

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges
Eigentum

Internationales Büro

(43) Internationales
Veröffentlichungsdatum
6. September 2013 (06.09.2013)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2013/128032 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H02N 2/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/054264

(22) Internationales Anmeldedatum:
4. März 2013 (04.03.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 004 401.1 2. März 2012 (02.03.2012) DE

(71) Anmelder: SMARACT HOLDING GMBH [DE/DE];
Schütte-Lanz-Straße 9, 26135 Oldenburg (DE).

(72) Erfinder: KORTSCHACK, Axel; Ehnernstrasse 84,
26121 Oldenburg (DE). RASS, Christoph; Louise-
Schröder-Strasse 7, 26131 Oldenburg (DE).

(74) Anwalt: EISENFÜHR SPEISER & PARTNER;
Postfach 10 60 78, 28060 Bremen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW,

BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,
DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN,
KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI,
NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ,
TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ,
RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY,
CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE,
SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA,
GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

(54) Title: METHOD FOR CONTROLLING A MULTI-ACTUATOR DRIVE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR ANSTEUERUNG EINES MEHRAKTORANTRIEBS

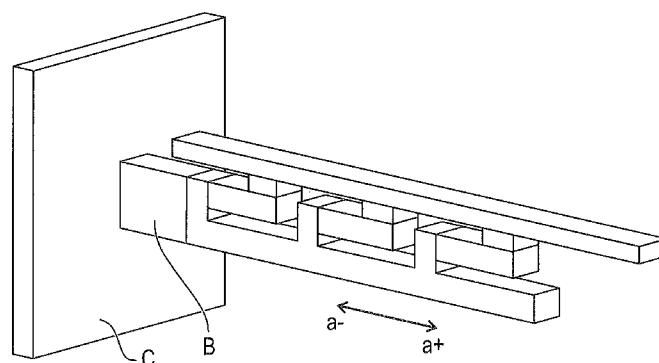


FIG. 7

(57) Abstract: The invention relates to a method for controlling a linear or rotational multi-actuator drive having a rotor driven relative to a stationary component, the positioning distance of the rotor being greater than the strokes of the involved driving actuators, which are in permanent friction contact with the rotor either directly or by means of a force-transmitting mechanism. The relative motion between the stationary component and the moving component of the drive is produced by means of the actuators, wherein control signals that build up a mechanical stress between the friction surfaces are used therefor. The control cams for the various actuators preferably have the same cycle time but have a different course.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



WO 2013/128032 A1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines linearen oder rotatorischen Mehraktorantriebs mit einem relativ zu einer stationären Komponente angetriebenen Läufer, dessen Positionierstrecke größer ist als die Hübe der beteiligten, antreibenden Aktoren, die, entweder direkt oder über eine kraftübertragende Mechanik, im permanenten Reibkontakt mit dem Läufer stehen. Die Relativbewegung zwischen stationärer und beweglicher Komponente des Antriebs wird über die Aktoren erzeugt, wobei hierfür Ansteuersignale genutzt werden, die eine mechanische Spannung zwischen den Reibflächen aufbauen. Vorzugsweise weisen die Ansteuerkurven für die verschiedenen Aktoren die gleiche Zykluszeit auf, haben jedoch einen unterschiedlichen Verlauf.

Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktorantriebs

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Ansteuern eines linearen oder rotatorischen Mehraktorantriebs mit einem relativ zu einer stationären Komponente angetriebenen Läufer, dessen Positionierstrecke größer ist als die Hübe der beteiligten, antreibenden Aktoren, die direkt oder über eine kraftübertragene Mechanik im permanenten Reibkontakt mit dem Läufer stehen, gemäß Patentanspruch 1.

Aus dem Stand der Technik sind Mehraktorantriebe bekannt, die trotz der kurzen Hübe der einzelnen Aktoren große Verstellwege des Läufers ermöglichen. Diese lassen sich in verschiedene Varianten unterteilen.

Vorläufer der Mehraktorantriebe sind die Trägheitsantriebe, hier konkret die Stick-Slip-Antriebe, bekannt aus D.W. Pohl: „Dynamic piezoelectric translation devices“, in Review of Scientific Instruments, vol. 58 (1), Januar 1987, Seiten 54 bis 57. Es ist zunächst ein piezoelektrischer Aktor vorgesehen, der mit einem sägezahnähnlichen periodischen Signal beaufschlagt wird und eine Beschleunigung relativ zu einem reibschlüssig mit dem Aktor verbundenen beweglich gelagerten Läufer bewirkt. Bei einer niedrigen Beschleunigung des piezoelektrischen Aktors folgt der Läufer aufgrund des Reibschlusses dem Aktor. Bei einer hohen Beschleunigung des piezoelektrischen Aktors hingegen rutscht der Läufer relativ zum Aktor durch, sobald die Trägheitskraft des Läufers größer als die Reibungskraft zwischen Läufer und Aktor wird. Wenn mehrere Schritte durchgeführt werden, können auch makroskopische Bewegungen realisiert werden. Trägheitsantriebe stellen eine mechanisch einfache Möglichkeit dar, über größere Distanzen mit einer hohen

Bewegungsauflösung zu positionieren. Trägheitsantriebe haben jedoch den Nachteil, dass es während der Gleitphase immer wieder zum Abbremsen, Stillstand oder sogar einer Rückwärtsbewegung der beweglichen Komponente kommt. Dieses Verhalten koppelt Vibrationen ein, was bei Präzisionspositionieraufgaben störend ist.

Die Darstellungen gemäß Fig. 1 lassen das Prinzip von Trägheitsantrieben erkennen, bei denen ein Aktor D auf einer Seite an einer nicht beweglichen Masse befestigt ist. Der Körper E steht mit dem Aktor D in Reibkontakt. Wenn der Aktor D durch das Anlegen einer sich langsam ändernden Spannung gering beschleunigt wird, so erfolgt ein Mitbewegen des Körpers E. Bei einer hohen Beschleunigung des Aktors D ist die Trägheitskraft des Körpers E größer als die Haftreibung, so dass es zu einer relativen Bewegung zwischen dem Körper E und dem Aktor D kommt.

Die ersten Mehraktorantriebe waren einem solchen Trägheitsantrieb ähnlich und unterscheiden sich zunächst dadurch, dass zwei oder mehr Aktoren zum Einsatz kommen.

Fig. 2a zeigt einen prinzipiellen Aufbau eines linearen Mehraktorantriebs und Fig. 2b den prinzipiellen Aufbau eines rotatorischen Mehraktorantriebs.

Derartige Antriebe bestehen aus mindestens zwei bzw. beliebig vielen Aktoren $1_1, 1_2, \dots, 1_n$, die über ein entsprechendes Ansteuersignal individuell oder in Gruppen zu einem begrenzten Hub angeregt werden können. Im Fall des Einsatzes von Piezoaktoren liegt der Hub typischerweise im Bereich von bis zu einigen μm . Die Aktoren weisen jeweils eine Reibstelle 2 auf, die mit einem Läufer 3 in Reibkontakt steht. Weiterhin sind die Aktoren fest mit einem Träger 4 verbunden. Die Reibstelle muss nicht notwendigerweise nur aus einer Platte bestehen, so wie dargestellt, sondern es können auch mechanisch komplexe Konstruktionen sein, die mehrere Funktionen übernehmen. So ist es z.B. möglich, dass dieses Bauteil genutzt wird, um auch den Aktor mechanisch vorzuspannen, was z.B. für Piezokeramiken üblich ist.

Selbstverständlich kann der Aufbau von Mehraktorantrieben auch umgedreht werden, so dass der Läufer zur stationären Komponente wird und der Träger zur beweglichen Komponente. Es handelt sich dabei weiterhin um das gleiche Antriebsprinzip.

Die Fig. 3 zeigt einen üblichen Spannungsverlauf über der Zeit zur Ansteuerung von mehreren Aktoren, die zeitversetzt über einen Sägezahn, also ähnlich einem klassischen Trägheitsantrieb, angesteuert werden, und die daraus für den Läufer resultierende typische Bewegung.

Für konkrete Realisierungen sei auf die Veröffentlichung von Jean Marc Berguet: „Actionneurs „Stick and Slip“ pour Micro-Manipulators“; EPFL, 1998, verwiesen. Dort wird für nach EP 0750 356 A1 basierenden Mehraktorantrieben mit zwei; drei und vier Aktoren je Antrieb dargelegt, dass die für die Trägheitsantriebe typischen Geschwindigkeitsschwankungen und Vibrationen bei einem Mehraktorantrieb geringer ausfallen.

Es kommt bei solchen Antrieben bei einem Übergang eines Aktors in die Gleitphase prinzipbedingt zu einer unerwünschten Rückwärtsbewegung, einem Stopp oder einem Abbremsen des Läufers. In der Fig. 3 ist der Fall der leichten Rückwärtsbewegung visualisiert.

Eine Sonderform eines Mehraktorantriebs ist in der WO 93/19494 dargelegt. Dort werden die einzelnen Reibflächen nach und nach durch ein schnelles Verformen der Piezokeramiken zum Durchrutschen gebracht. Im Anschluss daran werden alle Reibflächen durch Anlegen einer identischen Spannungsrampe gemeinsam in eine Richtung ausgelenkt. Bei diesem gemeinsamen Auslenken rutscht der Läufer nicht relativ zu den Reibflächen durch, sondern wird mitbewegt. Nachteilig ist es jedoch, dass der Läufer aufgrund der dauernd wechselnden Beschleunigungen starken Vibrationen ausgesetzt ist.

Gemäß der DE 10 2009 013 849 A1 wird ein auf Piezoröhrchen basierender Antrieb mit mehreren Reibflächen zeitversetzt angesteuert, um eine Bewegung zu erzielen. Die Ansteuersignale sind so gewählt, dass mehrere Aktoren einen Läufer vorantreiben, um dann die Aktoren nach und nach zurückzuziehen, so dass der Läufer während des Zurückziehens durch die Mehrzahl der nicht bewegten Reibflächen in einer Position gehalten wird, d.h. stillsteht. Bei diesem Antrieb kommt es immer wieder zu Phasen der Bewegung und des Stillstands für den Läufer, so dass weiterhin Vibrationen auftreten und eine gleichmäßige Bewegung nicht möglich ist.

Eine weitere Klasse von Mehraktorantrieben sind sogenannte „Inchwormantriebe“. Dabei handelt es sich um Antriebe, bei denen ein zu bewegendes Laufer durch Aktoren im Wechsel geklemmt wird und der Abstand der Klemmen durch einen weiteren Aktor variiert wird. Durch ein geeignetes, zyklisches Ansteuern der Aktoren kann ein Laufer auch über große Distanzen bewegt werden. Diese Klasse von Aktoren verursacht prinzipiell störende Vibrationen, da hochfrequente, orthogonal zur Bewegungsrichtung wirkende Bewegungen durch die Klemmvorgänge eingekoppelt werden.

Bei allen bekannten Mehraktorantrieben kommt es zu unerwünschten Vibrationen und Abweichungen der Istposition des Läufers von der Sollposition.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein verbessertes Verfahren zum Ansteuern eines Mehraktorantriebs zu schaffen, welches das Problem der störenden Vibrationen und der Abweichungen der Ist- von der Sollposition löst oder zumindest deutlich verbesserte Eigenschaften aufweist.

Die Lösung der Aufgabe der Erfindung erfolgt gemäß der Lehre nach Patentanspruch 1, wobei die Unteransprüche mindestens zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen darstellen.

Es hat sich in Versuchen in überraschender Weise herausgestellt, dass es möglich ist, unter Ausnutzung der Elastizitäten in der Mechanik und Aktorik, an einen Mehraktortrieb Ansteuerkurven bzw. Ansteuersignale anzulegen, die den Laufer bewegen, ohne dass es zu hochfrequenten Vibrationen kommt, und ohne dass die Bewegung des Läufers eine große Abweichung von einer Sollbewegung - beispielsweise einer konstanten Bewegung - aufweist. Je nach angestrebter Qualität ist es möglich, die Signale so zu wählen, dass sich eine Bewegung mit einem monotonen oder sogar streng monotonen Verhalten ergibt.

Eine solches Bewegungsverhalten lässt sich durch die erfindungsgemäße Ansteuerung realisieren.

Dabei wird für die in der Haftphase befindlichen Aktoren die zwischen den mehreren Reibkontakten vorhandene Elastizität von Antrieb und Mechanik verwendet, um zwischen diesen Reibflächen eine mechanische Spannung aufzubauen. Eine solche mechanische Spannung wirkt sowohl auf die Aktoren als auch auf den anzutreibenden Läufer.

Geeignete mechanische Spannungen können aufgebaut werden, indem durch die individuelle Ansteuerung mindestens eines in der Haftphase befindlichen Aktors lokale Relativbewegungen in Bezug zu mindestens einem weiteren in der Haftphase befindlichen Aktor realisiert wird. Z.B. indem ein Aktor mit einer anderen Geschwindigkeit oder mit einer individuellen Steuerkurve angesteuert wird.

Vorzugsweise sind mehrere Aktoren am Aufbau der mechanischen Spannungen beteiligt.

Aufgrund der Elastizität in den Aktoren und der Mechanik bleiben die mechanischen Spannungen erhalten, bis die Bewegungen der Aktoren der aufgebauten mechanischen Spannung entgegenwirken oder ein Aktor oder mehrere Aktoren ins Durchrutschen geraten, wobei im letzteren Fall die mechanischen Spannungen üblicherweise nicht vollständig abgebaut werden. Solche mechanischen Spannungen können die Aktoren und die beteiligte Mechanik je nach Vorzeichen der Wirkung strecken oder stauchen. Diese mechanischen Spannungen wirken jeweils über den Läufer auf die mit dem Läufer in Reibkontakt stehenden Aktoren.

Diese gegenseitige Beeinflussung hat zur Folge, dass der Läufer bewegt wird, wenn sich die Relativbewegungen der Aktoren nicht genau gegenseitig aufheben. Das heißt, der Läufer wird lokal bewegt, ohne dass es zum Durchrutschen der beteiligten Reibflächen kommt.

Sind hingegen die vorzeichenbehafteten Signaländerungen der an die Aktoren angelegten Amplituden in der Summe gleich Null, können tendenziell mechanische Spannungen aufgebaut werden, ohne dass der Läufer bewegt wird.

Die mechanischen Spannungen zwischen den Reibflächen haben einen großen Einfluss auf das Bewegungsverhalten des Mehraktorantriebs.

Durch die mechanischen Spannungen zwischen den Reibflächen kann z.B. eingestellt werden, ob sich einzelne Aktoren dicht vor dem Durchrutschen befinden oder sicher in der Haftphase sind.

Ebenfalls lässt sich beispielsweise einstellen, wie stark eine resultierende Bewegung des Läufers aufgrund einer Signaländerung der Steueramplitude eines Aktors ausfällt.

Aufgrund des großen Einflusses auf die Bewegung des Läufers, kann die mechanische Spannung zwischen den Reibflächen als zusätzlicher Steuerparameter eingesetzt werden.

Es ergibt sich eine unbegrenzte Schar an geeigneten Ansteuerkurven, die sich dadurch auszeichnen, dass zwischen den in der Haftphase befindlichen Reibflächen mechanische Spannungen auf- und abgebaut werden. Durch Variation der Verläufe der Ansteuerkurven kann auf die resultierende Bewegung des Läufers Einfluss genommen werden. Idealerweise werden dabei Kurvenformen gewählt, die eine Bewegung des Läufers erzeugen, die bereits nahe einer Sollbewegung liegt.

Mit derartigen Ansteuerungen lässt sich der Läufer vibrationsarm und nahe einer vorgegebenen Sollbewegung bewegen. Dem Stand der Technik nach ist es zuvor noch nicht gelungen, mit einem realisierten Mehraktorantrieb eine vibrationsarme Bewegung des Läufers zu erzielen.

Die Zusammenhänge der mechanischen Spannung und die Wirkung auf die Bewegung des Läufers wird zur Verdeutlichung an einem stark vereinfachten Beispiel diskutiert.

Hierzu zeigt Fig. 4 das elastische Verhalten der Mechanik und Aktorik eines Mehraktorantriebs mit drei Aktoren, wenn an einem der drei Aktoren ein Dreieckssignal ohne nennenswerte Beschleunigung angelegt wird. Als Vorrichtung wird auf den skizzenhaften Mehraktorantrieb aus der Fig. 2a zurückgegriffen.

An den Aktor 1_1 (siehe Fig. 2a) wird ein sich änderndes Steuersignal U_1 in Form eines Dreiecks angelegt, während die anderen zwei Aktoren nicht mit einem veränderlichen Steuersignal angesteuert werden (U_2 liegt am Aktor 1_2 an, U_3 am Aktor 1_3). In der Phase A ändert sich keines der Steuersignale. In der Phase G steigt das Steuersignal U_1 an und in der Phase H fällt das Steuersignal U_1 wieder ab, bis es den Ausgangswert erreicht. In der Phase F ändert sich keines der Steuersignale.

Durch das Anlegen eines sich ändernden Ansteuersignals U_1 kommt es zwischen den Reibflächen der Aktoren zu einer mechanischen Spannung. Diese mechanische Spannung wirkt sich auf den ganzen Antrieb und alle beteiligten Aktoren und die Mechanik des Antriebs aus. So überträgt sich die Kraft des Aktors 1_1 über die Reibkontakte und den Läufer auf die anderen Aktoren, so dass diese verformt werden.

Im Detail:

Die Kurven x_1 , x_2 und x_3 zeigen die sich verändernden Positionen der Reibflächen der Aktoren $1_1, 1_2$ und 1_3 in Bezug auf den Träger 4.

Die Kurven F_1 , F_2 und F_3 zeigen die auf die Aktoren $1_1, 1_2$ und 1_3 wirkenden Kräfte.

Die Kurve x_L zeigt die Position des Läufers an.

In der Phase G steigt das an den Aktor 1_1 angelegte Steuersignal an. In einem ersten Teil, der Phase B, bleibt die Reibfläche des Aktors 1_1 in der Haftreibung, da die Kraft nicht ausreicht, dass die Reibfläche 1 von der Haft- in die Gleitphase übergeht. Als Folge dessen überträgt sich die aufbauende Kraft auf alle drei Aktoren, so dass sich die Reibflächen synchron bewegen, und somit auch der Läufer in dieser Phase synchron mitbewegt wird. Der Läufer bewegt sich also, obwohl nur einer der Aktoren angesteuert wird und ohne, dass einer der Aktoren durchrutscht. Wie anhand der Kraftkurven (F_1 , F_2 und F_3) zu erkennen ist, wirkt auf den Aktor 1_1 eine stauchende Kraft, während sich die Gegenkraft auf die Aktoren 1_2 und 1_3 aufteilt und diese entsprechend streckt.

Zu Beginn der Phase C geht der Reibkontakt 1 in die Gleitphase über. Somit muss der Aktor 1_1 bei seiner weiteren Auslenkung nicht mehr gegen die Steifigkeit der Aktoren 1_2 und 1_3 arbeiten, so dass sich die Position des Reibkörpers nun mit einer veränderten, größeren Steigung entwickeln kann, obwohl das Ansteuersignal U_1 weiterhin mit gleicher Steigung anliegt. Aufgrund des Übergangs in die Gleitreibung bleiben die auf die Aktoren wirkenden Kräfte in überraschender Weise nahezu konstant. Das heißt, dass sich die Reibflächen 2 und 3 nicht wesentlich relativ zum Träger bewegen. Dieser Effekt ist sehr vorteilhaft, da nun keine Vibrationen aufgrund des Übergangs von Haftphase zu Gleitphase eingekoppelt werden.

Ab Beginn der Phase H, wird das am Aktor 1_1 anliegende Signal wieder zurückgenommen.

Dabei befinden sich wieder alle Reibflächen der Aktoren in der Haftphase, so dass sich in Folge dessen die Positionen der Reibflächen, und damit auch der Läufer synchron relativ zum Träger bewegen. In Folge dessen bauen sich während der Phase D die auf die Aktoren wirkenden Kräfte ab. D.h. die auf den Aktor 1_1 stauchend wirkende Kraft baut sich ab, während die auf die Aktoren 1_2 und 1_3 streckend wirkenden Kräfte sich ebenfalls abbauen. Zum Übergang von der Phase D auf E, sind die Kräfte vollständig abgebaut. Das heißt, auf die Aktoren wirken keine Kräfte mehr und die Positionen der Aktoren 1_2 und 1_3 , als auch die Position des Läufers befinden sich wieder in der Ausgangslage wie während der Phase A. Das ist nicht der Fall für die Position des Reibkörpers des Aktors 1_1 . Schließlich ist die Reibfläche des Aktors 1_1 in der Phase B durchgerutscht, und in Folge dessen hat sich die Position der Reibfläche des Aktors 1_1 im Verhältnis zu den Reibflächen der Aktoren 1_2 und 1_3 entlang des Läufers verschoben. In der Phase E wird das Ansteuersignal U_1 weiter reduziert, bis es wieder den Ausgangspegel erreicht hat. In Folge dessen zieht sich der Aktor 1_1 weiter zusammen. Da jedoch beim Phasenübergang von D zu E keine Kräfte zwischen den Reibflächen mehr gewirkt haben, bauen sich nun wieder Kräfte zwischen den Reibflächen auf, die auf die Aktoren wirken. Das heißt, auf den Aktor 1_1 wirkt mit weiter abnehmender Ansteuerspannung U_1 eine streckende Kraft, während auf den anderen Aktoren eine sich auf beide Aktoren aufteilende, stauchende Kraft wirkt. Da sich der Aktor 1_1 weiterhin in der Haftreibung befindet, bewegen sich alle Reibflächen und der Läufer weiterhin synchron relativ zum Träger. Also wird der Läufer über seine ursprüngliche Lage hinaus bewegt. Am Ende des an den Aktor 1_1 angelegten Signals ergibt sich also eine Nettoverschiebung des Läufers.

Es konnte anhand des oben genannten Beispiels gezeigt werden, dass es nach dem Durchlauf dieses Zyklus zu einer verbleibenden Bewegung des Läufers kommt. Es wurde ebenfalls, wenn auch vereinfacht, dargelegt, wie die mechanischen Spannungen zwischen den Reibflächen auf den Läufer wirken.

Im Falle von drei oder mehr Aktoren, die alle mit Steuerkurven beaufschlagt werden, sind die Zusammenhänge sehr viel komplizierter. Die Zusammenhänge lassen sich zwar technisch-mathematisch nachvollziehen, es ist in der Praxis

jedoch vorteilhaft, wenn geeignete Kurven experimentell und möglichst mittels Optimierungsalgorithmen ermittelt werden.

Vorzugsweise werden Ansteuerkurven bzw. Ansteuersignale an die Aktoren angelegt, die erfindungsgemäße mechanische Spannungen zwischen den Reibflächen auf- und abbauen aber eine gleiche Zykluszeit haben. Das ermöglicht es beispielsweise mit immer wiederholenden Signalkurven den Läufer über weite Strecken zu bewegen.

Vorteilhaft ist es, wenn die Abweichung der resultierenden Bewegung des Läufers innerhalb eines Zyklus von einer bekannten Sollbewegung gering ist. Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Sollbewegung innerhalb eines Zyklus einer monotonen, idealerweise einer streng monotonen Bewegung entspricht.

Eine streng monotone Bewegung des Läufers innerhalb eines Zyklus erlaubt es, die Geschwindigkeit des Mehraktorantriebs über die Zyklusfrequenz, mit der die Steuersignale durchlaufen werden, zu steuern oder sogar zu regeln. Bei der Sollbewegung handelt es sich vorzugsweise um eine konstante Geschwindigkeit bei einer vorgegebenen Zyklusfrequenz. Ein solcher linearer Zusammenhang ermöglicht eine besonders einfache Positionier- oder Geschwindigkeitsregelung für den Läufer, indem die Zyklusfrequenz variiert wird.

Es sind selbstverständlich auch andere Kurvenformen für die Sollbewegung möglich. Vorteilhaft ist es, wenn diese ein monotonen Verhalten zeigen.

Sind keine perfekten Kurvenformen ermittelt, verbleiben kleine Abweichungen der resultierenden Bewegung von der Sollbewegung übrig. Üblicherweise sind diese noch vorhandenen Abweichungen langsam und nicht hochfrequent. Diese verbleibende, langsam veränderliche Störbewegung bietet eine sehr gute Voraussetzung für eine Implementierung einer auf die Aktoren aufaddierten Ausgleichsbewegung. Die Ausgleichsbewegung kompensiert eine verbleibende Abweichung der Läuferbewegung zu einer Sollbewegung.

Vorzugsweise wird die Ausgleichsbewegung durch alle Aktoren gleichermaßen ausgeführt, so dass zwischen den Reibflächen der Aktoren keine weiteren mechanischen Spannungen aufgebaut werden. Handelt es sich bei den Aktoren

um vorzugsweise gleiche Bautypen, kann eine solche für alle Aktoren gleichermaßen ausgeführte Ausgleichsbewegung realisiert werden, in dem den Steuerkurven der Aktoren ein für alle Aktoren gleichermaßen veränderliches Steuersignal aufaddiert wird.

Es ist alternativ möglich, lediglich einen Teil der Aktoren mit dem aufzuaddierenden Steuersignal zu beaufschlagen, beispielsweise, wenn eine weitere mechanische Spannung zwischen den Aktoren aufgebaut werden soll.

Es ist möglich, die Ansteuersignale so zu wählen, dass lokale Bewegungen des Läufers, die aufgrund der zwischen den Reibflächen aufgebauten mechanischen Spannungen durchgeführt werden, den Abweichungen von einer Sollbewegung entgegenwirken, jedoch lässt sich eine Ausgleichsbewegung über eine auf die Aktoren aufaddierte Steueramplitude bzw. Amplitudenkurvenform sehr viel einfacher realisieren, da die Zusammenhänge sehr viel einfacher sind. Je nach eingesetztem Aktortyp können die Zusammenhänge sogar einfach linear sein.

Das Antriebspaket des Mehraktorantriebs, bestehend aus den Aktoren $1_1, 1_2, \dots, 1_n$, und den Reibkontakten inklusive der Mechanik, kann mit einem weiteren Aktor in Reihe geschaltet sein, so dass dieser zusätzliche Aktor in der Lage ist, das gesamte Antriebspaket, und damit auch dem Läufer, gezielt vor- oder zurückzubewegen, wenn der in Reihe befindliche Aktor durch ein entsprechendes Ansteuersignal angesteuert wird. Ein solcher, in Reihe befindlicher Aktor kann zu einer Ausgleichsbewegung angeregt werden, indem geeignete Steuersignale angelegt werden. Dass kann z.B. dann von Vorteil sein, wenn neben einer möglichst störfreien Bewegung eines Antriebs auch der zur Verfügung stehende Signalbereich der Ansteuerung des Antriebspaketes voll ausgenutzt werden soll, um eine hohe Kraft zu erzielen.

Es ist von Vorteil, wenn die Bewegung des Läufers über mindestens einen Zyklus mit einem Sensor erfasst wird, um die Abweichung der gemessenen Bewegung von einer Sollbewegung als Optimierungskriterium für die Anpassung der Ansteuerkurven zu verwenden. Ein vorteilhaftes Ziel ist dabei die Abweichung so gering wie möglich werden zu lassen.

Z.B. bei einer Bewegung mit einer konstanten Geschwindigkeit als Sollbewegung ist eine Abweichung von der konstanten Geschwindigkeit minimal zu

halten. Besonders vorteilhaft ist es, wenn dabei berücksichtigt wird, dass hohe Schrittweiten je Zyklus positiv sind, so dass bei der Optimierung nicht nur in Richtung konstanter Bewegung optimiert, sondern auch das Kriterium einer möglichst weiten Schrittweite je Zyklus berücksichtigt wird.

Die Signalformen werden idealerweise zyklisch an die Aktoren des Mehraktor-antriebs angelegt. Daher ist es vorteilhaft, wenn Signale je Aktor so gewählt werden, dass die Signalhöhe zu Beginn eines Zyklus auf gleicher Höhe liegen wie zum Ende eines Zyklus. Wenn die Werte je Steuerkanal zu Beginn und zum Ende auf gleicher Höhe liegen, können die Signale zyklisch an die Aktoren angelegt werden, ohne dass es zu störenden Bewegungen oder gar Sprüngen bei einer Zykluswiederholung kommt. Sprünge sind in der Regel zu vermeiden, da Sprünge zu schwer kompensierbaren Störbewegungen führen.

Eine Möglichkeit, um eine gleiche Signalhöhe je Kanal zu erzeugen ist, die ermittelten Signalkurven zu drehen, indem eine Subtraktion einer Geraden von den jeweiligen Steuerkurven erfolgt, die durch den Anfangswert und den Endwert der jeweiligen Signalkurve geht. Anhand der Fig. 8 kann ein solcher Vorgang nachvollzogen werden.

Sollen die Ausgleichsbewegungen nur von den Aktoren des Mehraktor-antriebspaketes durchgeführt werden, so ist es sinnvoll, einen gewissen Bereich der zur Verfügung stehenden Signalhöhe der Ansteuersignale für die aufzuaddierende Ausgleichsbewegung zu reservieren.

Je besser die ermittelten Kurvenformen einer Zielkurve, wie z.B. der vorzugsweise zu wählenden Geraden angepasst sind, desto geringer kann der für die Ausgleichsbewegung zu reservierende Bereich der Signalhöhe ausfallen. Daher sollten die Kurvenformen der angelegten Signalkurven so gewählt werden, dass eine Zielkurve während eines Zyklus bereits mit nur geringen Abweichungen nachgebildet wird.

Wird hingegen ein Aktor für die Ausgleichsbewegung herangezogen, der mit dem Antriebspaket in Reihe liegt, dann kann der volle zur Verfügung stehende Amplitudenbereich für die zyklische Ansteuerung des Aktorpaketes verwendet werden.

Es hat sich herausgestellt, dass einmal ermittelte Kurvenformen je Zyklus zu immer wiederkehrenden Bewegungen des Läufers führen.

Das gilt sowohl für die erfindungsgemäße Ansteuerung, bei der die mechanischen Spannungen zwischen den Reibkörpern auf- und abgebaut werden, als auch für die Kombination dieser Ansteuerung mit der aufaddierten Ausgleichsbewegung.

Dies kann genutzt werden, um Positionieraufgaben durchzuführen, ohne dass ein Positionssensor eingesetzt werden muss. Idealerweise werden die ermittelten Steuersignale von der Steuerung gespeichert und dann den Anforderungen entsprechend zyklisch abgerufen. Z.B. Je schneller ein Läufer bewegt werden soll, desto schneller werden die zyklischen Steuersignale an die Aktoren angelegt.

Es ist möglich, dass im Rahmen einer Kalibrierung ermittelte Signalkurven hochfrequente Abweichungen von einer Sollbewegung kompensieren, so dass verbleibende, niederfrequente Abweichungen durch einen über einen Positionssensor geschlossenen Regelkreis kompensiert werden. Als Regelgröße können beispielsweise die Zyklusdauer der Ansteuerkurven oder die Ausgleichsbewegungen herangezogen werden. Auch ist eine Kombination von Zyklusdauer und Ausgleichsbewegung möglich.

Die Steuerkurven, die an die Aktoren angelegt werden, können je nach Anforderung unterschiedlich viele Stützpunkte aufweisen. Je exakter die Bewegung ausfallen soll, desto mehr Stützpunkte sind in der Regel notwendig. Neben abgespeicherten Stützpunkten sind auch andere Varianten möglich, um Steuerkurven abzuspeichern und dann ablaufen zu lassen. So ist es z.B. möglich Steuerkurven mit recht groben Stützpunkten zu speichern und dann zwischen den Punkten zu interpolieren. Ebenfalls können die Steuerkurven mathematisch beschrieben werden, so dass die notwendigen Stützpunkte jeweils, vorzugsweise in der Laufzeit, berechnet werden.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Bewegung des Läufers des Mehraktor-antriebs von einem Positionssensor gemessen wird und die Messdaten herangezogen werden, um eine Positionsabweichungen des Läufers auszuregeln.

Es ist möglich, über die Zyklusdauer der angelegten Steuersignale die Positionierung des Läufers zu regeln. Z.B. je schneller der Läufer bewegt

werden soll, desto zügiger werden die zyklisch angelegten Steuerkurven, z.B. auch inklusive der aufaddierten Signale für die Ausgleichsbewegung, durchlaufen. Hat der Läufer hingegen eine Sollposition erreicht, wird die Frequenz, mit der die Zyklen angelegt werden, auf Null reduziert.

Es bietet sich an, typische bekannte Regelstrategien zu verwenden.

Neben der Zyklusfrequenz kann auch die Ausgleichsbewegung als Regelparameter genutzt werden. Es ist auch möglich, beide Parameter in Kombination in der Regelung zu verwenden, wobei sich hier ein kaskadierter Regelkreis besonders gut eignet.

Für kleine Abweichungen, die über einen Positionssensor festgestellt werden, lässt sich vorteilhaft die Ausgleichsbewegung zur Kompensation verwenden. Das kann in einigen Fällen von Vorteil sein. Z.B. wenn der Läufer in Position gehalten wird und lediglich ein langsames Vor- und Zurückbewegen auf kleiner Strecke ausgeglichen werden soll. Das ist dann leichter mit einer Ausgleichsbewegung zu realisieren als über das Anlegen der zyklischen Signale.

Statt die Frequenz der zyklisch anzulegenden Signalformen oder die Ausgleichsbewegung als Regelparameter zu verwenden, ist es auch möglich, die Form der Steuersignale selber zu variieren. Es hat sich jedoch herausgestellt, dass es in der Laufzeit einfacher und zielgerichteter ist, die Frequenz der Zyklen und die Ausgleichsbewegung zu nutzen.

Jedoch kann es sinnvoll sein die Signalformen zu variieren, wenn sich die Reaktion der Läuferbewegung auf die Steuersignale ändert, z.B. aufgrund Temperaturänderungen oder Verschleiß.

Es ist auch möglich, die drei genannten Regelparameter „Zykluszeit“, „aufaddierte Ausgleichsbewegung“ und „Kurvenform der Steuersignale“ in Kombination und in unterschiedlicher Gewichtung zu nutzen. Das kann z.B. nötig werden, wenn weite Geschwindigkeitsbereiche des Mehraktorantriebs durchfahren werden, so dass z.B. Masseträgheiten und Resonanzeffekte eine Rolle spielen und berücksichtigt werden müssen.

In einigen Fällen müssen die an den Aktoren anliegenden Signalkurven angepasst werden, wenn die Zyklusfrequenz verändert wird. Das ist z.B. dann

der Fall, wenn sich die Übertragung der elektrisch an die Aktoren angelegten Signale und die resultierende Aktorbewegung bis hin zur resultierenden Läuferbewegung aufgrund der Frequenzveränderung deutlich verschiebt. Da die auftretenden Änderungen in der Regel kontinuierlich und nicht sprunghaft auftreten, ist eine solche Anpassung gut zu realisieren. Für Antriebe, die einen großen Geschwindigkeitsbereich durchfahren müssen, kann eine solche Anpassung sehr vorteilhaft sein.

Für die neuartige Ansteuerung muss ein spezielles Vorgehen für die Richtungsumkehr des beweglichen Läufers gewählt werden, da es bei diesem Verfahren in der Regel nicht möglich ist, die zyklisch an den Aktoren anliegenden Signale „lediglich“ rückwärts ablaufen zu lassen, um so die Richtung umzukehren.

Für eine erfindungsgemäße Richtungsumkehr des Läufers werden die an den Aktoren anliegenden Ansteuersignale um eine konstante Signalamplitude gespiegelt. Idealerweise liegt die Höhe der Signalamplitude, um die gespiegelt wird, im mittleren Bereich der zur Verfügung stehenden Signalhöhe: Um bei der Richtungsumkehr einen Sprung zu vermeiden sollen die gespiegelten Werte vorzugsweise nicht sprunghaft angelegt werden, da das zu einem Sprung in der Bewegung des Läufers führen kann. Statt dessen sind die gespiegelten Signale vorzugsweise durch eine erfindungsgemäße, zeitliche, gleichmäßige Anpassung der Signale zum jeweils gespiegelten Signalwert zu erreichen, wobei idealerweise die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich oder nahezu Null wird und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null ist.

Werden punktsymmetrische Kurvenformen zur Ansteuerung der Aktoren verwendet, können die Signale alternativ zeitlich gespiegelt werden. Jedoch sollte eine zeitliche Spiegelung nur genutzt werden, wenn entweder die Anforderungen an die Genauigkeit während der Richtungsumkehr nicht hoch sind oder ein großer Signalbereich für die erfindungsgemäßen Ausgleichsbewegungen zur Verfügung steht. Das liegt darin begründet, dass sich in der Praxis nur selten punktsymmetrische Ansteuerkurven ergeben, bei denen die Abweichung der Bewegung des Läufers von einer Sollkurve während des Ablaufs eines Steuerzyklus gering sind. Werden punktsymmetrische Kurven gewählt, so werden in der Regel die Abweichungen von der Zielbewegung entsprechend groß sein, so dass eine große Ausgleichsbewegung erforderlich

wird, wenn die Abweichungen je Zyklus gering gehalten werden müssen, um hohen Genauigkeitsanforderungen zu entsprechen.

Alternativ kann zur Richtungsumkehr auf zwei unterschiedliche Sätze von Ansteuerkurven zurückgegriffen werden. Während ein Satz den Läufer vorantreibt, wenn die entsprechenden Signale an die Aktoren angelegt werden, wird der Läufer durch das Anlegen des zweiten Satzes in die entgegengesetzte Richtung bewegt. Um von einem Satz an Steuerkurven auf den zweiten Satz an Steuerkurven zu wechseln, sind die Signalwechsel vorzugsweise durch eine erfindungsgemäße, zeitliche, allmähliche Anpassung der Signale zum jeweils neuen Wert zu erreichen, wobei idealerweise die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich oder nahezu Null wird und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente während des Wechsels nahezu Null ist.

Grundsätzlich kann während eines Richtungswechsels auch eine Ausgleichsbewegung durchgeführt werden. Wird beispielsweise beim Richtungswechsel die oben beschriebene, zeitliche, gleichmäßige Anpassung der Signale durchgeführt, kann während dessen eine überlagerte Ausgleichsbewegung angelegt werden, um schon während des Wechsels der Signale den Läufer in die gewünschte Richtung voranzutreiben, so dass nicht abgewartet werden muss, bis der Wechsel der Signale vollzogen, sondern eine sofortige Bewegungsrichtungsumkehr möglich ist.

In einer weiteren Variante der Richtungsumkehr kann während der erfindungsgemäßen, zeitlichen Anpassung der Signale bereits eine Bewegung auf den Läufer beaufschlagt werden, indem die Relativbewegung der Aktoren des Mehraktorantriebs zueinander so gewählt wird, dass der Läufer in die gewünschte Richtung vorangetrieben wird.

Die verschiedenen Varianten der Richtungsumkehr können miteinander in Kombination genutzt werden.

Ungewollte Bewegungen sind auch zu Beginn einer Bewegung bzw. bei dem Einschalten oder initialen Ansteuern der Aktoren des Mehraktorantriebs zu vermeiden. Ein vorzugsweise zu verwendender Ansatz ist es, die Signale für die Aktoren des Mehraktorantriebs, ausgehend von den Startamplituden

allmählich auf die Zielwerte zubringen. Idealerweise ist dabei die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich Null und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null. Ansonsten können für den Einschaltvorgang die gleichen Ansätze wie bei der Richtungsumkehr gewählt werden.

Um zu verhindern, dass ein Mehraktortrieb, um eine Position zu halten, einen permanenten Richtungswechsel vollzieht, ist es vorteilhaft, wenn vorrangig eine Ausgleichsbewegung genutzt wird, um lokale Abweichungen auszugleichen.

Eine besonders einfache Ansteuerung ergibt sich für einen Mehraktortrieb, wenn die Aktoren paarweise invertiert eingebaut werden. Das bringt symmetrische Vorteile. Z.B. sind die gegeneinander wirkenden Aktoren für das Einschaltverhalten eines derartigen Mehraktortriebs von Vorteil, da sich die Bewegungen der Aktoren gegenseitig aufheben.

Sind Aktoren gegengerichtet eingebaut, so ist das selbstverständlich durch die Ansteuersignale zu berücksichtigen.

Soll z.B. eine auf alle Aktoren aufaddierte Ausgleichsbewegung durchgeführt werden, so müssen solche Signale an die Aktoren angelegt werden, dass bei der Bewegung der Aktoren für die Ausgleichsbewegung keine weitere mechanische Spannung zwischen den Reibflächen aufgebaut wird.

Z.B. im Falle eines gegengerichteten Einbaus der Aktoren bietet sich bei einem linearen Verhalten der Aktoren ein invertiertes Steuersignal an.

Unterschiedliche Ansteyerverfahren bewirken stark unterschiedliche Verhalten der Mehraktortriebe. Einige Verfahren haben ihre Stärken z.B. bei der erzielbaren Kraft, andere wiederum bei der erzielbaren Positionierauflösung. Daher ist es vorteilhaft, wenn bei der Ansteuerung eines Mehraktortriebs je nach Situation zwischen der erfindungsgemäßen und alternativen Ansteuerstrategien gewechselt werden kann.

Die Erfindung soll nachstehend anhand eines Ausführungsbeispiels sowie unter Zuhilfenahme von Figuren näher erläutert werden.

Hierbei zeigen:

Fig. 1 Prinzipskizze eines bekannten Trägheitsantriebs mit entsprechender, typischer Sägezahnsteuerung;

Fig. 2a vereinfachte Darstellung eines linearen Mehraktoranztriebs

Fig 2b vereinfachte Darstellung eines rotatorischen Mehraktoranztriebs;

Fig.3 eine typische Bewegung eines Läufers eines Mehraktoranztriebs bei einer Ansteuerung über versetzte sägezahnförmige Signale gemäß Stand der Technik;

Fig. 4 Grafik zum elastischen Verhalten der Mechanik und Aktorik eines Mehraktoranztriebs;

Fig. 5 gemessene Bewegung eines über Dreieckssignale ohne nennenswerte Beschleunigung angesteuerten Mehraktoranztriebs;

Fig. 6 gemessene Bewegung eines über modifizierte Signale ohne nennenswerte Beschleunigung angesteuerten Mehraktoranztriebs;

Fig. 7 Mehraktoranztrieb mit einem zum Antriebspaket in Serie befindlichen weiteren Aktor B;

Fig. 8 Störbewegungen aufgrund von Sprüngen zwischen zyklisch angelegten Steuersignalen im Vergleich zu korrigierten Steuersignalen, die zyklisch angelegt werden können, ohne dass es zu Sprüngen kommt;

Fig. 9a Spiegelung einer punktsymmetrischen Steuerkurve für eine Richtungsumkehr;

Fig. 9b Spiegelung einer nicht punktsymmetrischen Steuerkurve um einen Amplitudenwert um eine Richtungsumkehr zu erzeugen im Vergleich zu einer zeitlichen Spiegelung, die nicht zu einer Richtungsumkehr führt;

Fig. 9c Spiegelung einer weiteren nicht punktsymmetrischen Steuerkurve um einen Amplitudenwert um eine Richtungsumkehr zu erzeugen im Vergleich zu einer zeitlichen Spiegelung, die nicht zu einer Richtungsumkehr führt;

Fig. 10a sprunghafte Spiegelung von beispielhaften Signalkurven zur Richtungsumkehr und

Fig. 10b zeitlich allmählich umgesetzten Spiegelung von beispielhaften Signalkurven zur Richtungsumkehr.

Fig. 1 zeigt eine Prinzipskizze eines Trägheitsantriebs mit entsprechender, typischer Sägezahnsteuerung. In solchen Antrieben ist ein Aktor (D) vorgesehen, der mit einem sägezahnähnlichen, periodischen Signal beaufschlagt wird und eine Beschleunigung auf den relativ zu einem reibschlüssig mit dem Aktor verbundenen beweglichen gelagerten Läufer (E) aufbringt.

Fig. 2a zeigt einen beispielhaften linearen Mehraktor Antrieb. Derartige Antriebe bestehen aus mindestens zwei bzw. beliebig vielen Aktoren $1_1, 1_2, \dots, 1_n$, die über ein entsprechendes Ansteuersignal individuell oder in Gruppen zu einem begrenzten Hub angeregt werden können. In der Fig. 2a sind drei Aktoren 1_1 bis 1_3 dargestellt. Die Aktoren weisen jeweils eine Reibstelle 2_1 bis 2_3 auf, die mit einem Läufer 3 in Reibkontakt steht. Weiterhin sind die Aktoren mit einem Träger 4 verbunden. Der Läufer kann bei einer geeigneten Ansteuerung der Aktoren relativ zum Träger entlang des Doppelpfeils makroskopisch bewegt werden.

Fig. 2b zeigt einen beispielhaften rotatorischen Mehraktor Antrieb. Derartige Antriebe bestehen aus mindestens zwei bzw. beliebig vielen Aktoren $1_1, 1_2, \dots, 1_n$, die über ein entsprechendes Ansteuersignal individuell oder in Gruppen zu einem begrenzten Hub angeregt werden können. In der Fig. 2b sind drei Aktoren 1_1 bis 1_3 dargestellt. Die Aktoren weisen jeweils eine Reibstelle 2_1 bis 2_3 auf, die mit einem Läufer 3 in Reibkontakt steht. Weiterhin sind die Aktoren mit einem Träger 4 verbunden. Der Läufer kann bei geeigneter Ansteuerung der Aktoren rotiert werden.

Fig. 3 zeigt eine gemäß dem Stand der Technik typische, resultierende Bewegung eines Läufers bei einer sägezahnförmigen Ansteuerung der Aktoren eines Mehraktor Antriebs. Kennzeichnend ist die störende, periodische

Rückbewegung des Läufers, ausgelöst jeweils durch die Rückbewegung eines Aktors.

Fig. 4 zeigt exemplarisch das elastische Verhalten der Mechanik und Aktorik eines Mehraktorantriebs mit drei Aktoren, wenn an einen der drei Aktoren ein Dreieckssignal angelegt wird. Es handelt sich um eine vereinfachte, nicht maßstabgerechte Darstellung. Für die Bezeichnung der Komponenten wird auf den beschrifteten, skizzenhaften Mehraktorantrieb aus der Fig. 2a verwiesen.

Es wird ein Steuersignal U_1 in Form eines Dreiecks an den Aktor 1_1 angelegt. Die anderen zwei Aktoren werden mit einem konstanten Steuersignal angesteuert (U_2 liegt am Aktor 1_2 an, U_3 am Aktor 1_3).

In der Grafik sind verschiedene Phasen dargestellt. Die verschiedenen Phasen werden im Folgenden beschrieben.

In der Phase A sind alle Steuersignale konstant. In der Phase G steigt das Steuersignal U_1 an und in der Phase H fällt das Steuersignal U_1 wieder ab, bis es zum Anfang der Phase F den Ausgangswert erreicht. In der Phase F ändert sich keines der Steuersignale.

Da das sich ändernde Ansteuersignal U_1 nur an einen der Aktoren angelegt wird, kommt es zwischen den Reibflächen der Aktoren zu einer mechanischen Spannung, die sich auf den ganzen Antrieb und alle beteiligten Aktoren und die Mechanik des Antriebs auswirkt. So überträgt sich die Kraft des Aktors 1_1 über die Reibkontakte und den Läufer auf die anderen Aktoren und deren Mechanik, so dass diese verformt werden. Dieser Zusammenhang wird im Folgenden, ebenfalls anhand der Fig. 4 genauer beschrieben:

Dabei zeigen die Kurven x_1 , x_2 und x_3 die Positionen der Reibflächen der Aktoren 1_1 , 1_2 und 1_3 in Bezug auf den Träger 4. Die Kurven F_1 , F_2 und F_3 hingegen zeigen die auf die Aktoren 1_1 , 1_2 und 1_3 wirkenden Kräfte. Die Position des Läufers wird durch die Kurve x_L gezeigt.

In der Phase G steigt das an den Aktor 1_1 angelegte Steuersignal. Dabei bleibt im ersten Teil, der Phase B, die Reibfläche des Aktors 1_1 in der Haftreibung, da die Kraft nicht ausreicht um die Reibfläche 1 aus der Haftphase zu lösen. Daher wirkt die sich aufbauende Kraft auf alle drei Aktoren, so dass sich die Reibflächen synchron bewegen, und somit auch der Läufer in dieser Phase synchron mitbewegt wird. Die Kraftkurven (F_1 , F_2 und F_3) zeigen, dass auf

den Aktor 1_1 eine stauchende Kraft wirkt, während sich die Gegenkraft auf die Aktoren 1_2 und 1_3 aufteilt und diese entsprechend streckt.

Mit der Phase C geht der Reibkontakt 1 in die Gleitphase über. In Folge dessen muss der Aktor 1_1 bei seiner weiteren Auslenkung nicht mehr gegen die Steifigkeit der Aktoren 1_2 und 1_3 arbeiten, so dass sich die Position des Reibkörpers mit einer veränderten, größeren Steigung entwickeln kann, obwohl das Ansteuersignal U1 weiterhin mit gleicher Steigung anliegt. Beim Übergang in die Gleitreibung des Reibkontakts 1 bleiben die auf die Aktoren wirkenden Kräfte nahezu konstant, so dass sich die Reibflächen 2 und 3 nicht wesentlich relativ zum Träger bewegen.

Mit der Phase H, wird das am Aktor 1_1 anliegende Signal wieder reduziert. Dabei befinden sich zunächst wieder alle Reibflächen der Aktoren in der Haftphase, so dass sich in Folge dessen die Positionen der Reibflächen und damit auch der Läufer synchron relativ zum Träger bewegen. Daher bauen sich während der Phase D die auf die Aktoren wirkenden Kräfte ab. Im Detail: Die auf den Aktor 1_1 stauchend wirkende Kraft baut sich ab, während die auf die Aktoren 1_2 und 1_3 streckend wirkenden Kräfte ebenfalls abgebaut werden. Zum Beginn der Phase E sind die Kräfte vollständig abgebaut, so dass auf die Aktoren keine Kräfte mehr wirken. Die Positionen der Aktoren 1_2 und 1_3 , als auch die Position des Läufers befinden sich wieder in der Ausgangslage (wie zur Phase A). Die Position des Reibkörpers des Aktors 1_1 jedoch befindet sich nicht in der Ausgangslage. Das liegt daran, dass die Reibfläche des Aktors 1_1 in der Phase B durchgerutscht ist. In Folge dessen hat sich die Position der Reibfläche des Aktors 1_1 im Verhältnis zu den Reibflächen der Aktoren 1_2 und 1_3 verschoben.

In der Phase E wird das Ansteuersignal U1 allmählich auf den Ausgangspegel reduziert. Als Reaktion auf das Ansteuersignal U1 zieht sich der Aktor 1_1 weiter zusammen. Da beim Phasenübergang von D zu E keine Kräfte zwischen den Reibflächen mehr gewirkt haben, bauen sich nun wieder mechanische Spannungen zwischen den Reibflächen auf, die auf die Aktoren wirken. D.h. Aktor 1_1 wird mit weiter abnehmender Ansteuerspannung U1 gestreckt, während auf den anderen Aktoren eine sich auf beide Aktoren aufteilende, stauchende Kraft wirkt. Solange sich die Aktoren weiterhin in der Haftreibung befinden, bewegen sich alle Reibflächen und der Läufer weiterhin synchron relativ zum Träger.

Somit wird der Läufer über seine ursprüngliche Lage hinaus bewegt, wie anhand der Kurve xL nachvollzogen werden kann. Fazit: Es ergibt sich eine

bleibende Verschiebung des Läufers, nachdem ein Dreieckssignal an den Aktor 1_1 angelegt wurde.

Fig. 5 zeigt, anhand konkreter Messung für das in Fig. 4 beschriebene Dreieckssignal, wie eine Bewegung des Läufers eines Mehraktorantriebs zu erzielen ist, ohne dass durch die Steuerkurven nennenswerte Beschleunigungen oder Vibrationen eingekoppelt werden. Die niederfrequenten Abweichungen sind jedoch noch recht groß, so dass eine sehr große Ausgleichsbewegung notwendig wäre, um eine monotone Bewegung des Läufers zu erzielen. Daher sind vorzugsweise die Kurvenverläufe zu optimieren, mit dem Ziel, eine geringere Abweichung von einer Sollbewegung zu erzielen.

Fig 6 zeigt anhand konkreter Messungen, dass durch die Variation der Stützpunkte der verschiedenen Steuerkurven geringe Abweichungen von einer monotonen Bewegungskurve für den Läufer erzielbar sind.

Bei der dargestellten, beispielhaften Ansteuerung, bei der mechanische Spannungen zwischen den Reibflächen auf- und abgebaut werden, ist die Abweichung von der Sollbewegung bereits sehr viel geringer als in Fig. 5. Somit muss eine Ausgleichsbewegung deutlich geringer ausfallen. Es sei darauf hingewiesen, dass zu Visualisierungszwecken die Kurvenformen auf wenige Stützpunkte beschränkt wurden. Es können hohe Dichten an Stützpunkten für die Kurvenformen gewählt werden, so dass die Flexibilität größer wird und damit auch bessere Resultate für die zu erzielende Bewegung des Läufers innerhalb eines Zyklus für den Läufer möglich sind.

Fig. 7 zeigt einen Mehraktorantrieb, bei dem sich das Antriebspaket in Reihe mit einem weiteren Aktor B befindet. Der Aktor B ist in der Lage, das Antriebspaket über eine Verfahrstrecke, die dem Hub von Aktor B entspricht, relativ zum Träger C zu bewegen. Wenn der Aktor B das Antriebspaket in Richtung $a+$ oder $a-$ verschiebt, folgt der Läufer der Bewegung, da dieser über die Reibkontakte des Antriebspaketes an die Bewegung gekoppelt ist. Immer wenn der Läufer in Richtung $a+$ hinterher eilt, schiebt der Aktor B das Antriebspaket in Richtung $a+$, eilt der Läufer jedoch in Richtung $a+$ vor, so zieht der Aktor B das Antriebspaket etwas zurück in Richtung $a-$.

Fig. 8 zeigt, dass Kurvenformen für die Steuersignale zu Sprüngen und Störbewegungen führen, wenn diese zyklisch an einen Mehraktorantrieb angelegt werden und die Startamplitude ungleich der End-Amplitude der Kurve ist.

Im Graph oben links ist als dunkle Linie eine beispielhafte Ansteuerkurve für einen der Aktoren des Mehraktorantriebs dargestellt.

Die helle Linie verbindet den Startpunkt mit dem Endpunkt der Ansteuerkurve. Wird die Steuerkurve zyklisch an den Aktor angelegt, so ergibt sich die oben rechts dargestellte Situation. D.h. bei jeder Zykluswiederholung kommt es zu einem Sprung von der End-Amplitude der Steuerkurve zur Startamplitude. Solche Sprünge sind möglichst zu vermeiden, da diese Störbewegungen und Vibrationen in das System bringen, die nur schwer zu kompensieren sind.

Die Kurvenformen der Ansteuerkurven können und sollten vorzugsweise so korrigiert werden, dass oben genannte Sprünge vermieden werden.

Hierzu werden die ermittelten Signalkurven soweit gedreht, so dass der Anfang und das Ende der jeweiligen Steuerkurve durch den gleichen Amplitudenwert geht. Die Drehung erfolgt, wie in der mittleren Graphik dargestellt wird, indem von der Steuerkurve eine Gerade abgezogen wird, mit der Steigung der Geraden, die durch den Anfangswert und den Endwert der jeweiligen Signalkurve geht. Diese Gerade ist dargestellt durch die hellgraue Gerade in dem Graphen ganz oben links.

Wenn die so gekippte Ansteuerkurve, die in dem Graphen unten links dargestellt ist, zyklisch an den Aktor angelegt wird, kommt es nicht mehr zu den unerwünschten Sprüngen bei jedem Zyklusdurchgang, so dass eine wesentliche Voraussetzung für einen vibrationsfreien Betrieb vorliegt.

Fig. 9 a, b und c zeigen stark vereinfacht, wie für das erfindungsgemäße Verfahren vorzugsweise eine Richtungsumkehr zu implementieren ist.

Nur für eine Sonderform von Steuerkurven ist es möglich, wie bisher für Trägheitsantriebe üblich, eine Richtungsumkehr zu implementieren, indem Steuerkurven rückwärts ablaufen. Ein „rückwärts Ablaufen“ entspricht einer zeitlichen Spiegelung der Steuerkurven. Um eine Richtungsumkehr für alle Typen von Steuerkurven zu erhalten ist es sinnvoll die Steuerkurven um einen Amplitudenwert der Steuersignale zu spiegeln.

Fig. 9a zeigt mit dem Graphen oben links eine initiale punktsymmetrische Steuerkurve zur Ansteuerung eines einzelnen Aktors eines Mehraktorantriebs.

Für punktsymmetrische Kurven ergeben sich gleiche Steuerkurven, unabhängig davon, ob eine zeitliche Spiegelung oder eine Spiegelung um einen Amplitudenwert gewählt wird.

Im Falle einer für Mehraktorantriebe dem Stand der Technik entsprechenden zeitlichen Spiegelung ergibt sich die Kurve oben rechts. Wird die initiale Kurve jedoch um einen Amplitudenwert gespiegelt, dann ergibt sich die Kurve unten links.

Die Kurven oben rechts und unten links haben einen gleichen Verlauf. Die steile und die flache Flanke zeigen jeweils für beide Kurven in die gleiche Richtung. Somit ist es für den Antrieb unerheblich, ob die Kurvenform für die Richtungsumkehr über eine zeitliche Spiegelung oder eine Spiegelung um einen Amplitudenwert erzielt wird. Das gilt aber nur für punktsymmetrische Kurven.

Im Falle des erfindungsgemäßen Verfahrens werden in fast allen Fällen nicht punktsymmetrische Ansteuerkurven verwendet.

Fig. 9b zeigt den Fall einer beispielhaften nicht punktsymmetrischen Steuerkurve. Oben links ist die initiale Steuerkurve dargestellt. Es ist deutlich zu erkennen, dass die zeitlich gespiegelte Steuerkurve (oben rechts) nicht mehr der Steuerkurve unten links (gespiegelt um einen Amplitudenwert) entspricht. Um eine Richtungsumkehr zu erzielen, ist es nicht mehr möglich, eine Kurvenform schlicht rückwärts abzulaufen, so wie es dem Fachmann bekannt ist, und so wie es vom Fachmann erwartet wird. Statt dessen sind die Steuerkurven des Mehraktorantriebs um einen Amplitudenwert zu spiegeln.

Fig. 9c zeigt besonders deutlich, wie unterschiedlich die sich ergebenden Steuerkurven sind, wenn die initiale Kurvenform (oben links) einmal zeitlich gespiegelt wird (oben rechts) und alternativ um eine Signalamplitude gespiegelt wird (unten links). Für diese Beispielkurve würde für den Fall einer zeitlichen Spiegelung keine neue Kurvenform angelegt werden, da die sich ergebende Kurve wieder gleich der initialen Kurvenform ist. Nur die um eine Signalamplitude gespiegelte Kurve führt zu einer Steuerkurve, die eine für die Richtungsumkehr notwendige Signalkurvenformänderung aufweist.

Fig. 10a zeigt für beispielhafte Ansteuerkurven eines Mehraktorantriebs mit drei Aktoren eine Richtungsumkehr. Zum Zeitpunkt 3,25 werden die Signale um einen Amplitudenwert, in diesem Beispiel um 0,5 gespiegelt. Nach der

Spiegelung fährt der Aktuator in die entgegengesetzte Richtung als zuvor. Nachteilig an einer solchen sprunghaften Richtungsumkehr ist, dass störende Beschleunigungen auf den Läufer eingebracht werden können.

Fig. 10b zeigt demgegenüber einen Ansatz, bei dem der um die Amplitude gespiegelte Wert für jede Ansteuerkurve nicht sprunghaft, sondern allmählich erreicht wird, wobei idealerweise die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich oder nahezu Null wird und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null ist. Eine solche Signaländerung ist für eine präzise Richtungsumkehr sehr vorteilhaft.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Ansteuern eines linearen oder rotatorischen Mehraktor-antriebs mit einem relativ zu einer stationären Komponente angetriebenen Läufer, dessen Positionierstrecke größer ist als die Hübe der beteiligten, antreibenden Aktoren, die, entweder direkt oder über eine kraftübertragende Mechanik, im permanenten Reibkontakt mit dem Läufer stehen, auf der Basis von Ansteuerkurven und diesbezüglichen Ansteuersignalen, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den in Haftreibung befindlichen Reibkontakten unter Ausnutzung der Elastizität in den Aktoren und der Mechanik gezielt mechanische Spannungen aufgebaut wird, indem mindestens einer der in der Haftphase befindlichen Aktoren zu einer anderen Bewegung als die übrigen in der Haftphase befindlichen Aktoren veranlasst wird.
2. Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktor-antriebs nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerkurven eine gleiche Zykluszeit aufweisen und zum Bewegen des Läufers über große Strecken zyklisch an die Aktoren angelegt werden.
3. Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktor-antriebs nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die resultierende Läuferbewegung innerhalb eines Ansteuerzyklus eine monotone Bewegung und vorzugsweise eine streng monotone Bewegung darstellt.
4. Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktor-antriebs nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass eine verbleibende Abweichung der resultierenden Bewegung des Läufers zu einer Sollbewegung innerhalb eines Ansteuerzyklus durch eine aufaddierte Ausgleichsbewegung kompensiert wird, wobei diese Ausgleichsbewegung vorzugsweise auf alle beteiligten Aktoren gleichermaßen aufaddiert wird, so dass keine weitere mechanische Spannung zwischen den Reibflächen aufgebaut wird.

5. Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktorantriebs nach einer der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Bewegung des Läufers aufgrund der an den Aktoren angelegten Ansteuerkurven mindestens über einen Zyklus mit einem Sensor erfasst und eine festgestellte Abweichung der Bewegung des Läufers von einer Sollbewegung als Optimierungskriterium für die Anpassung der Ansteuerkurven verwendet wird.

6. Verfahren zur Ansteuerung eines Mehraktorantriebs nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Signalhöhe der zyklisch an den Aktoren anliegenden Ansteuersignale je Ansteuerkanal am Anfang und am Ende eines Zyklus nahezu gleiche, bzw. vorzugsweise identische Werte aufweist, um so einen Sprung in der Bewegung der Aktoren bei einer Zykluswiederholung zu vermeiden.

7. Verfahren nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass eine Positionssensorik die Abweichungen des Läufers von der Sollposition feststellt und wahlweise über die Zyklusdauer der zyklisch an den Aktoren anliegenden Ansteuerkurven oder einer Ausgleichsbewegung oder einer Kombination beider Parameter die Abweichung kompensiert.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für eine Bewegungsrichtungsumkehr des Läufers die Ansteuersignale um eine Signalamplitude gespiegelt werden, wobei die gespiegelten Signale vorzugsweise nicht sprunghaft angelegt werden, sondern durch eine zeitliche, gleichmäßige Anpassung der Signale zum gespiegelten Signalwert, wobei vorzugsweise die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich Null ist und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null werden.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass für jede Bewegungsrichtung des Läufers ein eigener Satz an Ansteuerkurven vorliegt, und bei Bewegungsrichtungswechsel von einem ersten Satz auf einen zweiten Satz gewechselt wird, wobei der Wechsel der Signale vorzugsweise nicht sprunghaft, sondern durch eine zeitliche, gleichmäßige Anpassung der Signale zum neuen Signalwert erfolgt, wobei vorzugsweise die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen gleich Null ist und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null werden.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Richtungswechsels eine Ausgleichsbewegung in die gewünschte Bewegungsrichtung durchgeführt wird, so dass schon während des zeitlichen Wechsels der Richtung über die angelegten Kurvenformen ein gewünschte Bewegungsrichtung des Läufers zu erzielen ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass während eines Einschaltvorganges, einer initialen Ansteuerung oder zu Beginn einer Bewegung die an die Aktoren anliegenden Signale allmählich auf einen Zielwert gebracht werden, wobei die Summe der vorzeichenbehafteten Signaländerungen dabei vorzugsweise gleich Null und damit die resultierenden Bewegungen der beweglichen Komponente nahezu Null ist.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Ausgleichsbewegung durch ein Steuersignal erzeugt wird, welches an einen zum Mehraktorantriebspaket in Reihe liegenden Aktor angelegt wird.

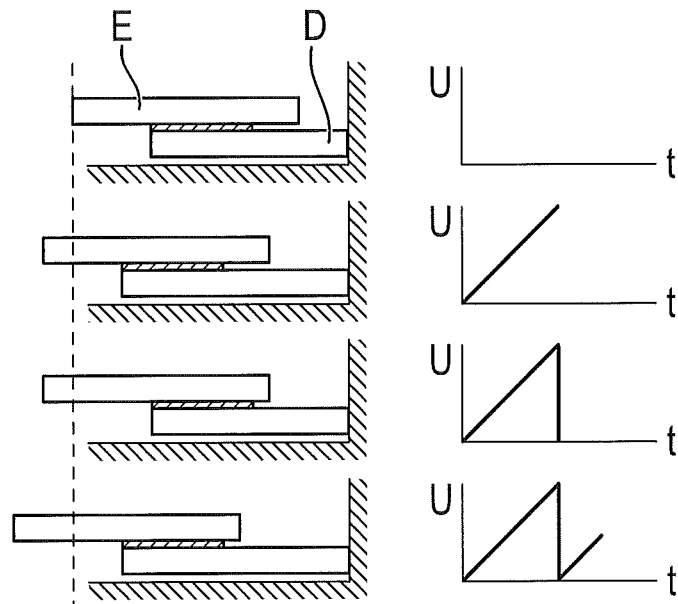


FIG. 1

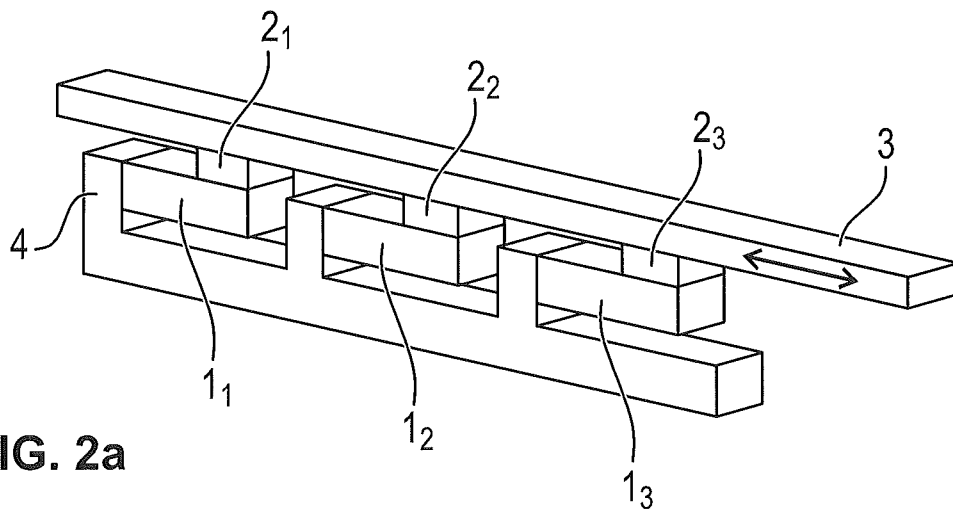


FIG. 2a

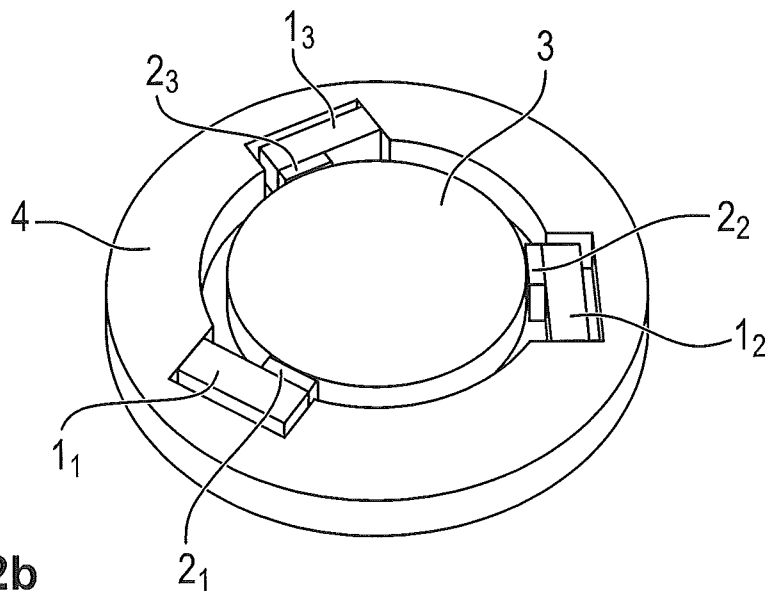


FIG. 2b

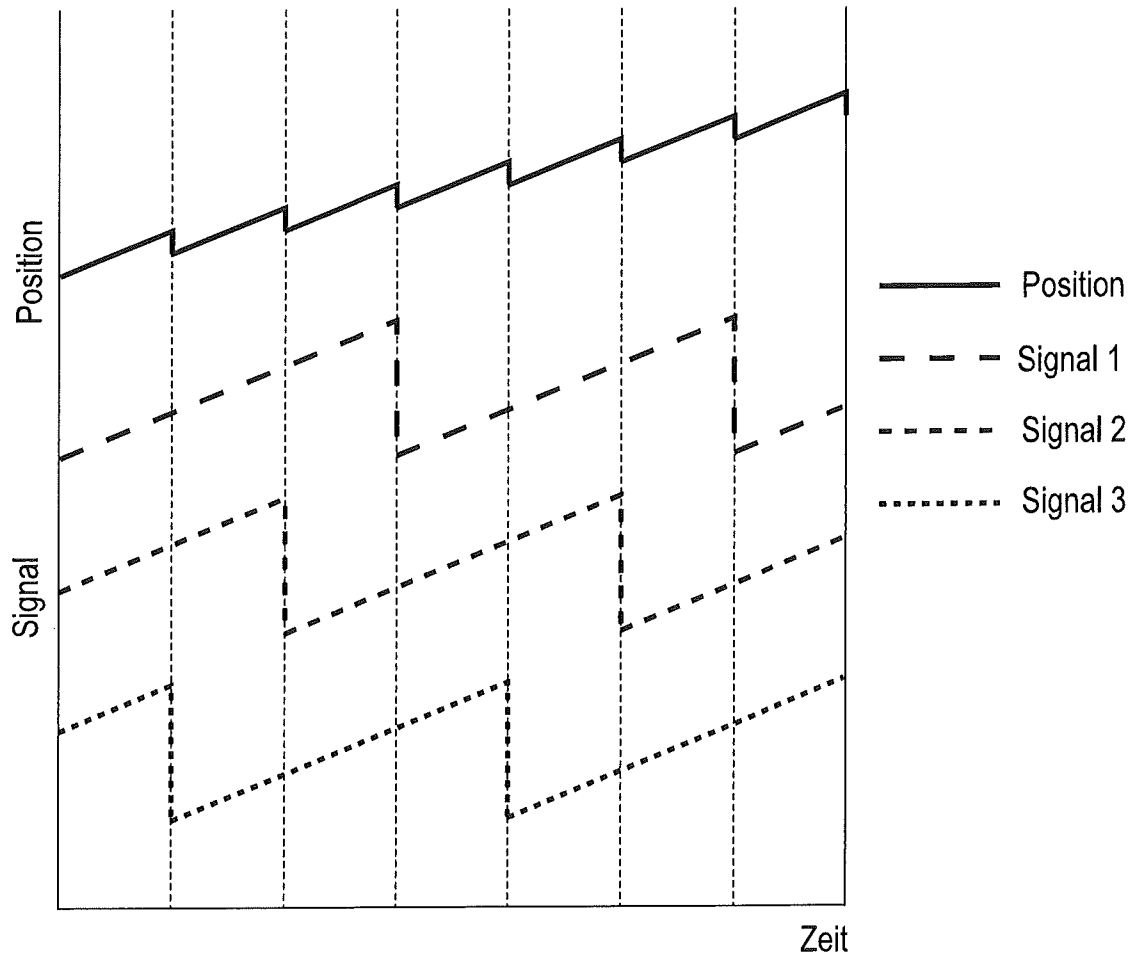


FIG. 3

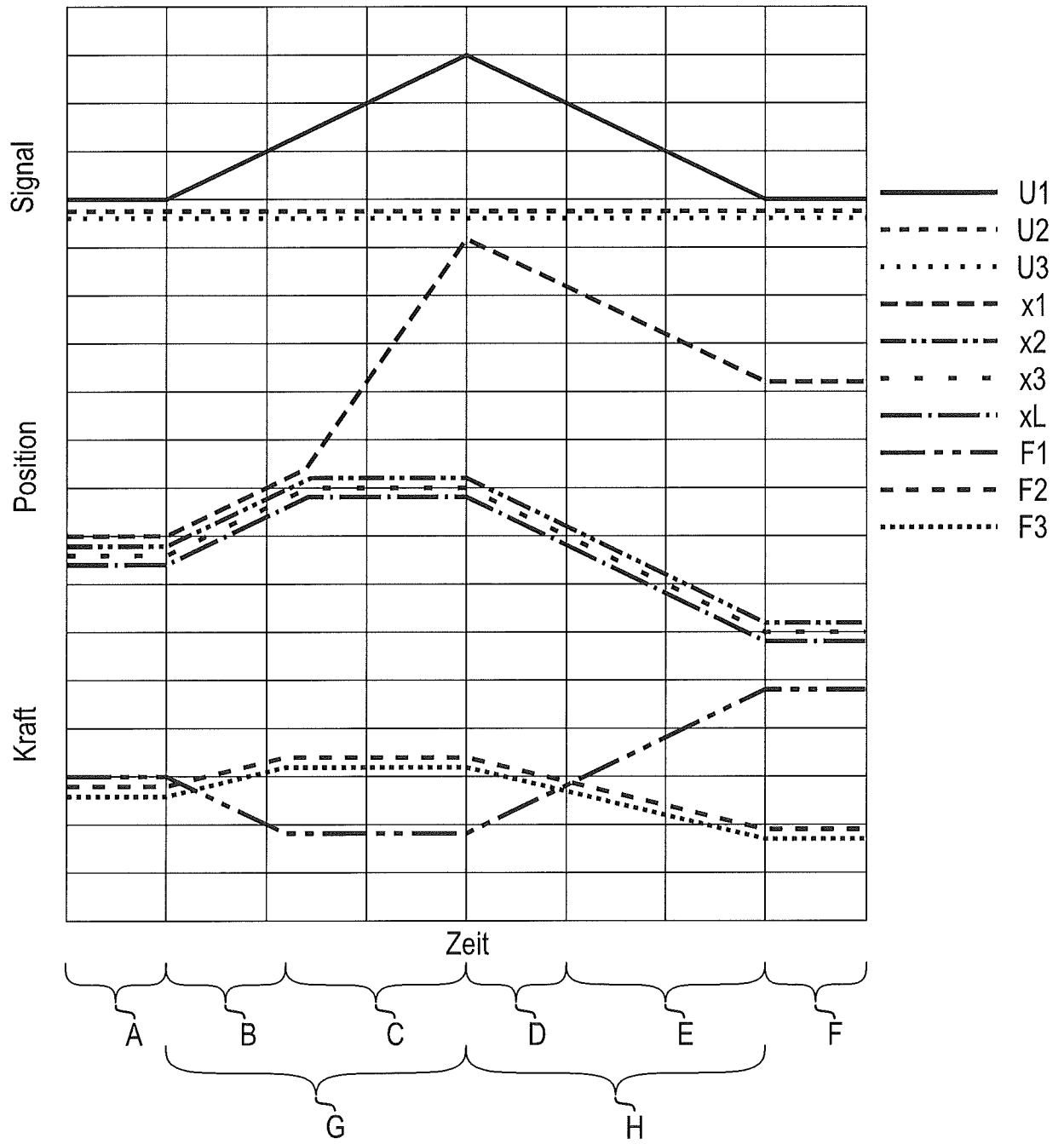


FIG. 4

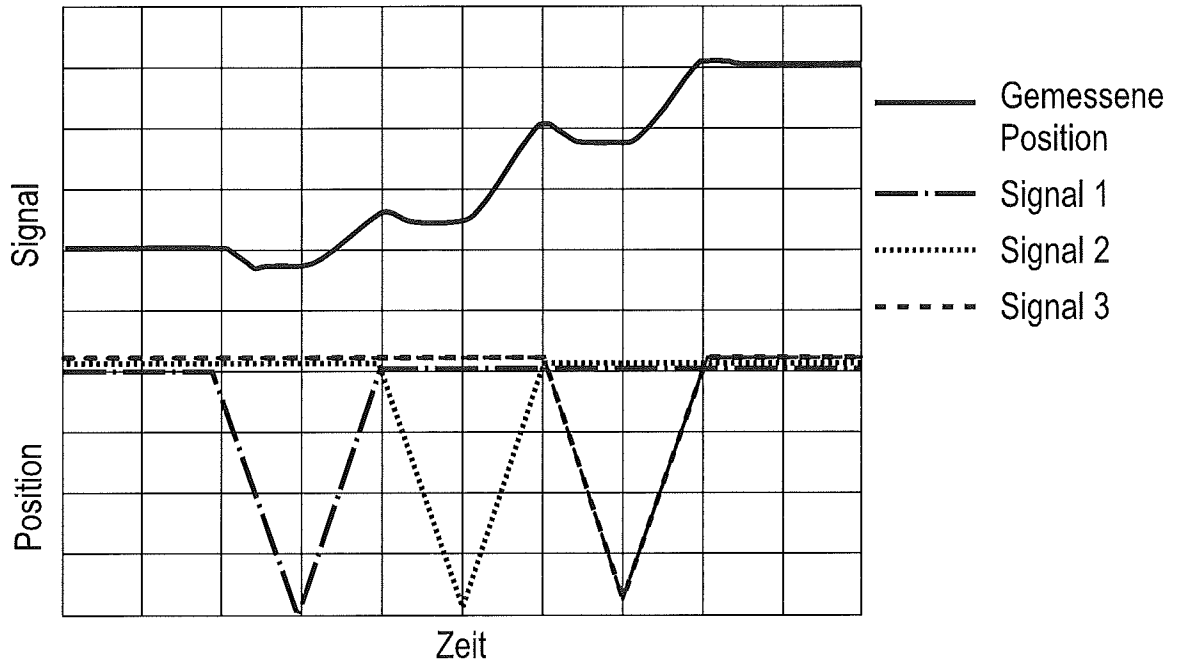


FIG. 5

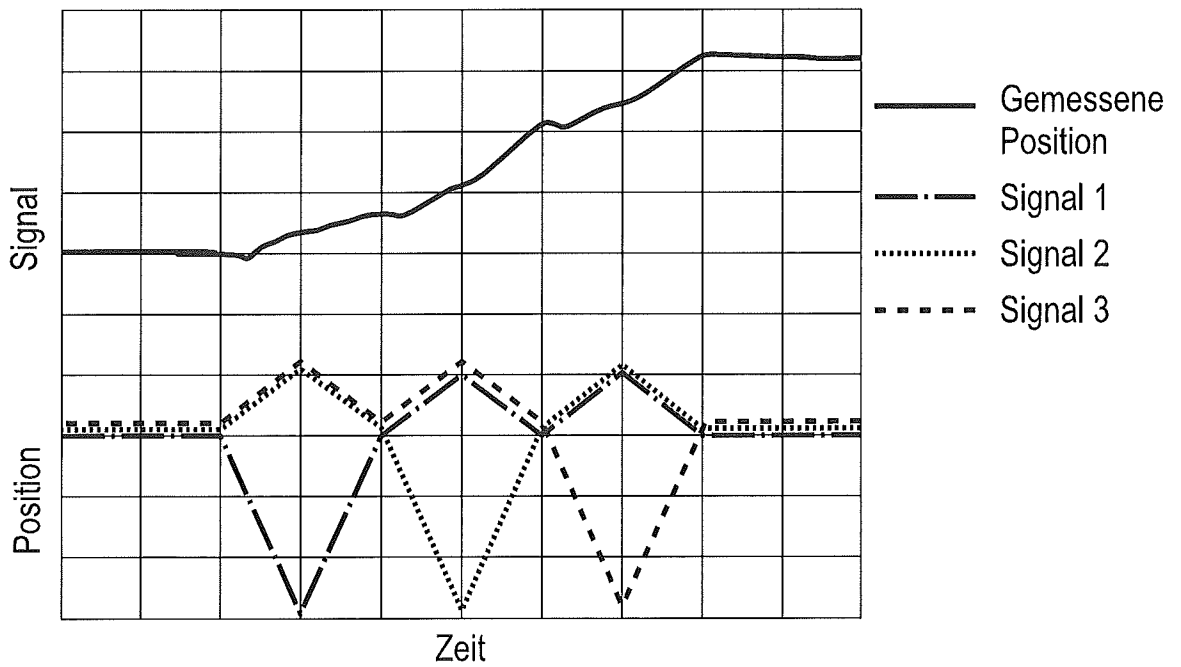


FIG. 6

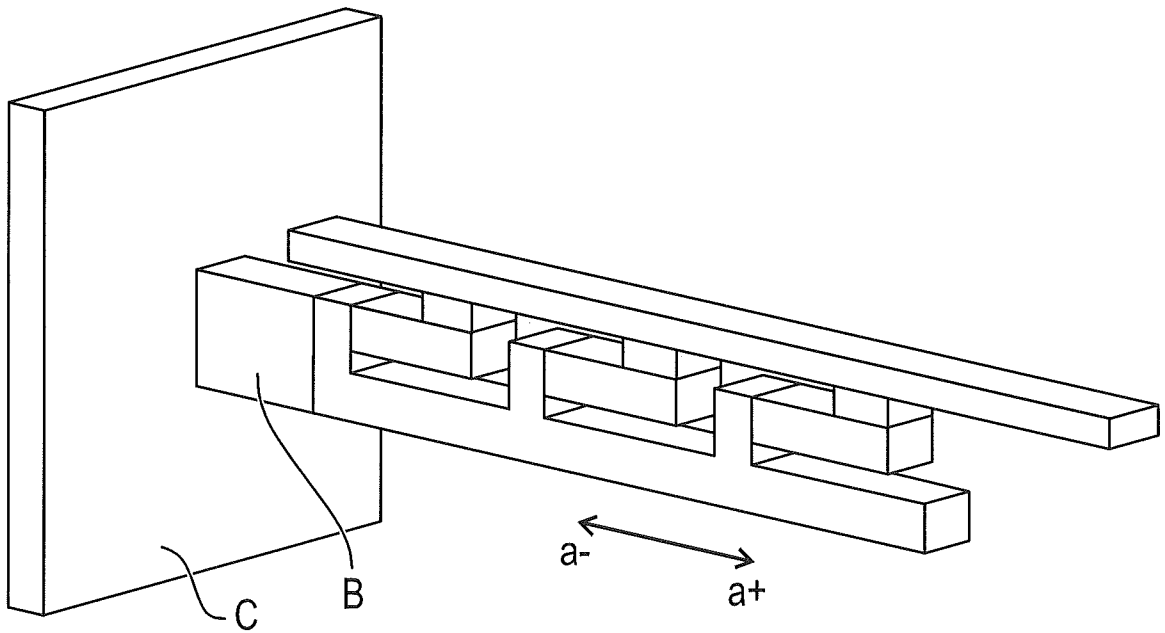


FIG. 7

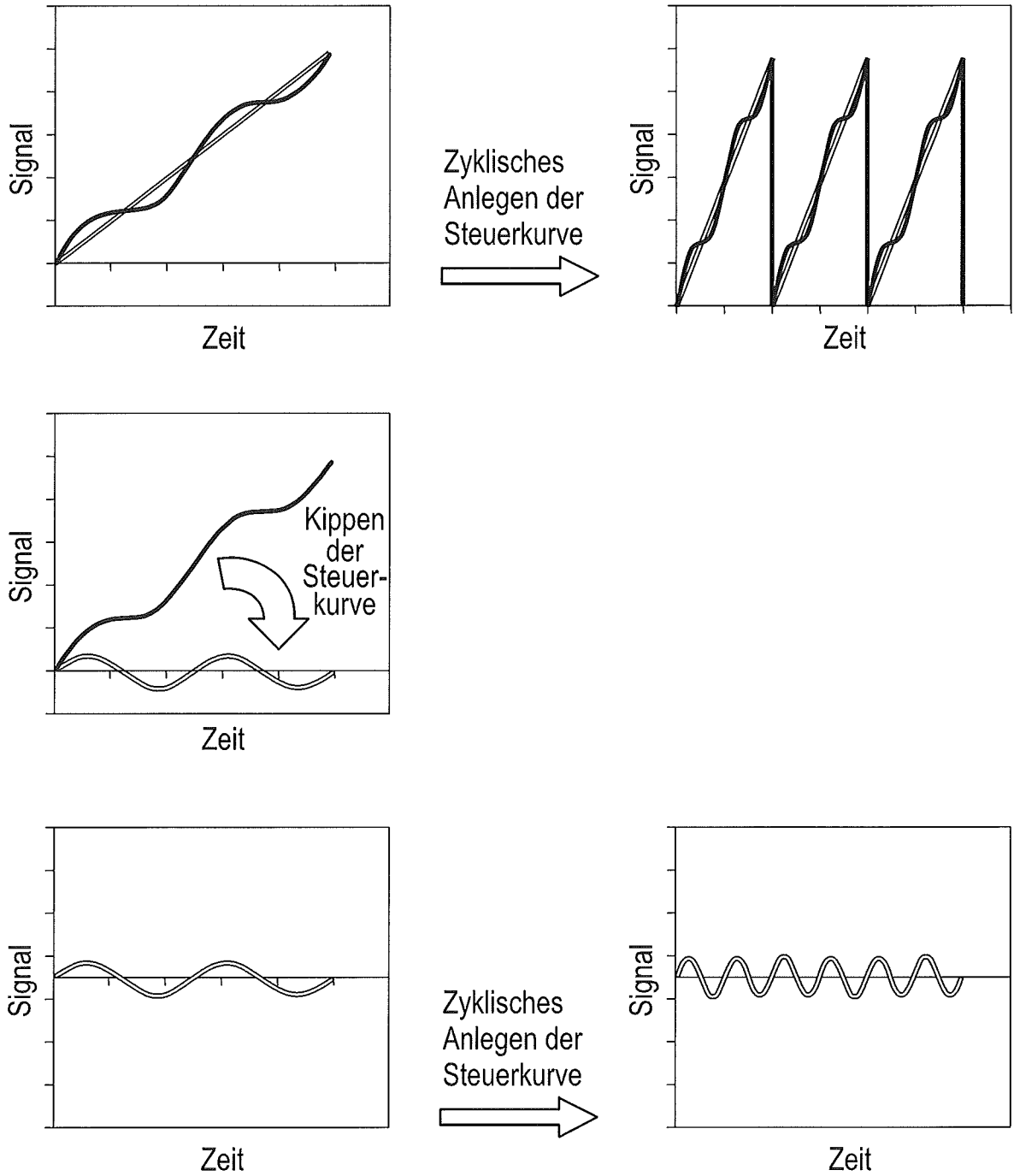


FIG. 8

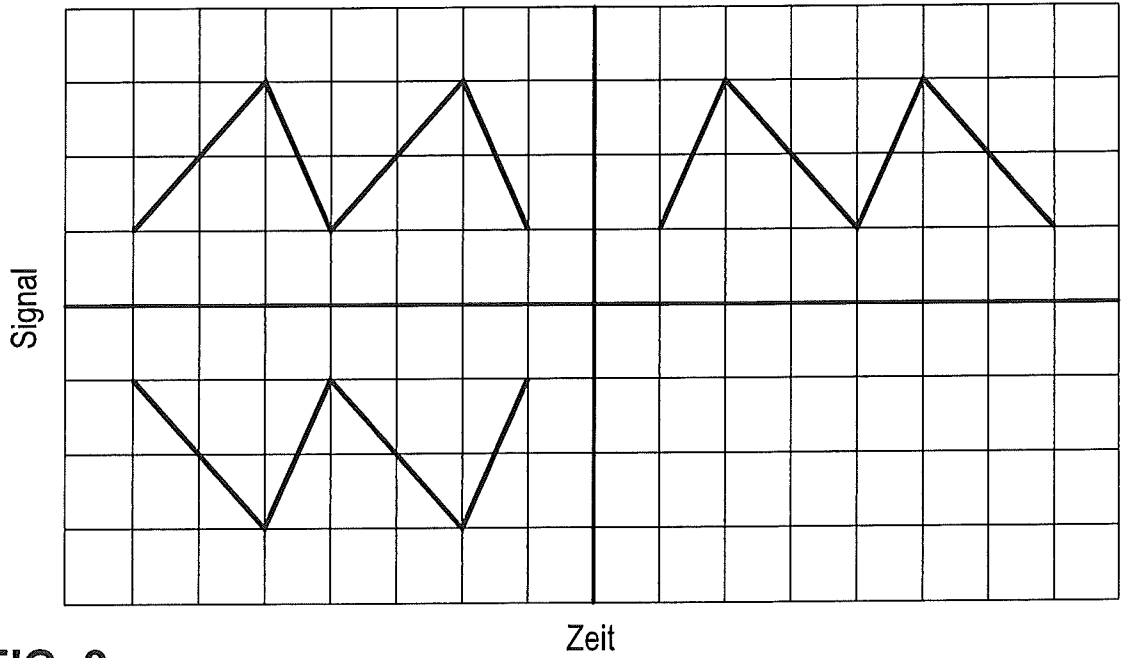


FIG. 9a

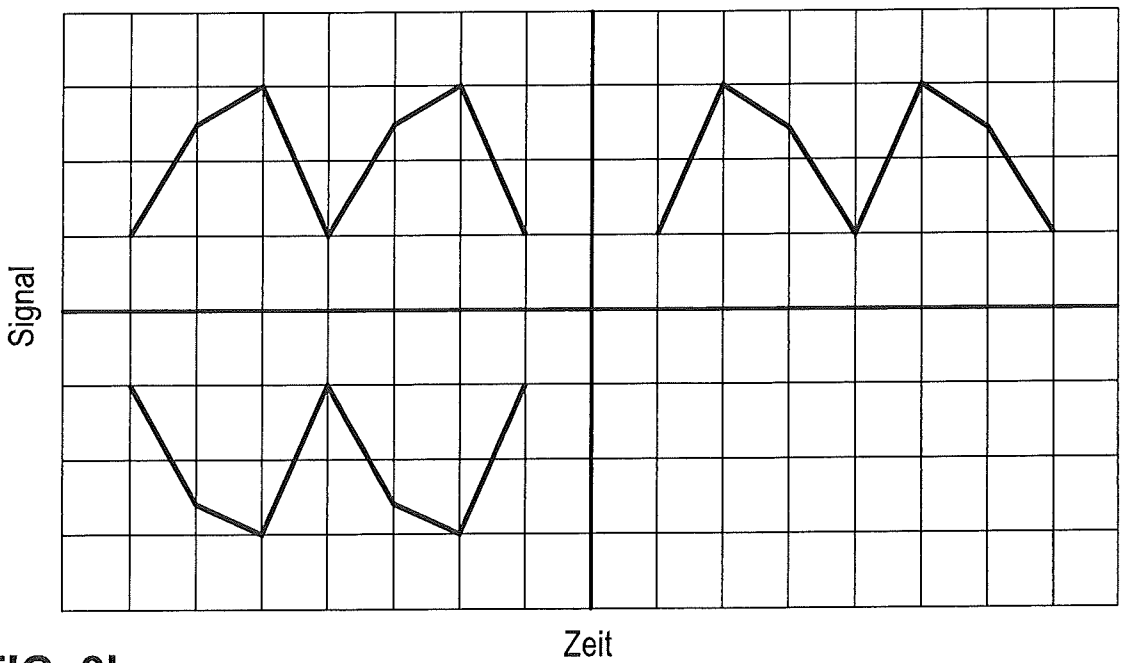


FIG. 9b

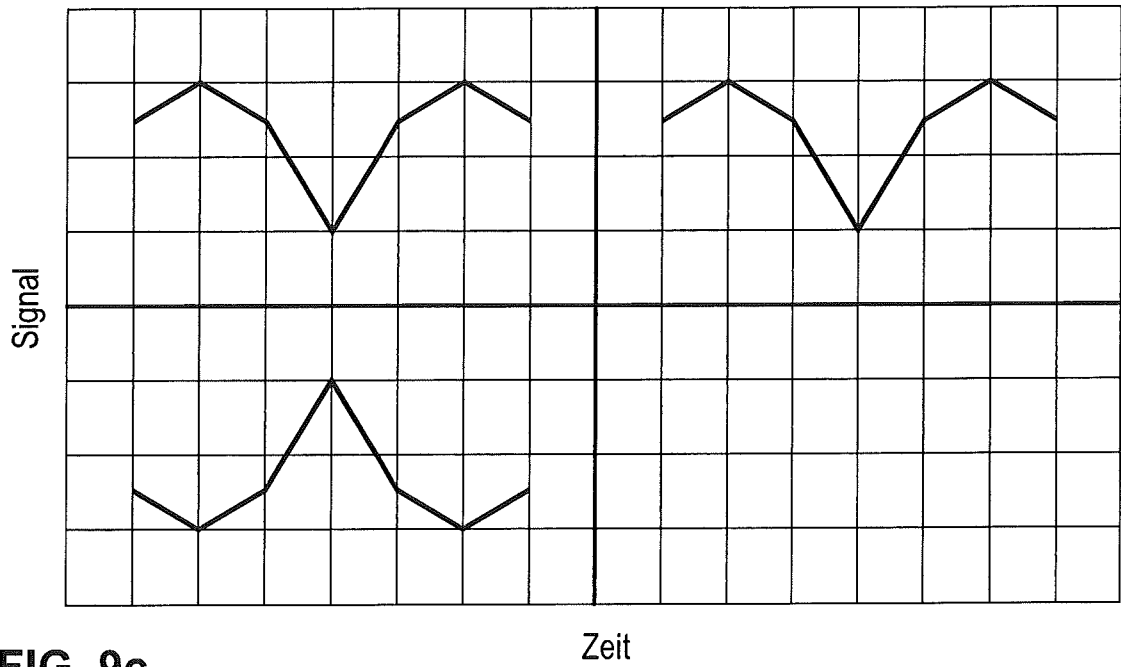


FIG. 9c

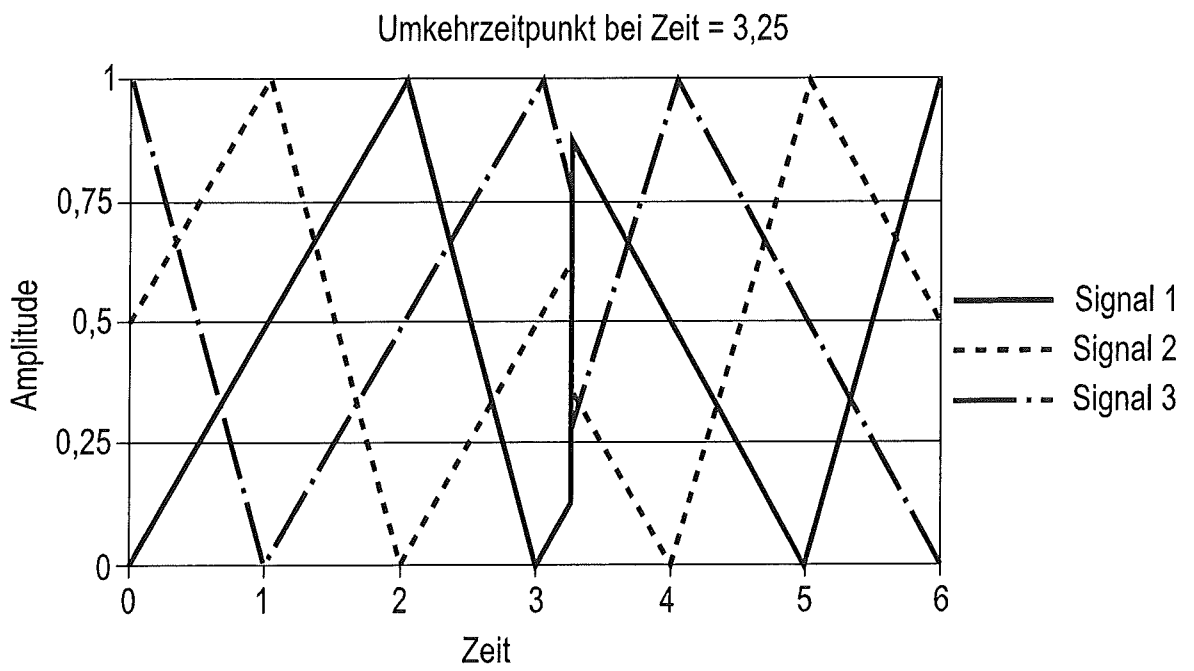


FIG. 10a

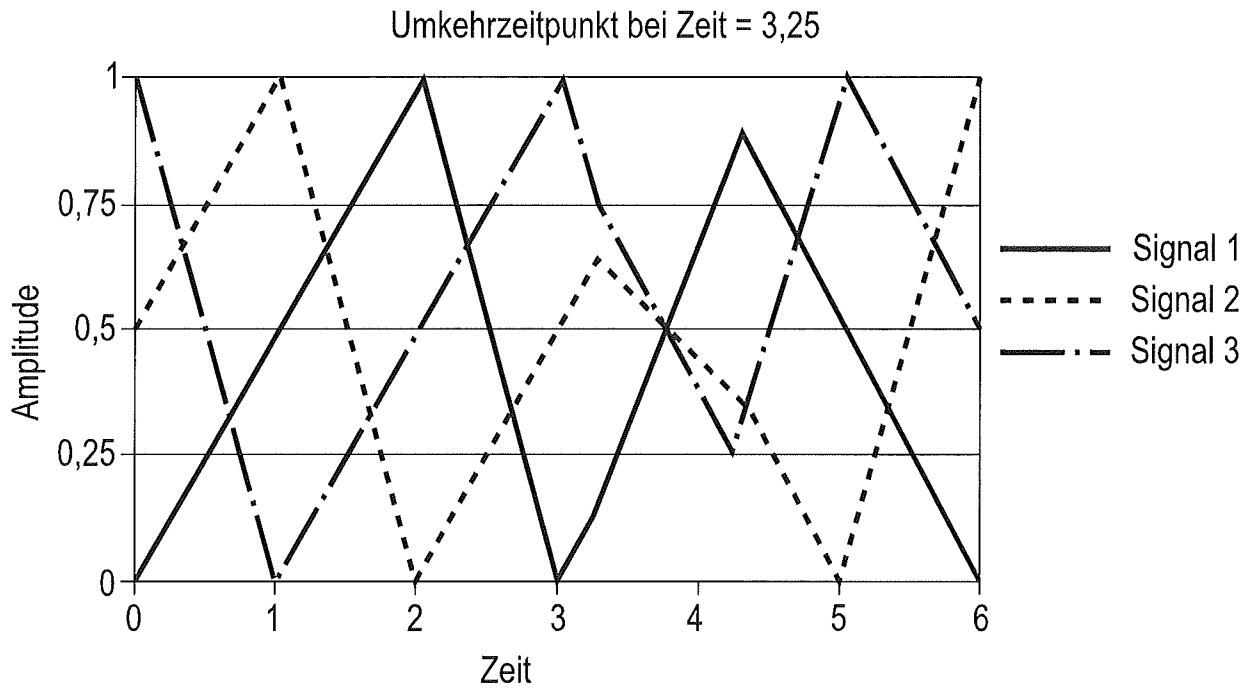


FIG. 10b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/054264

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 INV. H02N2/06
 ADD.
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 H02N
 Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)
 EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 0 750 356 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 27 December 1996 (1996-12-27)	1,2,6,8
Y	column 3, line 1 - column 6, line 55; figures 1,5	5,7
Y	----- US 2005/275315 A1 (MANABE MITSUO [JP] ET AL) 15 December 2005 (2005-12-15) paragraph [0164] -----	5,7

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search 23 May 2013	Date of mailing of the international search report 10/06/2013
--	--

Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer Koskinen, Timo
--	--

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/054264

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 0750356	A1	27-12-1996	DE 69604023 D1 07-10-1999
			EP 0750356 A1 27-12-1996
			FR 2735923 A1 27-12-1996

US 2005275315	A1	15-12-2005	EP 1605290 A2 14-12-2005
			US 2005275315 A1 15-12-2005

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H02N2/06
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H02N

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	EP 0 750 356 A1 (SUISSE ELECTRONIQUE MICROTECH [CH]) 27. Dezember 1996 (1996-12-27)	1,2,6,8
Y	Spalte 3, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 55; Abbildungen 1,5	5,7
Y	US 2005/275315 A1 (MANABE MITSUO [JP] ET AL) 15. Dezember 2005 (2005-12-15) Absatz [0164]	5,7



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Mai 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

10/06/2013

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
 Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Koskinen, Timo

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/054264

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
EP 0750356	A1	27-12-1996	DE 69604023 D1 07-10-1999
			EP 0750356 A1 27-12-1996
			FR 2735923 A1 27-12-1996

US 2005275315	A1	15-12-2005	EP 1605290 A2 14-12-2005
			US 2005275315 A1 15-12-2005
