- 15
20

- Vorzugsweise wird für den Vorsteueridentifikationsvorgang jeweils eine Position (oder ein Verlauf einer Position) als Identifikations-Istgröße verwendet. Somit werden der Regelungseinheit und der Vorsteuereinheit jeweils die Sollgrößen (vorzugsweise Sollpositionen) vorgegeben, wobei Positionen als korrespondierende Istgrößen einstellen, welche der Regelungseinheit zur Ermittlung der Stellgrößen rückgeführt wird. Diese Positionen (oder deren Verläufe) dienen jedoch nicht nur als korrespondierende Istgrößen, sondern auch als Identifikations-Istgrößen und werden somit von der jeweiligen Identifikationseinheit gemeinsam mit der Sollposition der Sollgröße (oder deren Verlauf) verarbeitet, um die Vorsteuerparameter zu bestimmen.
- 25
30

- Der Vorsteueridentifikationsvorgang erfolgt vorzugsweise vor einem Normalbetrieb des Mehrachssystems. Damit wird das Mehrachssystem erst mit entsprechend der identifizierten Vorsteuerparameter parametrisierten Vorsteuereinheiten in den Normalbetrieb geschaltet. Um die Vorsteuerparameter zu optimieren, können die Vorsteuereinheiten auch erst mit den Vorsteuerparametern parametrisiert werden und weiterhin Sollgrößen (oder Verläufe von Sollgrößen entsprechend des Identifikationsprofils) angesteuert werden. Damit werden
- 35

optimierte Vorsteuerparameter erhalten, welche zur optimierten Parametrierung der Vorsteuereinheiten verwendet werden. Das Mehrachssystem kann dann mit Vorsteuereinheiten, die mittels der optimierten Vorsteuerparameter parametrisiert wurden, in den Normalbetrieb geschaltet werden.

- 5 Es können die Vorsteuerparameter aber auch während des Normalbetriebs identifiziert und damit optimiert werden. Dabei werden als Sollgrößen die im Normalbetrieb vorgesehenen Bewegungsprofile anstatt spezieller Identifikationsprofile verwendet, wobei die Bewegungsprofile geeignet sind, den Regelkreis anzuregen.

- Die miteinander synchronisierten Sollgrößen (oder deren Verläufe als Identifikationsprofile)
10 können von einem zentralen Sollwertgenerator oder von jeweils miteinander synchronisierten Sollwertgeneratoren vorgegeben werden.

Die Basisachsen sind vorzugsweise parallel zueinander angeordnet.

Zumindest ein Teil der Motoren, vorzugsweise jeder Motor, kann einen rotativen Motor oder einen Linearmotor darstellen.

- 15 Während des Vorsteueridentifikationsvorgangs können beschleunigungsproportionale und/oder geschwindigkeitsproportionale und/oder richtungsabhängige und/oder konstante Komponenten der Vorsteuerparameter ermittelt werden. Wird eine mechanische Masse bewegt, so ist dazu eine Kraft (z.B. ein Drehmoment) erforderlich. Diese Kraft kann vorgesehen sein, um eine Trägheit zu überwinden (beschleunigungsproportional) und/oder
20 eine viskose Reibung (geschwindigkeitsproportional) und/oder eine Haftreibung (richtungsabhängig) und/oder, insbesondere bei Hubbewegungen, die Erdanziehungskraft (konstante Komponente). Entsprechend können bei der Ermittlung der Vorsteuerparameter diese Kräfte berücksichtigt werden.

- 25 Die gegenständliche Erfindung wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 näher erläutert, die beispielhaft, schematisch und nicht einschränkend vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung zeigen. Dabei zeigt

Fig.1 ein beispielhaftes Mehrachssystem mit Basisachsen, welche über eine Antriebsachse mechanisch gekoppelt sind,

- 30 Fig.2 eine Identifikation von Vorsteuerparametern im Mehrachssystem.

Fig. 1 stellt ein Mehrachssystem 1 mit einer Mehrzahl an Basisachsen X1, X2 und einer Antriebsachse Y dar, wobei die Antriebsachse Y an Kopplungspunkten K1, K2 mechanisch mit den Basisachsen X1, X2 gekoppelt ist. Die Kopplungspunkte K1, K2 können auch als

Kopplungsbereiche angesehen werden. Die Positionen p_1 , p_2 der Kopplungspunkte K_1 , K_2 an den Basisachsen X_1 , X_2 sind jeweils durch einen zugehörigen Motor M_1 , M_2 veränderbar, womit die Antriebsachse Y gegenüber den Basisachsen X_1 , X_2 bewegbar ist. Die Motoren M_1 , M_2 können jeweils an der Antriebsachse Y oder an der Basisachse X_1 , X_2 angeordnet sein. Weiters kann an der Antriebsachse Y ein Objekt vorgesehen sein, deren Objektposition vorzugsweise entlang der Antriebsachse Y verschiebbar ist (nicht dargestellt). Es ist in Fig. 1 ein zweidimensionales kartesisches Koordinatensystem vorgesehen, wobei die Abszissenachse y und die Ordinatenachse x die xy -Ebene aufspannen. Die Basisachsen X_1 , X_2 liegen hier beispielhaft parallel zur Ordinatenachse x , die Antriebsachse Y parallel zur Abszissenachse y .

Erfindungsgemäße Mehrachssysteme 1 können, z.B. in Spritzgießmaschinen, Laserschneidern, Glasschneidern, Holzbearbeitungsmaschinen etc., verwendet werden, um Bearbeitungsprozesse oder Herstellungsprozesse durchzuführen, dabei kann an der Antriebsachse Y ein Objekt angeordnet sein, welches durch die Bewegung der Antriebsachse Y hochpräzise in einem Arbeitsbereich positioniert werden. Es kann beispielsweise ein Werkzeug und/oder eine Kamera als Objekt auf der Antriebsachse Y angeordnet sein, welche somit, z.B. in Bearbeitungsprozessen oder Herstellungsprozessen durch die Bewegung der Antriebsachse Y hochpräzise in einem Zielbereich (z.B. in einem Arbeitsbereich) positioniert werden kann. Vorzugsweise ist die Objektposition des Objekts entlang der Antriebsachse Y (d.h. in Fig. 1 entlang der Abszissenachse y) verschiebbar, was durch einen weiteren Motor erfolgen kann. Es ist weiters vorstellbar, dass zudem ein Feinpositioniersystem vorgesehen ist, welches nach der erfolgten Bewegung/Positionierung der Antriebsachse Y und/oder des Objekts eine zusätzliche, noch genauere Einstellung der Positionen p_1 , p_2 und/oder des Objekts entlang der Antriebsachse Y durchführt.

Das in Fig. 1 dargestellte System 1 entspricht einem Gantry-System. Es können auch eine oder mehrere weitere Basisachsen vorgesehen sein, welche jeweils über weitere Kopplungspunkte mit der Antriebsachse Y verbunden sind. Die Positionen der weiteren Kopplungspunkte an den weiteren Basisachsen können durch einen weiteren Motor analog geregelt werden.

In Fig. 2 ist eine beispielhafte Identifikation von Vorsteuerparametern dargestellt. Die Motoren M_1 , M_2 werden jeweils von einer Regelungseinheit R_1 , R_2 mittels einer Stellgröße u_1 , u_2 angesteuert, wobei sich an den Motoren M_1 , M_2 jeweils eine Mehrzahl an Istgrößen einstellen, z.B. Positionen p_1 , p_2 , Geschwindigkeiten v_1 , v_2 , Beschleunigungen a_1 , a_2 , Drehmomente T_1 , T_2 , Ströme i_1 , i_2 etc. Bei der Ansteuerung der Motoren M_1 , M_2 können auch jeweils Servoverstärker und/oder elektronische 1:1-Getriebe vorgesehen sein.

Den Regelungseinheiten R1, R2 wird jeweils eine Sollgröße w1, w2 vorgegeben. Weiters wird den Regelungseinheiten R1, R2 jeweils eine den Sollgrößen w1, w2 zugehörige korrespondierenden Istgröße x1, x2 aus der Anzahl Istgrößen rückgeführt, um die Stellgröße u1, u2 zu ermitteln. Die Stellgröße u1, u2 wird jeweils wie erwähnt dem zugehörigen Motor M1, M2 vorgegeben, um jeweils die korrespondierende Istgröße x1, x2 auf die zugehörige Sollgröße w1, w2 zu regeln. Das bedeutet, dass bei Vorgabe einer Sollposition $p1_{\text{soll}}$, $p2_{\text{soll}}$ als Sollgröße w1, w2 die Position p1, p2 als korrespondierende Istgröße x1, x2 herangezogen wird, um die Stellgrößen u1, u2 zu ermitteln.

Die korrespondierenden Istgrößen x1, x2 der jeweiligen Achsen X1, X2, d.h. der Kopplungspunkte K1, K2 sind über die Motoren M1, M2 grundlegend unabhängig voneinander veränderbar. Da die Achsen X1, X2 bzw. die Kopplungspunkte K1, K2 jedoch über die Antriebsachse Y mechanisch miteinander verbunden sind, werden die Regelungseinheiten R1, R2 im Normalbetrieb des Mehrachssystems 1, auf einen gemeinsamen Sollwertgenerator 3 gekoppelt, welcher den Regelungseinheiten R1, R2 die Sollgrößen w1, w2 synchronisiert vorgibt. Somit werden die Motoren M1, M2 im Betrieb durch Vorgabe der Sollgrößen w1, w2 des Sollwertgenerators 3 nur noch im Verbund bewegt, um mechanische Verspannungen zu vermeiden.

Um das Regelverhalten, insbesondere das Schleppfehlverhalten, der Regelungseinheiten R1, R2 zu verbessern, ist pro Achse X1, X2 jeweils eine Vorsteuereinheit V1, V2 vorgesehen. Die Vorsteuereinheiten V1, V2 erhalten jeweils die zugehörigen Sollgrößen w1, w2 und ermitteln daraus jeweils einen Vorsteuerwert v1, v2 zur Beaufschlagung auf die Stellgröße u1, u2. Die Vorsteuereinheit V1, V2 kann jeweils integraler Bestandteil der zugehörigen Regelungseinheit R1, R2 oder auch eigenständig ausgeführt sein.

Die Vorsteuereinheiten V1, V2 müssen jedoch mit geeigneten Vorsteuerparametern P1, P2 parametrisiert werden. Hierzu ist erfindungsgemäß jeweils eine Identifikationseinheit I1, I2 vorgesehen. Die Identifikationseinheiten I1, I2 erhalten jeweils eine Identifikations-Istgröße $x1'$, $x2'$ aus der Mehrzahl Istgrößen der zugehörigen Achse X1, X2 und verwenden diese zur Ermittlung der Vorsteuerparameter P1, P2. Die Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ entsprechen vorzugsweise den korrespondierenden Istgrößen x1, x2.

Es werden vorzugsweise von einem zentral angeordneten Sollwertgenerator 3 oder miteinander synchronisierten Sollwertgeneratoren 3 Sollgrößen w1, w2, vorzugsweise Verläufe von Sollgrößen w1, w2, entsprechend miteinander synchronisierter Identifikationsprofile zur Verfügung gestellt. Diese Sollgrößen w1, w2 werden den zugehörigen Regelungseinheiten R1, R2 sowie den Vorsteuereinheiten V1, V2 und vorzugsweise auch den Identifikationseinheiten I1, I2 zur Verfügung gestellt.

Die Identifikationseinheiten I1, I2 können somit neben Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ aus der Mehrzahl Istgrößen der zugehörigen Achse X1, X2 auch Sollgrößen $w1$, $w2$ erhalten, um daraus die Vorsteuerparameter P1, P2 zu identifizieren. Die korrespondierenden Istgrößen $x1$, $x2$ korrespondieren mit den Sollgrößen $w1$, $w2$. Die Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ können den korrespondierenden Istgrößen $x1$, $x2$ entsprechen oder anderer Art sein.

Beispielsweise können die Regelungseinheiten R1, R2 jeweils als Positionsregler ausgeführt sein, womit sie Sollpositionen $p1_{\text{soll}}$, $p2_{\text{soll}}$ als Sollgrößen $w1$, $w2$ empfangen und entsprechend Positionen $p1$, $p2$ als korrespondierende Istgrößen $x1$, $x2$ regeln. Den

Identifikationseinheiten I1, I2 werden Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ (aus der Anzahl

Istgrößen) vorgegeben, um die Vorsteuerparameter P1, P2 zu identifizieren. Als

Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ können beispielsweise die Positionen $p1$, $p2$ verwendet werden, womit die Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ den korrespondierende Istgrößen $x1$, $x2$ entsprechen. Als Identifikations-Istgrößen $x1'$, $x2'$ können aber auch Ströme $i1$, $i2$ und/oder Drehmomente T1, T2, Geschwindigkeiten $v1$, $v2$, Beschleunigungen $a1$, $a2$ etc. verwendet

werden. Zudem können den Identifikationseinheiten I1, I2 zur Ermittlung der

Vorsteuerparameter P1, P2 die Sollgrößen $w1$, $w2$ (vorzugsweise Sollpositionen $p1_{\text{soll}}$, $p2_{\text{soll}}$)

vorgegeben werden. Die Sollgrößen $w1$, $w2$ (im erwähnten Fall also die Sollpositionen $p1_{\text{soll}}$, $p2_{\text{soll}}$) werden pro Achse X1, X2 einheitlich vom Sollwertgenerator 3, vorzugsweise als Identifikationsprofil, vorgegeben, was allerdings miteinander synchronisiert erfolgt.

Eine Identifikation der Vorsteuerparameter P1, P2 auf Basis des zugehörigen

Identifikationsprofils (d.h. des Verlaufs des Sollwerts $w1$, $w2$) und des Verlaufs des Identifikations-Istwerts $x1'$, $x2'$ erfolgt jedoch unabhängig voneinander in den einzelnen Identifikationseinheiten I1, I2. Die Identifikationseinheiten I1, I2 parametrieren weiters die Vorsteuereinheiten V1, V2 entsprechend der ermittelten Vorsteuerparameter P1, P2.

Die Vorsteuerparameter P1, P2 beinhalten vorteilhafterweise eine beschleunigungsproportionale Komponente (z.B. ein Massenträgheitsmoment), eine geschwindigkeitsproportionale Komponente (z.B. eine viskose Reibung), eine richtungsabhängige Komponente (z.B. statische Reibung in positive/negative Richtung) und/oder eine konstante Komponente (z.B. Gravitation).

Sind gleichartige Basisachsen X1, X2 über Kopplungspunkte K1, K2 mit der Antriebsachse Y mechanisch miteinander gekoppelt und die Kopplungspunkte K1, K2 mittig an den Basisachsen X1, X2 positioniert, so sind die jeweiligen Vorsteuerparameter P1, P2 der Vorsteuereinheiten V1, V2 identisch. Sind die Kopplungspunkte K1, K2 jedoch nicht mittig an den Basisachsen X1, X2 angeordnet, so variieren die Vorsteuerparameter P1, P2 der

Vorsteuereinheiten V1, V2, insbesondere die Massenträgheiten als beschleunigungsabhängige Komponenten der Vorsteuerparameter P1, P2.

Es kann, wie erwähnt ein Objekt entlang der Antriebsachse Y verschiebbar angeordnet sein. Es ist vorteilhaft, wenn das Objekt jeweils an einer oder mehreren Extrempositionen entlang der Antriebsachse Y (z.B. an den Köpfen der Antriebsachse Y) angeordnet ist und daraufhin eine erfindungsgemäße Identifizierung der Vorsteuerparameter P1, P2 erfolgt. So kann eine

5 Identifikation der Vorsteuerparameter P1, P2 für den Fall, dass sich das Objekt an einem Kopf (in Fig 1 also an einem Kopplungspunkt K1, K2) der Y-Achse befindet (erste Extremposition), durchgeführt werden. Eine weitere Identifikation der Vorsteuerparameter P1, P2 kann für den Fall, dass sich das Objekt an einem anderen Kopf (in Fig. 1 also am anderen Kopplungspunkt K1, K2 befindet (zweite Extremposition), durchgeführt werden. Aus

10 den identifizierten Vorsteuerparametern P1, P2 für die jeweiligen Extrempositionen des Objekts können mittels, z.B. linearer, Interpolation die Vorsteuerparameter P1, P2 für jede beliebige Objektposition entlang der Antriebsachse Y bestimmt werden. Damit sind die Vorsteuerparameter P1, P2 als Funktion der Objektposition bekannt.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb eines Mehrachssystems (1) mit einer Mehrzahl an Basisachsen (X1, X2) und zumindest einer Antriebsachse (Y), welche an Kopplungspunkten (K1, K2) mechanisch mit den Basisachsen (X1, X2) gekoppelt ist, wobei die Positionen (p1, p2) der Kopplungspunkte (K1, K2) an den Basisachsen (X1, X2) durch einen zugehörigen Motor (M1, M2) veränderbar sind, um die Antriebsachse (Y) in Relation zu den Basisachsen (X1, X2) zu bewegen, wobei den Motoren (M1, M2) zugehörige Regelungseinheiten (R1, R2) vorgesehen sind, welche aus vorgegeben Sollgrößen (w1, w2), vorzugsweise Sollpositionen (p1_{soll}, p2_{soll}), und aus zugehörigen sich am Motor (M1, M2) einstellenden korrespondierenden Istgrößen (x1, x2), vorzugsweise die Positionen (p1, p2), Stellgrößen (u1, u2) ermitteln und den Motoren (M1, M2) vorgeben, um die korrespondierenden Istgrößen (x1, x2) entsprechend der vorgegeben Sollgrößen (w1, w2) zu regeln, wobei jeweils eine den Motoren (M1, M2) zugehörige Vorsteuereinheit (V1, V2) vorgesehen ist, die jeweils ausgehend von der zugehörigen vorgegebenen Sollgröße (w1, w2) einen Vorsteuerwert (v1, v2) ermittelt und der zugehörigen Stellgröße (u1, u2) überlagert, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein Vorsteueridentifikationsvorgang vorgesehen ist, während welchem sich jeweils am Motor (M1, M2) einstellende Identifikations-Istgrößen (x1', x2') jeweils den Vorsteuereinheiten (V1, V2) zugehörigen Identifikationseinheiten (I1, I2), vorgegeben werden, wobei unter Verwendung der Identifikations-Istgrößen (x1', x2') Vorsteuerparameter (P1, P2) identifiziert werden, **und dass** die Regelungseinheiten (R1, R2) mit den Vorsteuerparametern (P1, P2) parametrisiert werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten (I1, I2) miteinander synchronisierte Sollgrößen (w1, w2) vorgegeben und von den Identifikationseinheiten (I1, I2) zur Identifikation der Vorsteuerparameter (P1, P2) verwendet werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** weitere Vorsteuerparameter aus den ermittelten Vorsteuerparametern (P1, P2) interpoliert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten (I1, I2) Verläufe von miteinander synchronisierten Sollgrößen (w1, w2) vorgegeben und von den Identifikationseinheiten (I1, I2) zur Identifikation der Vorsteuerparameter (P1, P2) verwendet werden.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die miteinander synchronisierten Sollgrößen (w1, w2) von einem zentralen Sollwertgenerator (3), oder von jeweils miteinander synchronisierten Sollwertgeneratoren (3) vorgegeben werden.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** während dem Vorsteueridentifikationsvorgang den Identifikationseinheiten (I1, I2) Verläufe der Identifikations-Istgrößen (x_1' , x_2') vorgegeben und von den Identifikationseinheiten (I1, I2) zur Identifikation der Vorsteuerparameter (P1, P2) verwendet werden.
- 5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Vorsteueridentifikationsvorgang jeweils ein Iststrom (i_1 , i_2) oder ein Istmoment (T1, T2) als Identifikations-Istgröße (x_1' , x_2') verwendet wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** für den Vorsteueridentifikationsvorgang jeweils die Position (x_1 , x_2) als Identifikations-Istgröße (x_1' , x_2') verwendet wird.
- 10 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsteueridentifikationsvorgang vor einem Normalbetrieb des Mehrachssystems (1) erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Vorsteueridentifikationsvorgang während einem Normalbetrieb des Mehrachssystems (1) erfolgt.
- 15 11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Basisachsen (X1, X2) parallel zueinander angeordnet sind.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Motoren (M1, M2), vorzugsweise jeder Motor, ein rotativer Motor ist.
- 20 13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Teil der Motoren (M1, M2), vorzugsweise jeder Motor, ein Linearmotor ist.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** während des Vorsteueridentifikationsvorgangs beschleunigungsproportionale und/oder geschwindigkeitsproportionale und/oder richtungsabhängige und/oder konstante
- 25 Komponenten der Vorsteuerparameter (P1, P2) ermittelt werden.
15. Mehrachssystem (1) umfassend eine Mehrzahl an Basisachsen (X1, X2) und eine Antriebsachse (Y) wobei die Antriebsachse (Y) an Kopplungspunkten (K1, K2) mechanisch mit den Basisachsen (X1, X2) gekoppelt ist und die Positionen (p_1 , p_2) der Kopplungspunkte (K1, K2) an den Basisachsen (X1, X2) jeweils durch einen zugehörigen Motor (M1, M2)
- 30 veränderbar sind, um die Antriebsachse (Y) in Relation zu den Basisachsen (X1, X2) zu bewegen, wobei jeweils den Motoren (M1, M2) zugehörigen Regelungseinheiten (R1, R2) vorgesehen sind, welche ausgestaltet sind, aus vorgegebenen Sollgrößen (w_1 , w_2), vorzugsweise Sollpositionen ($p_{1\text{soll}}$, $p_{2\text{soll}}$), und aus zugehörigen sich am Motor einstellenden korrespondierenden Istgrößen (x_1 , x_2) Stellgrößen (u_1 , u_2) zu ermitteln und den Motoren
- 35 (M1, M2) vorzugeben, um diese korrespondierenden Istgrößen (x_1 , x_2) entsprechend der

Sollgrößen (w1, w2), vorzugsweise die Positionen (p1, p2), zu regeln, wobei jeweils den Basisachsen (X1, X2) zugehörige Vorsteuereinheiten (V1, V2) vorgesehen sind, welche ausgestaltet sind, aus den Sollgrößen (w1, w2) Vorsteuerwerte (v1, v2) zu ermitteln und den Stellgrößen (u1, u2) zu überlagern, **dadurch gekennzeichnet** jeweils den Basisachsen (X1, X2) zugehörige Identifikationseinheiten (I1, I2) vorgesehen sind, welche jeweils ausgestaltet sind unter Verwendung von sich am Motor einstellenden Identifikations-Istgrößen (x1, x2) Vorsteuerparameter (P1, P2) zu identifizieren und die Vorsteuereinheiten (V1, V2) mit den Vorsteuerparametern (P1, P2) zu parametrieren.

16. Mehrachssystem (1) nach Anspruch 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Identifikationseinheiten (I1, I2) jeweils ausgestaltet sind, die Vorsteuerparameter (P1, P2) unter Verwendung von Verläufen der Identifikations-Istgrößen (x1, x2) zu ermitteln.

17. Mehrachssystem (1) nach Anspruch 15 oder 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** zumindest ein Sollwertgenerator (3) vorgesehen ist, welcher ausgestaltet ist, miteinander synchronisierte Sollgrößen (w1, w2) vorzugegeben, **und dass** die Identifikationseinheiten (I1, I2) jeweils ausgestaltet sind, die Vorsteuerparameter (P1, P2) unter Verwendung der miteinander synchronisierten Sollgrößen (w1, w2) zu ermitteln.

18. Mehrachssystem (1) nach Anspruch 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zumindest eine Sollwertgenerator (3) ausgestaltet ist, Verläufe von miteinander synchronisierten Sollgrößen (w1, w2) vorzugegeben, **und dass** die Identifikationseinheiten (I1, I2) jeweils ausgestaltet sind, die Vorsteuerparameter (P1, P2) unter Verwendung der Verläufe der miteinander synchronisierten Sollgrößen (w1, w2) zu ermitteln.

19. Mehrachssystem (1) nach einem Anspruch 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** ein zentraler Sollwertgenerator (3) vorgesehen ist, welcher ausgestaltet ist, im Vorsteueridentifikationsvorgang miteinander synchronisierte Sollgrößen (w1, w2) vorzugegeben.

20. Mehrachssystem (1) nach einem der Ansprüche 17 oder 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** miteinander synchronisierte Sollwertgeneratoren (3) vorgesehen sind, welche ausgestaltet sind, im Vorsteueridentifikationsvorgang miteinander synchronisierte Sollgrößen (w1, w2) vorzugegeben.

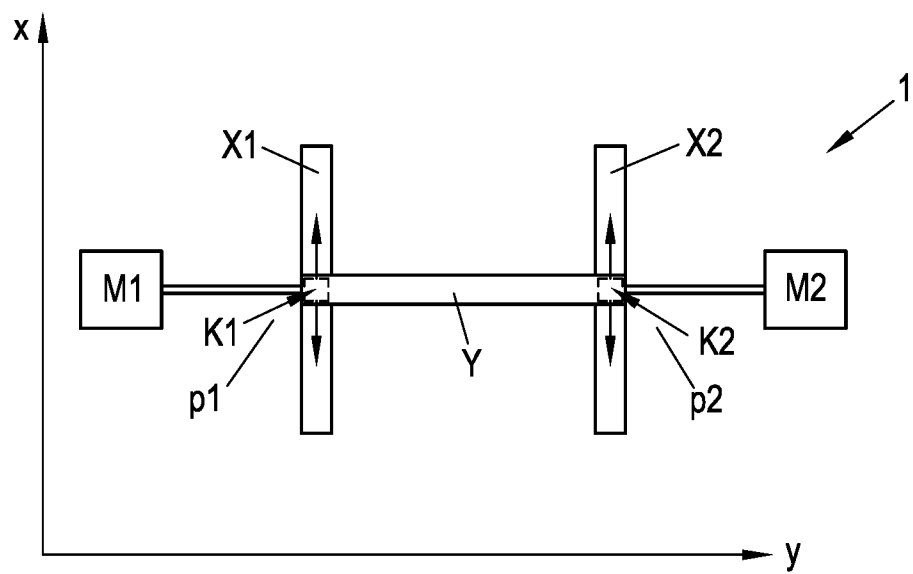


Fig. 1

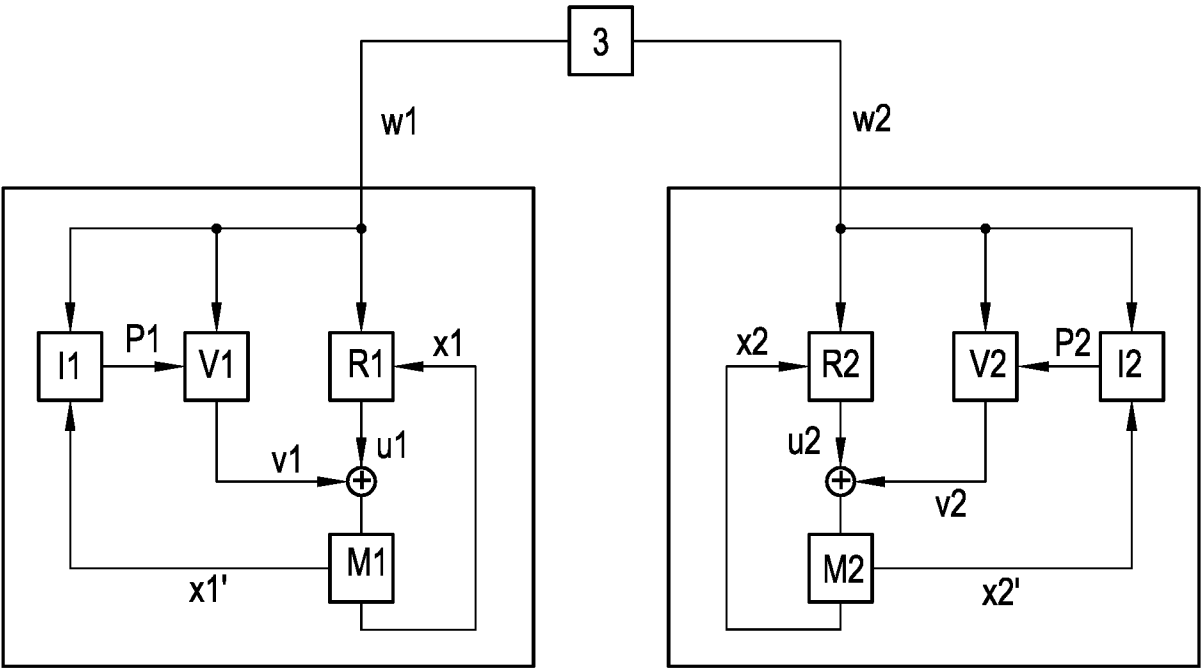


Fig. 2

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß IPC:

H02P 5/00 (2016.01); **H02P 5/46** (2006.01); **H02P 5/68** (2006.01); **H02P 5/69** (2006.01); **H02P 5/747** (2006.01); **H02P 5/74** (2006.01); **H02P 6/04** (2016.01)

Klassifikation des Anmeldungsgegenstands gemäß CPC:

H02P 5/00 (2021.08); **H02P 5/46** (2013.01); **H02P 5/68** (2013.01); **H02P 5/69** (2013.01); **H02P 5/747** (2013.01); **H02P 5/74** (2013.01); **H02P 6/04** (2021.08)

Recherchierter Prüfstoff (Klassifikation):

H02P, G05B, G05D

Konsultierte Online-Datenbank:

EPDOC, WPIAP, XFULL

Dieser Recherchenbericht wurde zu den am 30.11.2020 eingereichten Ansprüchen 1-20 erstellt.

Kategorie ^{*)}	Bezeichnung der Veröffentlichung: Ländercode, Veröffentlichungsnummer, Dokumentart (Anmelder), Veröffentlichungsdatum, Textstelle oder Figur soweit erforderlich	Betreffend Anspruch
A	JP 2009201196 A (YASKAWA ELECTRIC CORP) 03. September 2009 (03.09.2009) Zusammenfassung; Figuren 1-11	1-20
A	DE 4434525 A1 (SIEMENS AG) 28. März 1996 (28.03.1996) Ansprüche 1-4; Figur 1	1-20
A	WO 2016201950 A1 (CHINA COAL TECH & ENG GROUP SHANGHAI RES INST, CHINA COAL TECH & ENG GROUP SHANGHAI CO LTD) 22. Dezember 2016 (22.12.2016) Zusammenfassung; Figuren 1-5	1-20

Datum der Beendigung der Recherche:

19.11.2021

Seite 1 von 1

Prüfer(in):

KOVACS György

*) Kategorien der angeführten Dokumente:

- X** Veröffentlichung **von besonderer Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann allein aufgrund dieser Druckschrift nicht als neu bzw. auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden.
- Y** Veröffentlichung **von Bedeutung**: der Anmeldungsgegenstand kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren weiteren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese **Verbindung für einen Fachmann naheliegend** ist.

- A** Veröffentlichung, die den allgemeinen **Stand der Technik** definiert.
- P** Dokument, das von **Bedeutung** ist (Kategorien **X** oder **Y**), jedoch **nach dem Prioritätstag** der Anmeldung veröffentlicht wurde.
- E** Dokument, das **von besonderer Bedeutung** ist (Kategorie **X**), aus dem ein „**älteres Recht**“ hervorgehen könnte (früheres Anmeldedatum, jedoch nachveröffentlicht, Schutz ist in Österreich möglich, würde Neuheit in Frage stellen).
- &** Veröffentlichung, die Mitglied der selben **Patentfamilie** ist.