



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

(11) CH

702 974 A1

(51) Int. Cl.: H02P 21/06 (2006.01)
H02P 8/14 (2006.01)

Patentanmeldung für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

(12) PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 00497/10

(71) Anmelder:
Tecan Trading AG, Seestrasse 103
8708 Männedorf (CH)

(22) Anmeldedatum: 06.04.2010

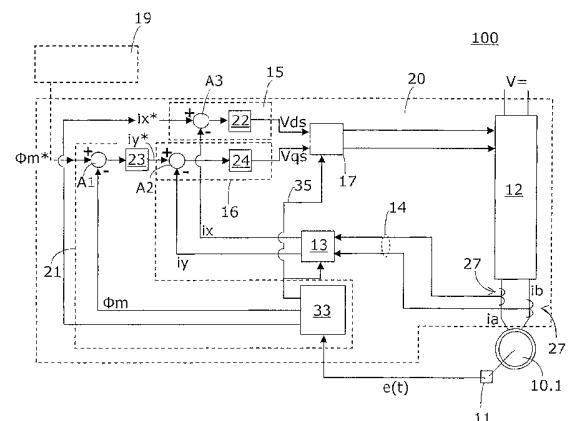
(72) Erfinder:
Remo Kälin, 8645 Jona (CH)

(43) Anmeldung veröffentlicht: 14.10.2011

(74) Vertreter:
OK pat AG Patente Marken Lizenzen, Chamerstrasse 50
6300 Zug (CH)

(54) Antriebsvorrichtung zur Verwendung in einer Laborvorrichtung.

(57) Die Erfindung betrifft eine Antriebsvorrichtung (100) zur Verwendung in einer Laborvorrichtung, mit einem Schrittmotor (10) mit Rotor und Stator, und mit einer Motorsteuerung (20), die dazu ausgelegt ist, den Schrittmotor (10.1) anzusteuern. Die Antriebsvorrichtung (100) umfasst in einer Ausführungsform einen Encoder (11), der im Betrieb jeweils ein aktuelles Encodersignal ($e(t)$) liefert, das die aktuelle Rotorposition des Rotors wiedergibt, und Phasenanschlüsse (14, 27), um die aktuell fließenden Motor-Phasenströme (i_a , i_b) abzugreifen. Die Motorsteuerung (20) umfasst ein Transformationsmodul (13), um die aktuell fließenden Motor-Phasenströme (i_a , i_b) mittels eines Transformationsverfahrens in einen Schlupfanteil (i_x) und einen Drehmomentanteil (i_y) zu zerlegen. Sie umfasst weiterhin ein Schlupfregelmodul (15), dem als Eingangsgrößen der Schlupfanteil (i_x) und ein erster Sollwert (i_x^*) zur Verfügung gestellt werden, und ein Drehmomentregelmodul (16), dem als Eingangsgrößen der Drehmomentanteil (i_y) und ein zweiter Sollwert (i_y^*) zur Verfügung gestellt werden. Das Schlupfregelmodul (15) und das Drehmomentregelmodul (16) geben die Rotor-Phasenströme (i_a , i_b) so vor, dass die Differenz zwischen dem Schlupfanteil (i_x) und dem ersten Sollwert (i_x^*) und die Differenz zwischen dem Drehmomentanteil (i_y) und dem zweiten Sollwert (i_y^*) minimal sind.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Antriebsvorrichtung zur Verwendung in einer Laborvorrichtung. Insbesondere geht es um Antriebsvorrichtungen für flüssigkeitshandhabende Laborvorrichtungen, wie z.B. Dilutoren und andere Liquid Handling Geräte.

Hintergrund der Erfindung

[0002] Im Laborbereich kommen häufig sogenannte Dilutoren zum Einsatz, sobald Flüssigkeitsmengen präzise dispensiert werden müssen. Dilutoren umfassen häufig motorbetriebene Spritzenpumpen, bei denen ein Aktor einen Kolben einer Spritze präzise auf und ab bewegt. Ein beispielhafter Dilutor ist in Fig. 6 gezeigt. Auf der Spritze kann z.B. ein Dreiwegeventil sitzen, das ebenfalls motorisch umgeschaltet wird. Das Ventil wird vorzugsweise so gedreht, dass ein Spritzenraum und ein Vorratsgefäß mit einem Reagens oder Verdünnungsmedium (z.B. einem Lösemittel, Puffer oder ähnlichem) fluidisch verbunden werden. Beim Hinunterziehen oder -bewegen des Kolbens wird die Spritze mit Verdünnungsmedium befüllt. Danach wird das Ventil gedreht, damit der Spritzenraum mit einer Dispenserspitze fluidisch verbunden ist. Mit dem motorischen Hochfahren des Kolbens wird Verdünnungsmedium über die Dispenserspitze abgegeben. Ist der Kolben ganz oben angelangt und die Spritze somit leer, kann das Ventil wieder in Richtung Vorratsgefäß gedreht und die Spritze erneut befüllt werden.

[0003] In automatisierten Pipettierrobotern, so genannten Liquid Handling Geräten, kommen bis zu 16 Dilutoren zum Einsatz, wie zum Beispiel Freedom EVO® (Tecan Schweiz AG, 8708 Männedorf, Schweiz) oder Biomek® FX (Beckman Coulter, Inc., Fullerton, Kalifornien). In Liquid Handling Geräten werden die Dilutoren eingesetzt, um über eine Leitung, die zu einer Pipettenspitze führt, einen Unter- oder Überdruck zu erzeugen. Die Spritze und die Leitung sind mit Systemflüssigkeit befüllt. Meist wird deionisiertes Wasser als Systemflüssigkeit verwendet. Ist die Pipettenspitze in eine Probenflüssigkeit eingetaucht und wird mittels Bewegung des Spritzenkolbens an der Pipettenspitze ein Unterdruck erzeugt, so wird eine Flüssigkeitsprobe in die Spitze eingesaugt. Wenn über den Spritzenkolben an der Pipettenspitze ein Überdruck erzeugt wird, dann wird die zuvor aufgenommene Flüssigkeitsprobe wieder abgegeben. Die in den Liquid Handling Geräten eingesetzten Dilutoren besitzen jeweils typischerweise ein Dreiwegeventil. Es können aber auch andere Ventile eingesetzt werden. Mit Hilfe des Ventils kann über die Spritzen aus einem Vorratsgefäß frische Systemflüssigkeit angesaugt werden, um die Leitung zwischen Dilutor und Pipettierspitze zu befüllen oder um die Leitung zu spülen und die Pipettenspitzen mit Systemflüssigkeit innen zu reinigen.

[0004] Beim automatischen Pipettieren wird eine Probe vorzugsweise ohne Kontakt mit dem Zielgefäß aus der Luft abgegeben. Damit wird das Risiko einer Probenverschleppung minimiert. Zudem können die Proben aus der Luft rascher abgegeben werden als im Kontakt mit dem Zielgefäß oder mit einer sich im Zielgefäß bereits befindenden Flüssigkeit. Bei der Abgabe kleiner Volumina aus der Luft ist es sehr wichtig, dass die Probe mit hoher Geschwindigkeit und am Schluss mit einem scharfen Stopp abgegeben wird, um so eine grosse negative Beschleunigung zu erzielen. Ansonsten findet kein sauberer Tropfenabriss an der Pipettenspitze statt. Um diese Geschwindigkeiten mit dem scharfen Endstopp an der Pipettenspitze gewährleisten zu können, ist es wichtig, dass die Bewegung des Spritzenkolbens möglichst präzise und mit hoher Dynamik erzeugt, und sehr direkt an die Pipettenspitze übertragen wird.

[0005] Wasser, vorzugsweise deionisiertes Wasser, in Pipettenspitze, Leitung und Spritze dient in den Liquid Handling Geräten als starrer Bewegungsvermittler der Bewegung des Spritzenkolbens zur Pipettenspitze. Das deionisierte Wasser gilt als inkompressible Flüssigkeit und ist deshalb als Bewegungsvermittler sehr gut geeignet. Falls in der Systemflüssigkeit jedoch Gasblasen auftreten, z.B. durch das Ausgasen von Luft, wirkt jede Gasblase als kleine Feder. Gasblasen können sich aufgrund erhöhter Temperaturen eines Motors in einem Dilutor bilden. Durch solche Gasblasen wird die Bewegungsvermittlung vom Spritzenkolben zur Pipettenspitze gedämpft. Mechanische Hysterese-Effekte in der Dilutormechanik können das System ebenfalls beeinflussen. Diese Dämpfungen wirken sich nachteilig auf die Pipettiergenauigkeit und Richtigkeit der abgegeben Volumina aus.

[0006] In einem Liquid Handling Gerät kommen Motoren, vorzugsweise Schrittmotoren mit entsprechenden Motorsteuerungen zum Einsatz. Es hat sich gezeigt, dass bei der konventionellen Ansteuerung eines gebräuchlichen 2-phasig wechselstrombetriebenen Schrittmotors hohe Halteströme auftreten. Diese Halteströme führen dazu, dass sich der ganze Dilutor erwärmt. Es wurden an freistehenden Dilutoren Temperaturen von über 50 °C gemessen. Wenn mehrere solche Dilutoren nebeneinander in einem Liquid Handling Gerät eingebaut sind, können sogar noch höhere Temperaturen auftreten, weil die Wärme nur schlecht abgeführt werden kann. Über das Dilutorgehäuse erwärmen sich auch die Spritzen, die Ventile und zum Teil die Leitungen. Dadurch wird die Systemflüssigkeit erwärmt, was zum Ausgasen von Luft und damit zu der bereits erwähnten unerwünschten Blasenbildung führt.

[0007] Ausserdem kann diese Erwärmung des Motors und der umliegenden Komponenten eine Reduktion der Lebensdauer (vor allen der Elektronik und der Kunststoffteile) des Liquid Handling Geräts zur Folge haben, was unerwünscht ist.

[0008] Es stellt sich daher die Aufgabe, Dilutoren bereit zu stellen, die minimale Abwärme erzeugen, das System nicht unnötig erwärmen und somit keine Blasenbildung in der Systemflüssigkeit zeigen. Es stellt sich auch die Aufgabe, andere Laborvorrichtungen und insbesondere Liquid Handling Geräte zu optimieren. Zu diesem Zweck soll eine besonders

geeignete Antriebsvorrichtung bereitgestellt werden. Ausserdem soll ein entsprechendes Verfahren zum Ansteuern eines Motors vorgeschlagen werden.

[0009] Diese Aufgaben werden erfindungsgemäss gelöst durch eine Vorrichtung nach Anspruch 1. Die Merkmale einer entsprechenden Laborvorrichtung mit mindestens einer erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung sind dem Anspruch 16 zu entnehmen. Die Merkmale eines entsprechenden Verfahrens sind dem Anspruch 17 zu entnehmen.

[0010] Ausgehend von den Erkenntnissen in Bezug auf die Ursache für die erwähnten Temperaturprobleme und die Blasenbildung in der Systemflüssigkeit bei Dilutoren und Liquid Handling Geräten, wird eine neuartige Antriebsvorrichtung zur Verwendung in einem Dilutor, einem Liquid Handling Gerät oder einer anderen Laborvorrichtung vorgeschlagen.

[0011] Die Antriebsvorrichtung umfasst gemäss Erfindung einen wechselstrombetriebenen Motor, vorzugsweise einen 2-phasig wechselstrombetriebenen Schrittmotor, mit Rotor und Stator, und eine Motorsteuerung, die dazu ausgelegt ist den Motor dynamisch in Bezug auf Geschwindigkeit und/oder Beschleunigung anzusteuern. Die erfindungsgemässe Antriebsvorrichtung umfasst Mittel (z.B. einen motorseitigen Encoder), die im Betrieb jeweils ein aktuelles Signal liefern, das die aktuelle Position des Rotors im Motor gegenüber dem Stator respektive den Polen wiedergibt. Ausserdem sind Phasenanschlüsse z.B. in Form von Shuntwiderständen vorgesehen, um motorseitig die aktuell fliessenden Motor-Phasenströme abgreifen zu können. Die erfindungsgemässe Motorsteuerung umfasst ein Transformationsmodul, um die aktuell fliessenden Motor-Phasenströme mittels eines Transformationsverfahrens in einen Schlupfanteil und einen Drehmomentanteil zu zerlegen. Sie umfasst weiterhin ein Schlupfregelmodul, dem als Eingangsgrössen der Schlupfanteil und ein erster Sollwert (z.B. ein Nullwert) zur Verfügung gestellt werden, sowie ein Drehmomentregelmodul, dem als Eingangsgrössen der Drehmomentanteil und ein zweiter Sollwert zur Verfügung gestellt werden. Das Schlupfregelmodul und das Drehmomentregelmodul regeln die Rotor-Phasenströme so, dass die Differenz zwischen dem Schlupfanteil und dem ersten Sollwert und die Differenz zwischen dem Drehmomentanteil und dem zweiten Sollwert jederzeit minimal sind.

[0012] Eine solche Anordnung und Beschaltung hat den Vorteil, dass der Motor, der zum Einsatz kommt, immer im optimalen Bereich (d.h. grosser Wirkungsgrad und geringer Stromverbrauch) betrieben wird. Dadurch verbessert sich die Regelbarkeit des Motors deutlich und die Dynamik des Motors wird erhöht. Unter Dynamik wird vor allem die Fähigkeit zum raschen Beschleunigen und Abbremsen verstanden. Das scharfe Abbremsen ist für das kontaktlose Dispensieren aus der Luft sehr wichtig, wie eingangs erläutert.

[0013] Ausserdem kommt es bei der Handhabung von Flüssigkeiten und Proben in Laborvorrichtungen darauf an, stets zu wissen, wo genau der Rotor des Motors steht. Die Erfindung ermöglicht eine sehr genaue Kontrolle der Rotorposition. Weiterhin ist für die genannten Vorrichtungen und Geräte wichtig zu wissen, an welcher Position die mechanischen Elemente (zum Beispiel der Pumpenkolben) genau stehen. Auch dies kann mit der Antriebsvorrichtung gemäss Erfindung erreicht werden. Zusätzlich spielt auch die hohe Dynamik für das Pipettierergebnis eine Rolle, wie erwähnt. Zu diesem Zweck ist ein möglichst starres, ungedämpftes System wichtig, das keine Federwirkung zeigt. Auch in diesem Sinne bietet die Antriebsvorrichtung gemäss Erfindung Vorteile gegenüber herkömmlichen Vorrichtungen.

[0014] Vor allem wird im Stillstand nur Strom in den Motor der Antriebsvorrichtung gespeist, wenn eine Kraft erfordert wird. Daher fliessen in einem statischen Fall keine oder sehr niedrige Halteströme und es bildet sich kaum Wärme am Motor. Dadurch wird ein Erwärmen der Systemflüssigkeit und damit das Ausgasen von Luft vermieden. Deshalb eignet sich die Antriebsvorrichtung gemäss Erfindung besonders als Antriebsvorrichtung für eine Pumpe in einer Laborvorrichtung und speziell für eine Pumpe in einem Dilutor oder einer andere Laborvorrichtung.

[0015] Es wird als ein weiterer Vorteil der Erfindung angesehen, dass durch die intelligente, bedarfsabhängige Speisung des Motors der Stromverbrauch geringer ist als bei bisherigen Geräten oder Laborvorrichtungen. Der reduzierte Stromverbrauch hat einen Einfluss auf die Ökologie des Geräts oder der Laborvorrichtung. Ausserdem können aufgrund des geringen Stromverbrauchs Anwendungen realisiert werden, die mit bisherigen Ansätzen nicht möglich war. Die Erfindung lässt sich zum Beispiel in tragbaren Anwendungen, z.B. für die Umweltanalytik oder andere Feldanwendungen, einsetzen, die aus Batterien oder aus regenerativen Stromquellen gespeist werden.

[0016] Bei den Motoren, die hier eingesetzt werden, handelt es sich um Synchronmotoren, die dem von aussen angelegten Feld folgen. Sie können daher ohne Sensoren zur Positionsrückmeldung (Encoder oder Drehgeber) betrieben werden. Die Erfindung sieht aber bei einem Teil der Ausführungsformen trotzdem einen motorseitigen Encoder vor, um eine gute Positionsgenauigkeit zu erzielen, das Initialisierungsverfahren abzukürzen, und um vor allem die Ansteuerung des Motors mit den beschriebenen Vorteilen zu vereinfachen. Bei anderen Ausführungsformen, die ohne Encoder auskommen, wird ein Motor kurzzeitig im Generatorbetrieb betrieben, um auf diese Weise von zyklisch (z.B. jeden zweiten Stromregelzyklus) Information über die Rotorposition zu erhalten.

[0017] Die Erfindung hat den Vorteil, dass kein Lineargeber oder anderer Decoder notwendig ist, um eine Linearbewegung eines mechanischen Bauteils (z.B. eines Pumpenkolbens, -stössels, einer Drehspindel oder eines anderen mechanisch bewegbaren Elements) zu ermitteln. Die genaue Position wird gemäss Erfindung vorzugsweise durch ein Zusammenwirken eines motorseitigen Winkelencoders und eines Positionsregelmoduls, oder durch ein Zusammenwirken eines kurzzeitig im Generatorbetrieb betriebenen Motors und eines Positionsregelmoduls bewerkstelligt.

[0018] Um eine Genauigkeit zu erreichen, die z.B. für das hochpräzise Dosieren in einem Dilutor geeignet ist, bei dem eine erfindungsgemässe Motorsteuerung einen als Pumpenmotor dienenden (Schritt-) Motor ansteuert, kann ein Encoder eingesetzt werden, der eine Winkelauflösung grösser 1024 Linien pro Umdrehungen hat.

[0019] Je nach Ausführungsform und Anforderungsprofil kann ein zusätzlicher Encoder auf die bewegliche Mechanik aufgesetzt werden, um z.B. auch die mechanische Hysterese ausgleichen zu können

[0020] Der Einsatz von Lineargebern erübrigt sich, da der motorseitige Encoder oder der Motor im Generatorbetrieb, mit oder ohne zusätzlichen Encoder an der Mechanik, genaue Positionsangaben ermöglicht. Damit lässt sich eine Antriebsvorrichtung gemäss Erfindung einfach in verschiedenste Laborvorrichtungen integrieren.

[0021] Eine Ansteuerung des Motors weist typischerweise einen Prozessor auf, der mit dem Motor in Wechselwirkung steht. Es muss lediglich ein Steueranschluss, zum Beispiel über einen Signalbus (z.B. RS-232, RS-485, oder CAN) und ein mechanischer Anschluss der Welle oder Achse des (Schritt-)Motors mit dem zu bewegendem mechanischen Element der Laborvorrichtung hergestellt werden, um das System (z.B. einen Prozessor) ansprechen oder ansteuern zu können.

[0022] Es ist ein weiterer Vorteil der Erfindung, dass der (Schritt-)Motor effizienter betrieben wird als bei herkömmlichen Antriebsvorrichtungen für Laborvorrichtungen.

[0023] Der (Schritt-)Motor hat eine deutlich längerer Laufzeit (im Sinne von Standzeit oder Nutzungsdauer), da er stets im optimalen Betriebspunkt mit lastabhängigem Strom betrieben wird.

[0024] Durch die erhöhte Dynamik des (Schritt-)Motors mit erfindungsgemässer Ansteuerung wird es möglich, kleinere Volumina direkt aus der Luft zu dispensieren. Mit konventionell angesteuerten Motoren ausgerüstete Liquid Handling Geräte können bis zu ca. 3 µl kontaktfrei aus der Luft abgeben (Dilutor mit 1000 µl Spritze, Pipettenauslass 0.8 mm und scharfem Stopp), ohne dass zusätzliche Einrichtungen benötigt werden, die der Flüssigkeitsprobe durch einen Impuls den Tropfenabriss ermöglichen (siehe auch Patentanmeldung EP 876 219 des Anmelders der vorliegenden Anmeldung). Mit der erfindungsgemässen Ansteuerung ist die kontaktfreie Abgabe aus der Luft von Volumina bis zu 1 µl ohne zusätzliche Einrichtungen möglich. Die Dynamik des (Schritt-)Motors erlaubt viel steilere Abbremsrampen als eine konventionelle Steuerung bei identischer Hardware.

[0025] Durch die genaue Motorenregelung der Erfindung lässt sich die Präzision und Wiederholgenauigkeit der Flüssigkeitsabgabe deutlich steigern.

[0026] Bei einer konventionellen Ansteuerung können in bestimmten Geschwindigkeitsbereichen äusserst störende Geräusche, wie z.B. ein Rattern beim Überstreichen der Pole, auftreten, die im Laboralltag nicht tolerierbar sind. Mit der erfindungsgemässen Ansteuerung können diese störenden Geräusche einfach vermieden oder ausgeblendet werden.

[0027] Weitere Vorteile ergeben sich aus der detaillierten Beschreibung.

[0028] Die erfindungsgemässe Vorrichtung, das erfindungsgemässe Laborgerät und das erfindungsgemässe Verfahren werden nun an Hand von schematischen, den Umfang der Erfindung nicht beschränkenden Zeichnungen von beispielhaften Ausführungsformen im Detail erläutert.

Fig. 1A zeigt eine schematische Blockansicht einer ersten Antriebsvorrichtung eines Laborgeräts gemäss Erfindung;

Fig. 1B zeigt eine schematische Blockansicht einer zweiten Antriebsvorrichtung eines Laborgeräts gemäss Erfindung;

Fig. 2 zeigt eine schematische Blockansicht einer weiteren Antriebsvorrichtung eines Laborgeräts gemäss Erfindung;

Fig. 3 zeigt Details einer schematischen Blockansicht einer weiteren Antriebsvorrichtung eines Laborgeräts gemäss Erfindung;

Fig. 4 zeigt eine schematische Perspektivansicht einer Antriebsvorrichtung eines Laborgeräts gemäss Erfindung;

Fig. 5A zeigt eine schematische Ansicht eines ersten Schritts der Koordinatentransformation gemäss Erfindung;

Fig. 5B zeigt eine schematische Ansicht eines zweiten Schritts der Koordinatentransformation gemäss Erfindung;

Fig. 6 zeigt eine schematische Perspektivansicht eines Pipettierautomaten mit einem Dilutor, gemäss Erfindung;

Fig. 7 zeigt eine schematische Seitenansicht eines ersten Dilutors, gemäss Erfindung;

Fig. 8 zeigt eine schematische Seitenansicht eines zweiten Dilutors, gemäss Erfindung;

Fig. 9 zeigt eine schematische Seitenansicht eines dritten Dilutors, gemäss Erfindung;

Fig. 10 zeigt eine schematische Seitenansicht eines vierten Dilutors, gemäss Erfindung.

[0029] Im Folgenden werden vorteilhafte Ausführungsformen der Erfindung beschrieben, wobei es sich um beispielhafte Ausführungsformen handelt. Diese umfassen sowohl verschiedene Ausbildungen der Gesamterfindung, als auch Baugruppen und Einzelteile der Erfindung. Grundsätzlich lassen sich die beschriebenen Baugruppen und Einzelteile der verschiedenen Ausführungsformen miteinander kombinieren, respektive die Baugruppen und Einzelteile einzelner Ausführungsformen lassen sich durch die Baugruppen und Einzelteile anderer Ausführungsformen ersetzen. Die hierbei gebildeten Kombinationen können kleinere, jedem Fachmann geläufige und daher nicht weiter beschriebene Anpassungen bedingen, zum Beispiel um ein Zusammenwirken oder Ineinandergreifen der Baugruppen und Einzelteile zu ermöglichen.

[0030] Der Begriff Modul wird hier verwendet, um eine Funktionsgruppe zu umschreiben, die in Hardware, Software oder als Kombination aus Hard- und Software realisiert ist. Vorzugsweise umfassen diese Module einen oder mehrere Digitale Signal Prozessoren (DSP).

[0031] Die Motoren, die hier zum Einsatz kommen, werden mit dem Bezugszeichen 10 bezeichnet. Dort wo zwischen Motoren mit Encoder 11 und Motoren ohne Encoder 11 unterschieden wird, werden die ersteren mit 10.1 und die zweiten mit 10.2 bezeichnet. Die Motoren 10.1 und 10.2 müssen sich technisch jedoch nicht unterscheiden, sondern der Unterschied liegt primär in der Beschaltung und/oder Ansteuerung der Motoren 10.1, 10.2.

[0032] Zwei grundlegende Ausführungsformen der Erfindung mit Encoder sind in den Fig. 1A und 1B in schematischer Blockdarstellung gezeigt. Eine andere grundlegende Ausführungsform der Erfindung ohne Encoder (encoderlose Ausführungsform) ist in der Fig. 2 in schematischer Blockdarstellung gezeigt. Die Funktion der einzelnen Blöcke oder Module kann aber auch anders aufgeteilt oder zusammengefasst werden, als in den Figuren gezeigt.

[0033] Im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist verschiedentlich von Schrittmotoren 10 die Rede. Bei dem Schrittmotor 10 handelt es sich um einen Synchronmotor 10, bei dem der Statorstrom von einem Satz Statorspulen zum nächsten Satz Statorspulen weitergeschaltet wird. Die entsprechende Kommutierung erfolgt bei der erfindungsgemässen Antriebsvorrichtung 100 auf elektronischen Weg durch Einsatz einer Motorsteuerung 20 mit Kommutierungsmodul 31, wie in den Figuren 1A, 1B und 2 schematisch gezeigt. Die Kommutierung kann auch direkt durch einen PID-Regler und/oder andere Module erfolgen (diese Form der Kommutierung ist nicht in den Figuren gezeigt). Die magnetische Anziehung zwischen Rotor- und Statorzähnen und die kontinuierliche Kommutierung resultiert in einer Drehbewegung des Rotors.

[0034] Generell kann diese Ansteuerung bei jeder Art von Synchronmotoren 10 angewendet werden. Vorzugsweise kommen hier jedoch bei allen Ausführungsformen Schrittmotoren 10 zum Einsatz. Ganz besonders geeignet sind Schrittmotoren 10, die eine Schrittweite haben, die kleiner ist als 2 Grad und besonders vorzugsweise kleiner als 1 Grad. Je kleiner die Schrittweite ist, desto besser wird die Regelbarkeit.

[0035] Ein Schrittmotor 10 ist ein Motor, dessen Rotor genau dem von aussen angelegten Stator-Feld folgt. Er kann daher auch ohne Sensoren zur Positionsrückmeldung (Encoder 11 oder Drehgeber) betrieben werden. Motoren 10.2, die kurzfristig in einen Generatorbetrieb betreibbar sind, um so eine Rückmeldung über die Rotorposition zu ermöglichen, können unter Ausnützung des Back-EMF Effektes auch ohne Sensoren zur Positionsrückmeldung (Encoder 11 oder Drehgeber) betrieben werden.

[0036] Gemäss Erfindung kommt bei einem Teil der Ausführungsformen ein Motor 10.1 mit motorseitigem Encoder 11 zum Einsatz, wie in den Fig. 1A, 1B und 3 gezeigt. Dieser Encoder 11 sitzt direkt am oder neben dem Motor 10.1 und liefert ein Signal, hier ein Encodersignal $e(t)$, an das Kommutierungsmodul 31 (hier über ein zwischengeschaltetes Modul zur Encodersignalverarbeitung 33). Ausserdem kann der Encoder 11 das Encodersignal $e(t)$ oder ein Signal $e1(t)$, das von dem Encodersignal $e(t)$ abgeleitet oder aus diesem ermittelt wurde, auch an ein Positionsregelmodul 21 übergeben, wie in Fig. 1A zu erkennen ist. Alternativ wird, wie in Fig. 1B gezeigt, ein zusätzlicher (separater) Encoder 32 eingesetzt, der zum Beispiel an oder neben einem sich bewegenden mechanischen Element (z.B. einem mechanischen Element einer Pumpe) der Antriebsvorrichtung 100 sitzt. Dieser Encoder 32 liefert ein Encodersignal $f(t)$ an das Positionsregelmodul 21. Es ist auch eine Kombination der beiden Ausführungsformen der Fig. 1A und 1B denkbar, bei der sowohl der Encoder 11 am Motor 10.1, als auch ein weiterer Encoder 32 Encodersignale $e(t)$ oder $e1(t)$ und $f(t)$ an das Positionsregelmodul 21 senden.

[0037] Die erfindungsgemässe Ansteuerung lässt sich aber auch ohne Encoder anwenden, indem man den sogenannten Back-EMF-Effekt (auch als elektromotorische Gegenkraft oder Counterelectromotive force bekannt) eines Motors 10.2 ausnutzt. Die entsprechenden Ausführungsformen brauchen keinen motorseitigen Encoder 11, um eine Aussage über die Rotorposition zu ermöglichen, wie anhand des stark schematisierten Blockschaltbildes in Fig. 2 angedeutet. Ein Motor 10.2, dessen Back-EMF genutzt wird, wird so eingesetzt und durch ein Kommutierungsmodul 31 angesteuert, dass er hauptsächlich als Motor 10.2 arbeitet und elektrische Leistung aufnimmt, um diese Leistung in mechanische Bewegung (in Form einer Rotation) umzuwandeln. Kurzzeitig wird der Motor 10.2 aber als freilaufender Generator betrieben, der die Rotation des Motors 10.2 in eine Spannung/Strom (hier Generatorsignal $e2(t)$ genannt) umsetzt. Die Ausführungsformen der Erfindung, die statt eines Motors 10.1 mit Encoder 11 einen encoderlosen Motor 10.2 einsetzen, nutzen den kurzzeitigen Generatorbetrieb des Motors 10.2, um eine Aussage über die Rotorposition zu ermöglichen. Die Spannung (hier Generatorsignal $e2(t)$ genannt), die an den Motorwicklungen (am Rotor) abgegriffen wird, während der Motor 10.2 sich kurzzeitig im Generatorbetrieb weiter dreht, ist proportional zu der Winkelgeschwindigkeit des Rotors. Anhand des Spannungsverlaufs kann die Rotorposition gegenüber dem Stator ermittelt werden. Während des kurzzeitigen Generatorbetriebs dreht sich der Rotor des Motors 10.2 nahezu mit unveränderter Winkelgeschwindigkeit weiter. Während des Motorbetriebs steht

kein aktuelles Signal $e_2(t)$ zur Verfügung. Das aktuelle Signal $e_2(t)$ wird nur während der kurzzeitigen Generatorbetriebs bereitgestellt, kann aber mit einem in Software modulierten Modell nachgeführt werden. Das Signal $e_2(t)$ oder ein Signal $e_3(t)$, das von dem Signal $e_2(t)$ abgeleitet oder aus diesem ermittelt wird, kann optional auch einem Positionsregelmodul 21 zugeführt werden. Es enthält die gleiche Information wie das Encodersignal.

[0038] Das Positionsregelmodul 21 (siehe Fig. 1A, 1B, 2 und 3) wirkt auf das Kommutierungsmodul 31 ein, wie durch den Pfeil P1 gezeigt. Eine Verbindung P2 dient als Feedback zwischen dem Encoder 11 oder dem Motor 10.2 und dem Kommutierungsmodul 31. Bei der Ausführungsform nach Fig. 2 dient eine Verbindung P9 als Feedback. Das Abgreifen der Motorposition durch den motorseitigen Encoder 11 ist in den Fig. 1A, 1B und 3 durch den Pfeil P3 dargestellt. Das kommutierende Ansteuern des Motors 10.1 wird in den Fig. 1A, 1B und 2 durch den Pfeil P4 symbolisiert.

[0039] Neben dem erwähnten Encodersignalen $e(t)$, $e_1(t)$ verarbeitet das Kommutierungsmodul 31 vorzugsweise auch Phasenströme, die am Motor 10.1 oder 10.2 gemessen oder über Phasenanschlüsse 27 abgegriffen werden, wie z.B. in Fig. 3 gezeigt.

[0040] Weitere Details zu dem Abgreifen der Phasenströme und zu einer Ausführungsform mit motorseitigem Encoder 11 sind der Fig. 3 zu entnehmen.

[0041] Eine genaue Positionierung wird bei einigen Ausführungsformen der Erfindung durch ein Zusammenwirken des motorseitigen Encoders 11 und des Positionsregelmoduls 21, respektive des zusätzlichen Encoders 32 und des Positionsregelmoduls 21 bewerkstelligt. Es ist auch möglich, wie erwähnt, zwei Encoder 11 und 32 gemeinsam mit dem Positionsregelmodul 21 zusammen wirken zu lassen.

[0042] Gemäss Erfindung kommen vorzugsweise bei allen Ausführungsformen 2-phasig wechselstrombetriebene Schrittmotoren 10 zum Einsatz, da diese Motoren 10 mit einer langsamen Drehzahl (z.B. kleiner als 400 U/min) betrieben werden können, da sie hohe Drehmomente erzeugen können, minimalen Verschleiss aufweisen und vor allem sehr kostengünstig sind.

[0043] Der (Schritt-)Motor 10 umfasst, wie anhand eines schematischen Beispiels in Fig. 4 gezeigt, eine Welle (Achse) 18, die mit dem drehend gelagerten Rotor verbunden ist. Da der Schrittmotor 10 mit der Motorsteuerung 20 primär zum Einsatz in einem Dilutor 200 oder einer anderen flüssigkeits-handhabenden Laborvorrichtung (z.B. einem Liquid Handling Gerät) ausgelegt ist ein mechanisches Element (z.B. ein Pumpenkolben 202, eine Kolbenstange, eine Drehspindel 28, ein Stössel, ein Zahnrad 208, eine verzahnte Rolle oder Rad 213) einer Pumpe mit der Welle 18 verbunden. Vorzugsweise umfassen solche Pumpen einen Zylinder 216 mit einem darin beweglichen Kolben 202, wie in der Fig. 6 bis 10 beispielhaft gezeigt. Die Achse oder Welle 18 des (Schritt-) Motors 10 ist zum Antreiben der Pumpe mechanisch mit einem beweglichen mechanischen Element derselben verbunden.

[0044] Die Erfindung kann auch im Zusammenhang mit Zahnrادpumpen, Schraub-, Membran- oder Peristaltikpumpen eingesetzt werden. Weitere Details zur möglichen Pumpenanordnungen und -aufbauten sind den Fig. 7 bis 10 zu entnehmen.

[0045] Gemäss Erfindung werden die (Schritt-)Motoren 10 in einem geschlossenen Regelkreis (closed loop) betrieben, wie im Folgenden näher beschrieben wird. Dabei wird berücksichtigt, dass bei einem Motor 10.1 die Encoderinformation (z.B. das Signal $e(t)$), bzw. bei einem Motor 10.2 das Generatorsignal $e_2(t)$, und die gemessenen oder abgegriffenen Phasenströme für die Kommutierung des Motors 10.1 oder 10.2 verwendet werden. Diese Kommutierung erfolgt z.B. durch das Kommutierungsmodul 31.

[0046] Die Motorsteuerung 20 zur Kommutierung des Motors 10 umfasst mindestens einen PI oder PID-Regler. Ein PI-Regler ist ein Proportional-Integral-Regler und ein PID-Regler ist ein integrierender Proportional-Differenz-Regler. Die Regler 22, 23, 24, die gemäss Erfindung zum Einsatz kommen, arbeiten mit einer Differenz zwischen einem Istwert und einem Sollwert. Durch Regelung der Motorsteuerung 20 wird angestrebt, diese Differenz(en) zu minimieren oder ganz auf null zu bringen.

[0047] Die Motorsteuerung 20 umfasst vorzugsweise drei PI-Regler oder PID-Regler 22, 23, 24, wie in Fig. 3 anhand einer speziellen Ausführungsform gezeigt. Diese PI-Regler oder PID-Regler 22, 23, 24 sind Elemente des entsprechenden Schlupfregelmoduls 15, des entsprechenden Positionsregelmoduls 21 und des entsprechenden Drehmomentregelmoduls 16.

[0048] Die Motorsteuerung 20 der Erfindung ist so ausgelegt, dass ein Drehfeld so mittels der Statorspulen vorgegeben wird, dass das Drehfeld mit optimalem Schlupf dem Rotor des (Schritt-)Motors 10 folgt. Kleine Abweichungen zum idealen Schlupf werden sofort durch das Schlupfregelmodul 15 und das Drehmomentregelmodul 16, die zusammen für die Kommutierung zuständig sind, ausgeglichen.

[0049] Weitere Details einer Ausführungsform der Vorrichtung 100, die speziell zur Verwendung in einer Laborvorrichtung ausgelegt ist, sind in der bereits erwähnten Fig. 3 dargestellt. Die Vorrichtung 100 umfasst hier einen 2-phasig wechselstrombetriebenen Schrittmotor 10.1 mit Rotor und Stator, sowie eine Motorsteuerung 20, die dazu ausgelegt ist den Schrittmotor 10 effizient anzusteuern. Die Vorrichtung 100 umfasst weiterhin einen motorseitigen Encoder 11, der jeweils ein aktuelles Encodersignal $e(t)$ liefert, das die aktuelle Rotorposition des Rotors des Motors 10.1 wiedergibt. Ausserdem

sind Phasenanschlüsse 27 und Leitungen 14 vorgesehen, um motorseitig die aktuell fließenden Motor-Phasenströme i_a , i_b abgreifen zu können.

[0050] Die Motorsteuerung 20 zeichnet sich bei allen Ausführungsformen dadurch aus, dass sie ein Transformationsmodul 13 umfasst, um die aktuell fließenden Motor-Phasenströme i_a , i_b mittels eines Transformationsverfahrens in einen Schlupfanteil i_x und einen Drehmomentanteil i_y zu zerlegen. Vorzugsweise kommt eine Matrix-Transformation als Transformationsverfahren zum Einsatz. Durch die Transformation werden die Stromwerte eines ersten a-b-Koordinatensystems auf ein zweites x-y-Koordinatensystem abgebildet. Es kommt ein Schlupfregelmodul 15 zum Einsatz, dem als Eingangsgrößen der Schlupfanteil i_x und ein sogenannter erster Sollwert i_x^* als Referenzwert zur Verfügung gestellt werden. Die Motorsteuerung 20 umfasst weiterhin ein Drehmomentregelmodul 16, dem als Eingangsgrößen der Drehmomentanteil i_y und ein zweiter Sollwert i_y^* als Referenzwert zur Verfügung gestellt werden. Das Schlupfregelmodul 15 und das Drehmomentregelmodul 16 stellen die Motor-Phasenströme i_a , i_b so ein, dass die Differenz zwischen dem Schlupfanteil i_x und dem ersten Sollwert i_x^* und die Differenz zwischen dem Drehmomentanteil i_y und dem zweiten Sollwert i_y^* jederzeit minimal oder gleich Null sind. Es kommt hier weiterhin ein Modul 33 (Modul zur Encodersignalverarbeitung) zum Einsatz, das die elektrischen Signale des Encoders 11 (im konkreten Fall 1024 Linien, bzw. 4096 Inkremente pro Umdrehung) in einen Winkel $\#m$ umwandelt.

[0051] In Fig. 3 sind Additionsglieder A1, A2, A3 durch Kreise dargestellt und das jeweils zur Anwendung kommende Vorzeichen ist durch ein Plus- oder Minuszeichen direkt neben diesen Additionsgliedern A1, A2, A3 angegeben. Das Additionsglied A1 subtrahiert die Istposition $\#m$ von der Sollposition $\#m^*$, d.h. es wird die Differenz zwischen der Sollposition $\#m^*$ und der Istposition $\#m$ betrachtet. Das Additionsglied A2 subtrahiert den Drehmomentanteil i_y von dem zweiten Sollwert i_y^* , d.h. es wird die Differenz zwischen dem zweiten Sollwert i_y^* und dem Drehmomentanteil i_y betrachtet. Das Additionsglied A3 subtrahiert den Schlupfanteil i_x von dem ersten Sollwert i_x^* , d.h. es wird die Differenz zwischen dem ersten Sollwert i_x^* und dem Schlupfanteil i_x betrachtet.

[0052] Es kann ein Modul 12 zur Puls-Weiten-Modulation eingesetzt werden, wie in Fig. 3 gezeigt, das mit einer Gleichspannung $V=$ versorgt wird und die Motor-Phasenströme i_a , i_b moduliert. Die Gleichspannung $V=$ kann z.B. 24V betragen. Es kann hier das erwähnte Modul 33 (Modul zur Encodersignalverarbeitung) zum Einsatz kommen, um die elektrischen Signale des Encoders 11 in einen Winkel $\#m$ umzuwandeln. Bei einem encoderlosen Motor 10.2 kann ein anderes Modul 34 (Modul zur Generatorsignalverarbeitung) eine etwaige Umwandlung oder Vorverarbeitung des Generatorsignals $e_2(t)$ vornehmen, wie in Fig. 2 angedeutet.

[0053] Besonders wichtig ist bei allen Ausführungsformen der Erfindung die Positionsregelung, die durch ein Positionsregelmodul 21 schematisch veranschaulicht ist. Das Positionsregelmodul 21 verarbeitet, je nach Ausführungsform, ein Encodersignal (z.B. $e(t)$) eines Motors 10.1 oder ein Generatorsignal $e_2(t)$ eines Motors 10.2. Vorzugsweise ist ein Modul zur Encodersignalverarbeitung 33 oder ein Modul zur Generatorsignalverarbeitung 34 zwischengeschaltet, wie in den Fig. 1A, 1B, 2 und 3 gezeigt.

[0054] Das Modul zur Encodersignalverarbeitung 33 kann als Teil der Motorsteuerung 20 eingesetzt werden, um aus dem Signal $e(t)$ des Encoders 11 eine Geschwindigkeitsaussage abzuleiten. Die Geschwindigkeitsaussage ergibt sich z.B. aus der Anzahl der Winkelinkremente, die der Encoder 11 anzeigt und der Zeit. Die Geschwindigkeitsaussage kann aber auch mittels eines zusätzlichen Encoders 32 ermittelt werden (siehe z.B. Fig. 1B). Bei der Geschwindigkeitsaussage kann es sich um eine Winkelgeschwindigkeit der Welle oder Achse 18 des Schrittmotors 10 oder um eine Lineargeschwindigkeit eines sich bewegenden mechanischen Elements (z.B. des Pumpenkolbens 202) einer Pumpe handeln. Diese Geschwindigkeitsaussage kann zusätzlich dem Schlupfregelmodul 15 und/oder einer übergeordneten Steuerung der Laborvorrichtung zugeführt werden, wie in Fig. 3 durch die Verbindung 35 dargestellt. Dieser Funktionsblock, respektive diese Verbindung 35 ist optional.

[0055] Es kommt ein optionaler Profil-Generator 19 zum Einsatz, der die zeitabhängigen Sollwerte $\#m^*$ für den Positionsregler vorgibt. Im Fall eines Geschwindigkeitsreglers anstelle des Positionsreglers 23, gibt dieser zeitabhängige Sollwerte für den Geschwindigkeitsregler vor. Der/die Sollwerte, die jeweils mit einem «*» gekennzeichnet sind, können auch von einer Anwendungssoftware oder einer Applikation (z.B. einer Laborvorrichtung, wie einem Liquid Handling Gerät) vorgegeben werden.

[0056] Bei dem Encoder 11 handelt es sich vorzugsweise um einen Inkremental-Encoder. Um so höher die Auflösung des Encoders 11 ist, um so genauer können Sollpositionen $\#m^*$ angefahren und auch gehalten werden. Um eine Genauigkeit zu erreichen, die z.B. für das hochpräzise Handhaben einer Flüssigkeitsmenge in einem Dilutor 200 geeignet ist, bei dem eine erfindungsgemässe Motorsteuerung 20 einen als Pumpenmotor dienenden (Schritt-)Motor 10.1 ansteuert, wird ein Encoder 11 eingesetzt, der eine Winkelauflösung hat, die grösser ist als 1024 Linien.

[0057] Besonders als Encoder 11 geeignet ist ein Hall-Sensor, da ein solcher Hall-Sensor berührungslos z.B. auf der rückwärtigen Seite eines Schrittmotors 10.1 platziert werden kann. In Fig. 4 ist ein schematisches Beispiel eines Schrittmotors 10.1 mit einem als Encoder 11 dienenden Hall-Sensor gezeigt. Anhand dieser Fig. 4 ist auch zu erkennen, dass die Welle oder Achse 18 des Motors 10.1 (oder eines Motors 10.2) mechanisch mit einer coaxialen Drehspindel 28 verbunden sein kann. Die Drehspindel 28 kann zum Beispiel einen Kolben 202 oder ein anderes mechanisches Element einer Pumpe bewegen. In Fig. 4 ist weiterhin angedeutet, dass eine Platine 30 oder Schaltungsplatte auf der Rückseite des Motors 10.1 (oder des Motors 10.2) sitzen kann (diese Platine 30 oder Schaltungsplatte auf der Rückseite des Motors 10.1 oder

10.2 ist optional). Auf der Platine 30 oder Schaltungsplatte können ein Teil oder alle Bauelemente der Motorsteuerung 20 angeordnet sein. Die Verbindung zu einer übergeordneten Steuerung z.B. einer Laborvorrichtung kann z.B. über einen Stecker oder eine Steckverbindung 29 erfolgen. So kann die Laborvorrichtung steuerungstechnisch mit der Motorsteuerung 20 verbunden werden.

[0058] Damit das Verfahren der Erfindung angewendet werden kann, muss einmalig der mechanische Drehwinkel mit dem elektrischen Feld, das in den Motor 10 eingepreßt wird, synchronisiert werden. Dies kann mit einer initialen, gesteuerten Bewegung realisiert werden. Während der Initialisierungsbewegung wird das Encodersignal $e(t)$ oder das Generatorsignal $e_2(t)$ eingelesen und mit einem Steuersignal P4 in Relation gebracht. Anhand der Relation kann dann die Nullposition errechnet werden.

[0059] Gemäss Erfindung kommt das folgende Verfahren beim Ansteuern des (Schritt-)Motors 10.1 oder 10.2 zum Einsatz.

[0060] 1. Schritt: Messen oder Abgreifen der aktuellen Motor-Phasenströme i_a , i_b mittels Phasenanschlüssen 27 oder anderen Mitteln.

[0061] 2. Schritt: Abbilden oder umwandeln dieser Motor-Phasenströme i_a , i_b in ein zweiachsiges Koordinatensystem mit den Achsen a und b, wie in Fig. 5A dargestellt. Die entsprechenden Werte i_{at} und i_{bt} stellen zeitvariable Werte dar, die aus den Motor-Phasenströme i_a , i_b abgeleitet wurden.

[0062] 3. Schritt: Drehen des zweiachsigen a-b-Koordinatensystems, um es an den aktuellen Schlupf des Schrittmotors 10 anzupassen. Zum Drehen des zweiachsigen a-b-Koordinatensystems kann ein Transformationswinkel θ verwendet werden, der bei einer letzten Iteration der Motorsteuerung 20 gewonnen worden ist. Bei diesem 3. Schritt werden die Werte i_{at} und i_{bt} vektoriell in Koordinatenanteile (Vektorkomponenten) des durch Drehung neu gewonnenen x-y-Koordinatensystems zerlegt. Das neu gewonnene x-y-Koordinatensystem ist durch die Achsen x und y, wie in Fig. 5A dargestellt, definiert. Der Vektor i_{at} im a-b-Koordinatensystem wird in eine Komponente i_{ax} auf der x-Achse und eine Komponente i_{ay} auf der y-Achse zerlegt. Der Vektor i_{bt} im a-b-Koordinatensystem wird in eine Komponente i_{bx} auf der x-Achse und eine Komponente i_{by} auf der y-Achse zerlegt. In Fig. 5B ist dargestellt, dass sich der Vektor i_x (= Schlupfanteil) in y-Achsenrichtung zusammensetzt aus den Komponenten $i_{ay} + i_{by}$. Der Vektor i_y (= Drehmomentanteil) in x-Achsenrichtung hingegen setzt sich aus den Komponenten $i_{ax} + i_{bx}$ zusammen. Die entsprechenden Achsen a und b, sowie x und y stehen jeweils senkrecht zueinander und die Vektoren auf den einzelnen Achsen sind daher orthogonal zueinander, d.h. sie sind voneinander unabhängig. Dadurch kann man z.B. den Vektor i_x (= Schlupfanteil) bei Bedarf z.B. auf null zwingen, ohne Einfluss zu nehmen auf den momentanen Vektor i_y (= Drehmomentanteil).

[0063] Dieser 3. Schritt wird als Transformation oder Matrix-Transformation bezeichnet und von dem Transformationsmodul 13 durchgeführt.

[0064] 4. Schritt: In diesem Schritt werden durch die Additionsglieder A3 bzw. A2 die entsprechenden Differenzen ($i_x^* - i_x$ bzw. $i_y^* - i_y$) gebildet, wie beschrieben. Die Differenz $i_x^* - i_x$ kontrolliert oder regelt den Schlupfanteil und die Differenz $i_y^* - i_y$ kontrolliert oder regelt den Drehmomentanteil. Diese Differenzen ($i_x^* - i_x$ bzw. $i_y^* - i_y$) werden als Eingangsgrößen den Reglern 22 bzw. 24 übergeben. Die Regler 22 und 24 erzeugen die entsprechenden Spannungsvektoren V_d und V_q . Um die entsprechenden Spannungsvektoren V_d und V_q bereitstellen zu können, wird hier wieder eine Transformation durchgeführt. Vorzugsweise kommt zu diesem Zweck eine sogenannte inverse Matrix-Transformation zum Einsatz, die einen Übergang der Vektoren des x-y-Koordinatensystems in ein a-b-Koordinatensystem schafft (in Umkehrung des Vorgangs der Fig. 5A und 5B). Diese inverse Matrix-Transformation wird durch einen Invertierenden Transformator 17 ausgeführt (siehe Fig. 3).

[0065] 5. Schritt: Nun werden diese Schritte jeweils mit neuen Werten wiederholt. Um so höher die Wiederholungsrate ist, um so schneller arbeitet der Regelkreis der Motorsteuerung 20. Die Motorsteuerung 20 regelt den Motor 10.1 oder 10.2 quasi in Echtzeit. Kleinste Abweichungen werden anhand der erwähnten Differenzbildung erkannt und sofort ausgegeregelt (minimiert).

[0066] Mittels der Motorsteuerung 20 können die Tiefpass- und Magnetfluss-Eigenschaften des (Schritt-)Motors 10.1, 10.2 kompensiert werden, um so ein drehzahlunabhängiges Drehmoment des (Schritt-)Motors 10.1, 10.2 vorgeben zu können.

[0067] Die Antriebsvorrichtung 100 kann besonders vorteilhaft eingesetzt werden in Dilutoren 200, wie z.B. in den Fig. 6 bis 10 gezeigt.

[0068] Ein entsprechender Dilutor 200 ist in Fig. 6 gezeigt. Der Dilutor 200 umfasst eine motorbetriebene Spritzenpumpe, bei der ein Motor 10 (in Fig. 6 nicht zu sehen) einen Kolben 202 einer Spritze 201 präzise in einem Zylinder 216 auf und ab bewegt. Die Auf- und Abbewegung ist durch den Doppelpfeil P6 gekennzeichnet. Auf der Spritze 201 kann z.B. ein Dreiwegeventil 203 (oder ein anderes Ventil) sitzen, das ebenfalls motorisch durch Drehen umgeschaltet wird, wie durch den Doppelpfeil P7 dargestellt. Das Ventil 203 wird vorzugsweise so geschaltet, dass ein Spritzenraum 217 und ein Vorratsgefäß 204 mit einem Reagens oder Verdünnungsmedium 203 (z.B. einem Lösemittel, Puffer oder ähnlichem) fluidisch verbunden werden. Beim Hinunterziehen oder-bewegen des Kolbens 202 wird die Spritze 201 mit Verdünnungsmedium 203 befüllt. Danach wird das Ventil 203 durch Drehen geschaltet, damit der Spritzenraum 217 mit einer Dispenserspitze 205 fluidisch verbunden sind. Mit dem motorischen Hochfahren des Kolbens 202 wird Verdünnungsmedium 203 über die Dispenserspitze 205 abgegeben. Ist der Kolben 202 ganz oben angelangt und die Spritze 201 somit leer, kann das Ventil

203 wieder in Richtung Vorratsgefäß 204 geschaltet und die Spritze 201 erneut befüllt werden. Der Doppelpfeil P8 zeigt an, dass die Dispenserspitze 205 z.B. durch einen Roboterarm (nicht gezeigt) automatisch bewegt werden kann.

[0069] Die beschriebene Auf- und Abbewegung P6 des Kolbens 202 kann durch einen Motor 10 bewerkstelligt werden, der durch eine Motorsteuerung 20 angesteuert und geregelt wird, wie beschrieben. Der Motor 10 samt Motorsteuerung 20 sitzt vorzugsweise hinter oder im Inneren des in Fig. 6 gezeigten Gehäuses 206.

[0070] In den Fig. 7 bis 10 sind mehrere Beispiele für den Aufbau eines Dilutors 200 mit (Schritt-)Motor 10 gezeigt.

[0071] In Fig. 7 ist ein Dilutor 200 mit einem rückwärtig installierten Motor 10 gezeigt, dessen Welle oder Achse als Drehspindel 28 ausgelegt ist. Die Drehspindel 28 sitzt in einem Mitnehmer oder Läufer 207. Wenn der Motor 10 die Drehspindel 28 um ihre Längsachse A dreht, dann wird der Mitnehmer oder Läufer 207 samt dem mechanisch damit verbundenen Pumpenkolben 202 bewegt. Die Auf- und Abbewegung des Kolbens 202 ist durch den Doppelpfeil P6 dargestellt. Die anderen Elemente des Dilutors 200 wurden bereits im Zusammenhang mit Fig. 6 beschrieben. Daher wird auf die Beschreibung dieser Figur verwiesen.

[0072] In Fig. 8 ist ein Dilutor 200 mit einem rückwärtig installierten Motor 10 gezeigt, auf dessen Welle oder Achse 18 ein Zahnrad (hier ein Stirnrad 208) sitzt. Das Stirnrad 208 greift in eine Zahnstange 209 ein. Wenn der Motor 10 die Achse oder Welle 18 dreht, dann dreht sich auch das Stirnrad 208. Bei einer Drehung des Stirnrades 208 im Uhrzeigersinn wird die Zahnstange 209 samt des damit verbundenen Pumpenkolbens 202 nach oben bewegt. Bei einer Drehung gegen den Uhrzeigersinn, ergibt sich eine Abwärtsbewegung. Die Auf- und Abbewegung des Kolbens 202 ist durch den Doppelpfeil P6 dargestellt. Neben der gezeigten Anordnung gibt es auch andere Formen von sogenannten Zahnradantrieben 210, die in einem Dilutor 200 eingesetzt werden können.

[0073] In Fig. 9 ist ein Dilutor 200 mit einem rückwärtig installierten Motor 10 mit Zahnriemenantrieb 211 gezeigt. Auf der Welle oder Achse 18 des Motors 10 sitzt eine verzahnte Rolle oder ein verzahntes Rad 213. In einem gewissen Abstand ist eine zweite verzahnte Rolle oder ein zweites verzahntes Rad 213 angebracht. Ein Zahnriemen 212 läuft um die verzahnten Rollen oder Räder 213 um. Wenn der Motor 10 die Achse oder Welle 18 dreht, dann bewegt sich der Zahnriemen 212. M Zahnriemen 212 ist z.B. ein Mitnehmer 214 angebracht, die die Bewegung des Zahnriemens 212 auf den Pumpenkolben 202 überträgt. So ergibt sich wiederum eine Auf- und Abbewegung P6.

[0074] In den verschiedenen Beispielen der Fig. 7 bis 9 können zusätzlich auch Über- oder Untersetzungen (z.B. über Zahnriemen oder Getriebe) zum Einsatz kommen.

[0075] In Fig. 10 ist ein Dilutor 200 mit einem rückwärtig installierten Linearmotor 10 gezeigt, der einen länglichen Stator 215 umfasst. Durch geeignete Veränderung der Felder zwischen dem Linearmotor 10 und dem Stator 215 ergibt sich eine Bewegung nach oben oder unten. Dieser Bewegung kann mechanisch an den Pumpenkolben 202 übertragen werden, wie gezeigt. So ergibt sich wiederum eine Auf- und Abbewegung P6.

[0076] Eine Pumpe, die mit einer Antriebsvorrichtung 100 angetrieben wird, weist eine hohe Effizienz auf. Die hochgenaue Positionierung mittels des Positionsregelmoduls 21, das starre ungedämpfte Regelsystem und die anderen Merkmale der Erfindung ermöglichen ein hervorragendes Handhaben kleinster Flüssigkeitsmengen. Trotz dieser hohen Genauigkeit bei der Handhabung kleinster Flüssigkeitsvolumina, kann eine solche Pumpe mit grosser Geschwindigkeit und lastabhängiger Leistung betrieben werden. Die erfindungsgemässe Antriebsvorrichtung 100 kann zum Beispiel eine Pumpe mit bis zu 6000 U/min antreiben. Aufgrund dieser Eigenschaften kann eine solche Pumpe mit Antriebsvorrichtung 100 für eine Vielzahl verschiedener Laboranwendungen in den entsprechenden Laborvorrichtungen eingesetzt werden.

[0077] Aufgrund der vernachlässigbaren Wärmeentwicklung, lassen sich die Antriebsvorrichtung 100, oder die Dilutoren 200 mit den entsprechenden Antriebsvorrichtungen 100 eng nebeneinander platzieren, ohne dass es zu thermischen Problemen kommt. Insbesondere geht es um mehrkanalige Liquid Handling Geräte mit einem Dilutor 200 pro Pipettierkanal zur Aufnahme und Abgabe von Flüssigkeitsproben. Jeder Dilutor 200 umfasst in diesem Fall eine Antriebsvorrichtung 100 nach einer der Ausführungsformen.

[0078] Die Antriebsvorrichtung 100 ist aufgrund des reduzierten Stromverbrauchs besonders auch für mobile Einsatzformen und Anwendungen geeignet.

Bezugszeichen:

[0079]

(Schritt-)Motor / Synchronmotor	10
Encoder	11
Puls-Weiten Modulationsmodul	12
Transformationsmodul (Park-Transformator)	13
Signalleitungen	14

CH 702 974 A1

Schlupfregelmodul	15
Drehmomentregelmodul	16
Invertierender Transformator	17
Motorwelle oder -achse	18
Profil-Generator	19
Motorsteuerung	20
Positionsregelmodul	21
PI- oder PID-Regler	22
PI- oder PID-Regler	23
PI- oder PID-Regler	24
Phasenanschlüsse (Shunts)	27
Drehspindel	28
Stecker oder Steckverbindung	29
Platine	30
Kommutierungsmodul	31
Weiterer Encoder	32
Modul zur Encodersignalverarbeitung	33
Modul zur Generatorsignalverarbeitung	34
Verbindung	35
Antriebsvorrichtung	100
Dilutor	200
Spritze	201
Kolben	202
Systemflüssigkeit	203
Vorratsgefäß	204
Dispenserspitze	205
Gehäuse	206
Mitnehmer/Läufer	207
Stirnrad	208
Zahnstange	209
Zahnradantrieb	210
Zahnriemenantrieb	211
Zahnriemen	212
Verzahnte Rollen oder Räder	213
Mitnehmer	214
Länglicher Stator	215

Zylinder	216
Spritzenraum	217
Längsachse	A
Achsen, Phasenströme	a, b
Additionsglieder	A1, A2, A3
Achsen, Drehmoment und Schlupf	y, x
(Encoder-)Signal	e(t), f(t)
Signal, das von einem Encodersignal abgeleitet wurde	e1(t)
Generatorsignal	e2(t)
Signal, das von einem Generatorsignal abgeleitet wurde	e3(t)
Motor-Phasenströme	ia, ib
zeitvariable Werte	iat, ibt
Komponente	iax
Komponente	ibx
Komponente	iax
Komponente	iby
Schlupfanteil (Vektor)	ix
Erster Sollwert, Schlupf	ix*
Drehmomentanteil (Vektor)	iy
Zweiter Sollwert, Drehmoment	iy*
Transformationswinkel	#
Pfeil	P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, P9
Ausgangssignale (Spannungsvektoren)	VAs, VBs
Gleichspannung	V=
Sollposition	#m*
Istposition	#m

Patentansprüche

1. Antriebsvorrichtung (100) zur Verwendung in einer Laborvorrichtung, mit
 - einem Motor (10.1, 10.2) mit Rotor und Stator, und mit
 - einer Motorsteuerung (20), die dazu ausgelegt ist den Motor (10.1, 10.2) anzusteuern, dadurch gekennzeichnet, dass die Antriebsvorrichtung (100) umfasst:
 - Positionserfassungsmittel (11, 21), die im Betrieb jeweils ein aktuelles Signal (e(t), e2(t)) liefern, das die aktuelle Rotorposition des Rotors wiedergibt,
 - Phasenanschlüsse (14, 27), um motorseitig die aktuell fliessenden Motor-Phasenströme (ia, ib) abzugreifen, und dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsteuerung (20) umfasst:
 - ein Transformationsmodul (13), um die aktuell fliessenden Motor-Phasenströme (ia, ib) mittels eines Transformationsverfahrens in einen Schlupfanteil (ix) und einen Drehmomentanteil (iy) zu zerlegen,
 - ein Schlupfregelmodul (15), dem als Eingangsgrössen der Schlupfanteil (ix) und ein erster Sollwert (ix*) zur Verfügung gestellt werden,

- ein Drehmomentregelmodul (16), dem als Eingangsgrößen der Drehmomentanteil (iy) und ein zweiter Sollwert (iy*) zur Verfügung gestellt werden, wobei das Schlupfregelmodul (15) und das Drehmomentregelmodul (16) die Rotor-Phasenströme (ia, ib) zur Kommutierung des Motors (10.1, 10.2) so vorgeben, dass die Differenz zwischen dem Schlupfanteil (ix) und dem ersten Sollwert (ix*) und die Differenz zwischen dem Drehmomentanteil (iy) und dem zweiten Sollwert (iy*) minimal sind.
2. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein Encoder (11) als Positionserfassungsmittel (11) dient, wobei der Encoder (11) dem Motor (10.1) zugeordnet ist und wobei es sich bei dem aktuellen Signal (e(t), e2(t)) um ein Encodersignal (e(t)) handelt.
 3. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei dem Motor (10.1, 10.2) um einen encoderlosen Motor (10.2) handelt, der kurzzeitig im Generatorbetrieb betreibbar ist, um im Generatorbetrieb ein Generatorsignal (e2(t)) unter Ausnützung des Back-EMF Effektes als aktuelles Signal (e(t), e2(t)) zu liefern.
 4. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsteuerung (20) einen invertierenden Transformator (17) und einen Puls-Weiten-Modulationsmodul (12) umfasst, um Ausgangssignale (VAs, VBs) des Schlupfregelmoduls (15) und des Drehmomentregelmoduls (16) in Regelgrößen zu transformieren, die von dem Puls-Weiten-Modulationsmodul (12) in die Motor-Phasenströme (ia, ib) umgesetzt werden können.
 5. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Transformationsmodul (13) einen Matrix-Transformator umfasst.
 6. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Matrix-Transformator (18) mittels einer Matrix-Transformation aus Stromwerten den Schlupfanteil (ix) und den Drehmomentanteil (iy) erzeugt.
 7. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motor-Phasenströme (ia, ib) von der Motorsteuerung (20) modulierbar sind und die aktuellen Motor-Phasenströme (ia, ib) jeweils abhängen von der Differenz zwischen dem Schlupfanteil (ix) und dem ersten Sollwert (ix*) und der Differenz zwischen dem Drehmomentanteil (iy) und dem zweiten Sollwert (iy*).
 8. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass durch die Motorsteuerung (20) die Motor-Phasenströme (ia, ib) auf null regelbar sind, falls keine äusseren Kräfte am Motor (10.1, 10.2) anliegen.
 9. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 1, 2, 3 oder 8, dadurch gekennzeichnet, dass mittels eines Positionsregelmoduls (21) anhand des aktuellen Signals (e(t), e2(t)) eine Istposition (#m) ermittelbar ist und dass das Drehmoment des Motors (10.1, 10.2) so einstellbar ist, dass die Differenz zwischen der Sollposition (#m*) und der Istposition (#m) minimal ist.
 10. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Motorsteuerung (20) der Schlupfanteil (ix) und der Drehmomentanteil (iy) individuell und unabhängig voneinander regelbar sind.
 11. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass mittels der Motorsteuerung (20) Tiefpass- und Magnetfluss-Eigenschaften des Motors (10.1, 10.2) kompensierbar sind, um so ein drehzahlunabhängiges Drehmoment des Schrittmotors (10.1, 10.2) vorgeben zu können.
 12. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Motorsteuerung (20) einen integrierten Schaltkreis, vorzugsweise einen Digitalen-Signal Prozessor (DSP), umfasst, in dem mindestens einer der folgenden Regelmodule
 - Schlupfregelmodul (15),
 - Drehmomentregelmodul (16)
 - Positionsregelmodul (21),
 - Modul zur Encodersignalverarbeitung (33), oder
 - Modul zur Generatorsignalverarbeitung (34) implementiert ist.
 13. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Motorsteuerung (20) um eine Pumpensteuerung und bei dem Motor (10.1, 10.2) um einen Pumpenmotor handelt.
 14. Antriebsvorrichtung (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Rotor des Motors (10.1, 10.2) mechanisch mit einem beweglichen Pumpenelement, vorzugsweise einem Pumpenkolben (202), einer Spindelwelle (28), einem Zahnrad (208), einer verzahnten Rolle oder einem verzahnten Rad (213), oder einem Stößel einer Pumpe, verbunden ist.
 15. Antriebsvorrichtung (100) nach Anspruch 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass es sich bei der Laborvorrichtung um einen Dilutor (200) handelt und dass die Antriebsvorrichtung (100) zum Einbau in den Dilutor (200) ausgelegt ist.
 16. Laborvorrichtung mit mindestens einer Antriebsvorrichtung (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Laborvorrichtung steuerungstechnisch mit der Motorsteuerung (20) verbunden ist.
 17. Verfahren zum Ansteuern eines Motors (10.1, 10.2) mit den folgenden Schritten:
 - Bereitstellen eines aktuellen Signals (e(t), e2(t)), das Positionsinformation

über die Rotorposition des Motors (10.1, 10.2) repräsentiert,
-Abgreifen von Phasenströmen (i_a , i_b) des Motors (10.1, 10.2),
-Vorgeben eines ersten Sollwertes (i_x^*) zum Regeln eines Schlupfanteils (i_x),
-Vorgeben eines zweiten Sollwertes (i_y^*) zum Regeln eines Drehmomentanteils (i_y),
-Vorgeben einer Kommutierung des Motors (10.1, 10.2), wobei der Schlupfanteil (i_x) und der Drehmomentanteil (i_y) unabhängig voneinander so geregelt werden, dass aufgrund der Kommutierung ein Statorfeld des Motors (10.1, 10.2) durch die entsprechenden Phasenströme (i_a , i_b) aufgebaut wird.

18. Verfahren nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenströme (i_a , i_b) dynamisch so eingestellt werden, dass die Differenz zwischen dem Schlupfanteil (i_x) und dem ersten Sollwert (i_x^*) und die Differenz zwischen dem Drehmomentanteil (i_y) und dem zweiten Sollwert (i_y^*) minimal sind.
19. Verfahren nach Anspruch 17 oder 18, dadurch gekennzeichnet, dass die Phasenströme (i_a , i_b) lastabhängig dynamisch geregelt werden und sich proportional zu einem momentan anliegenden Drehmomentanteil (i_y) verhalten.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 17 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass in einem Initialisierungsschritt der mechanische Drehwinkel des Motors (10.1, 10.2) mit dem elektrischen Feld, das in den Motor (10.1, 10.2) durch die Kommutierung eingeprägt wird, synchronisiert werden.
21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, dass in dem Initialisierungsschritt während einer Initialisierungsbewegung wird das aktuelle Signal ($e(t)$, $e_2(t)$) eingelesen und mit einem Steuersignal (P_4) in Relation gebracht wird, um anhand der Relation zwischen dem aktuellen Signal ($e(t)$, $e_2(t)$) und dem Steuersignal (P_4) die Nullposition zu errechnen.

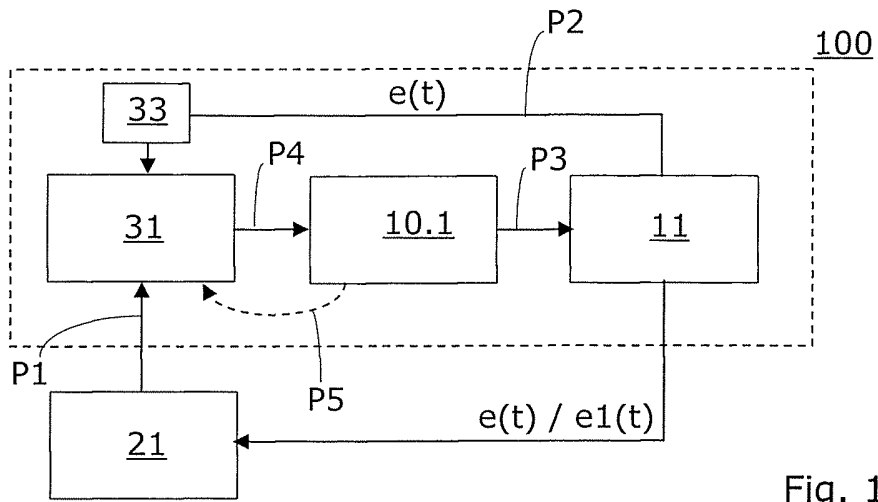


Fig. 1A

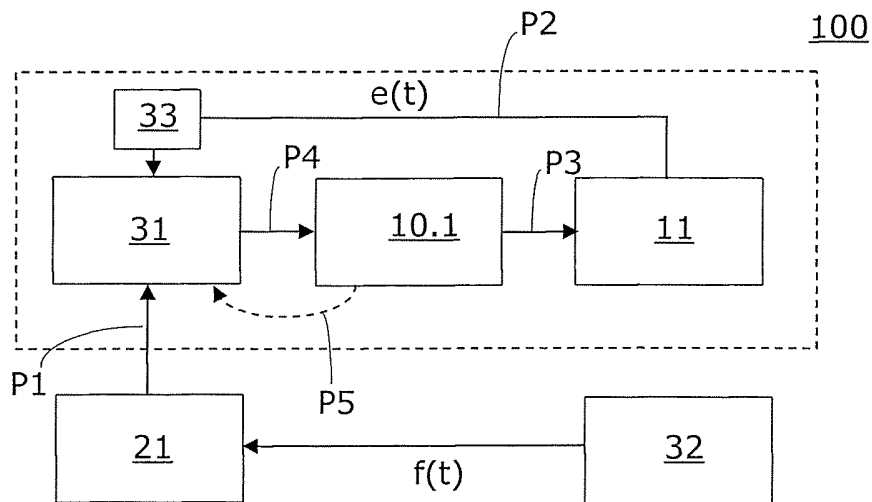
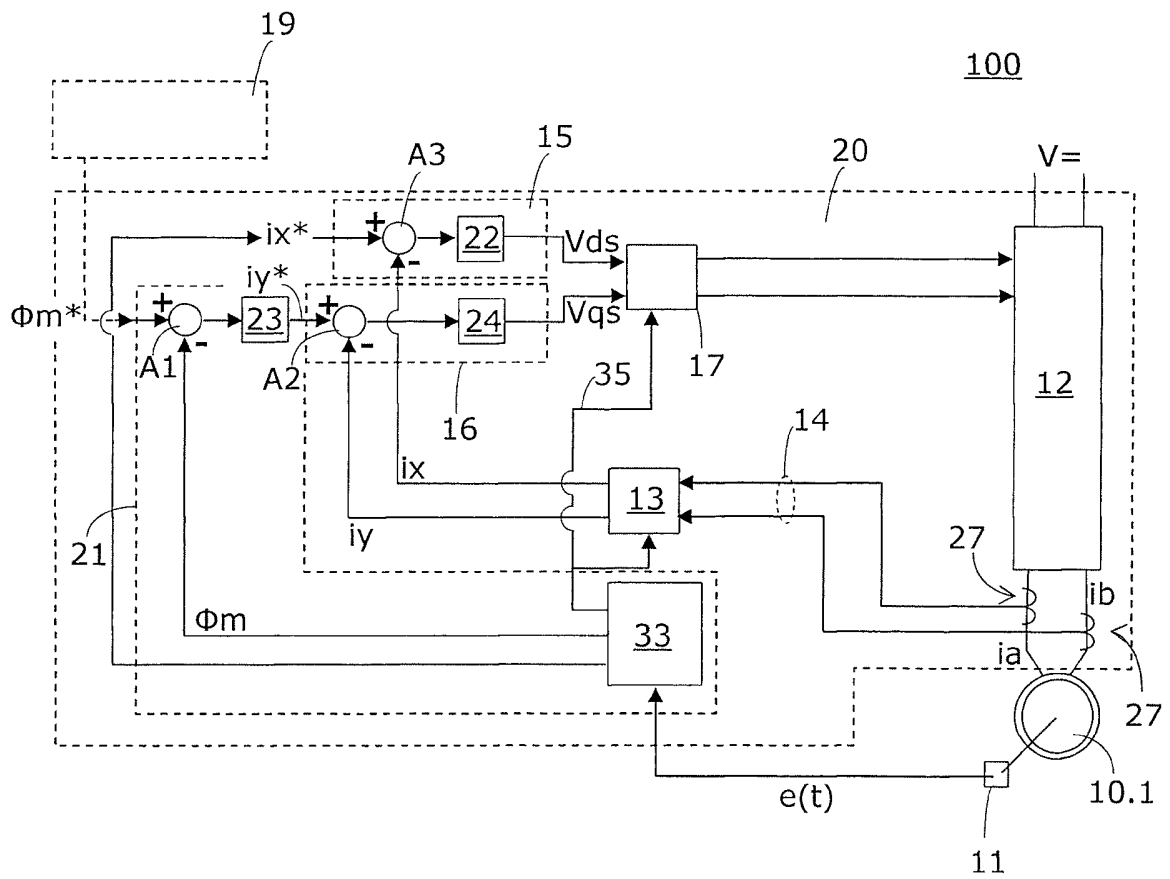
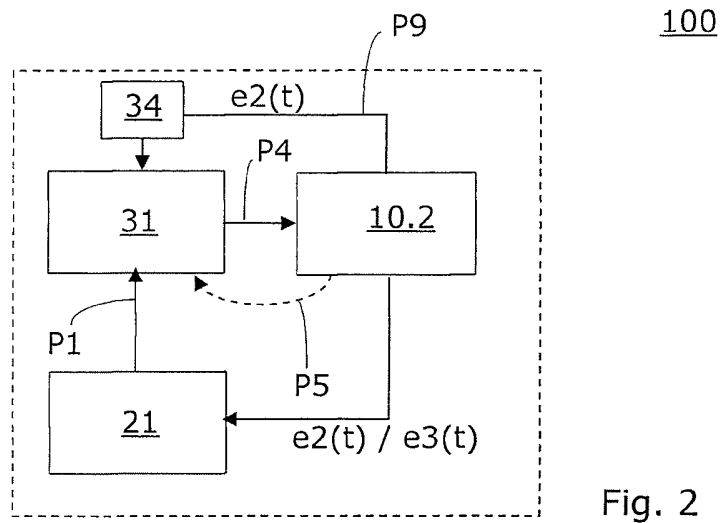


Fig. 1B



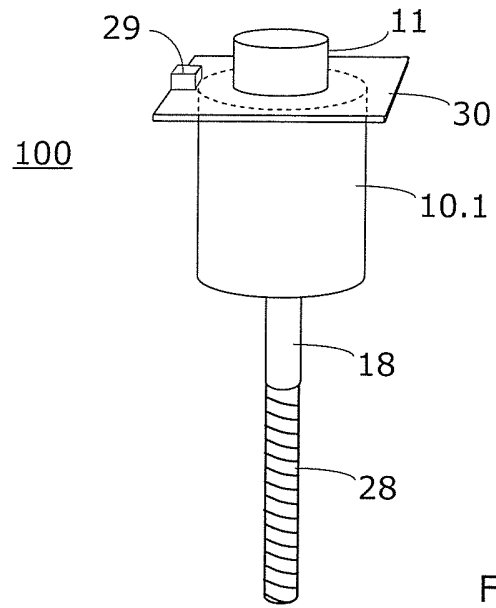


Fig. 4

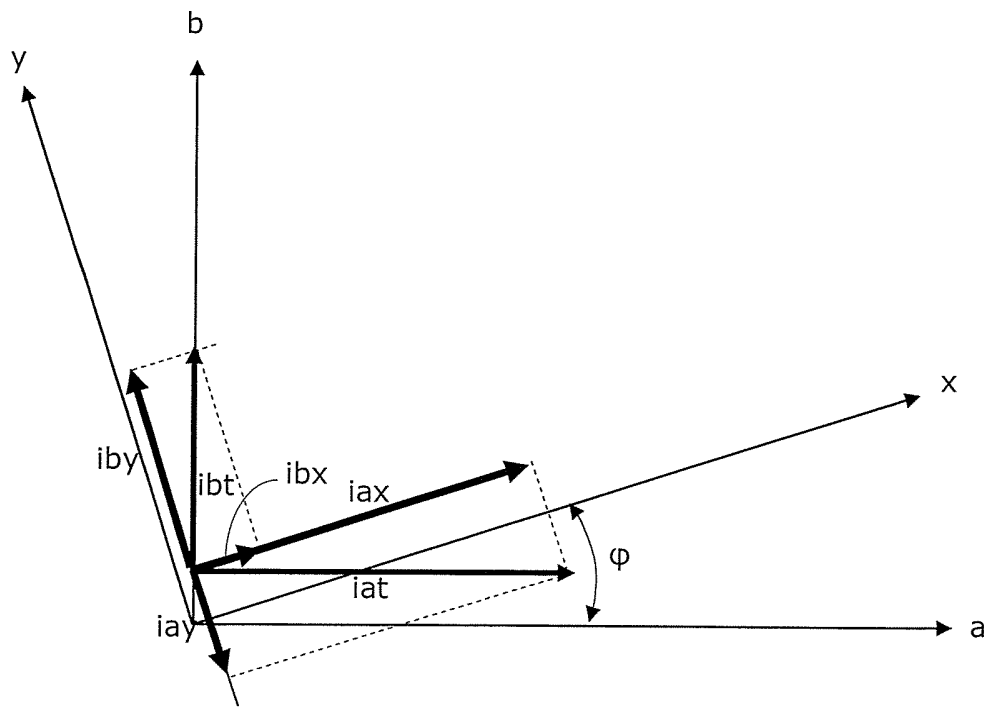


Fig. 5A

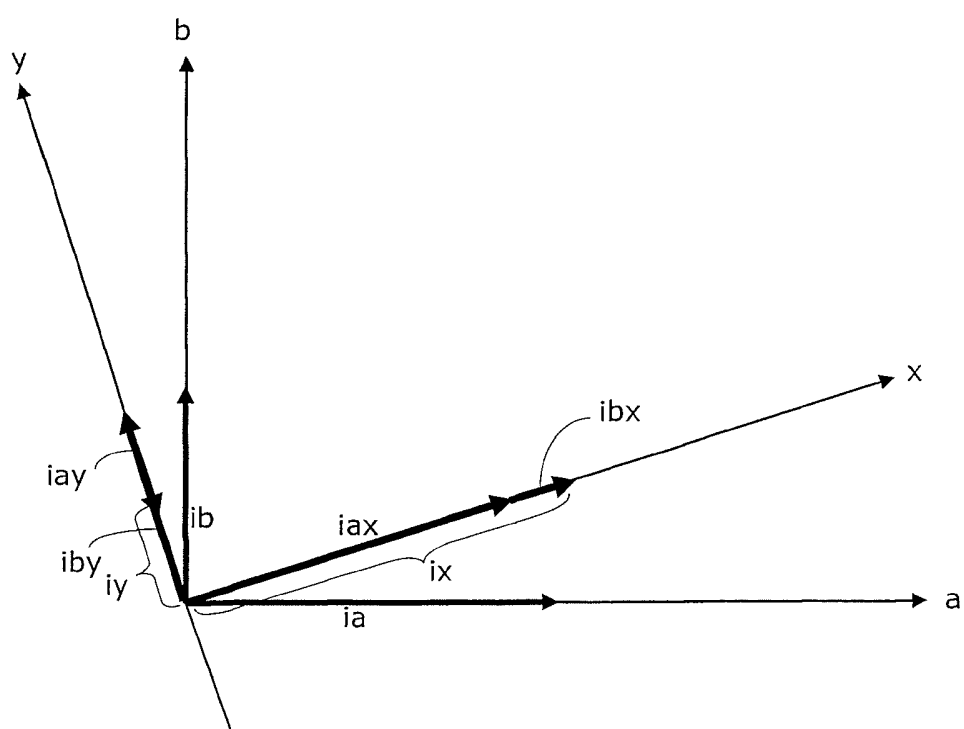


Fig. 5B

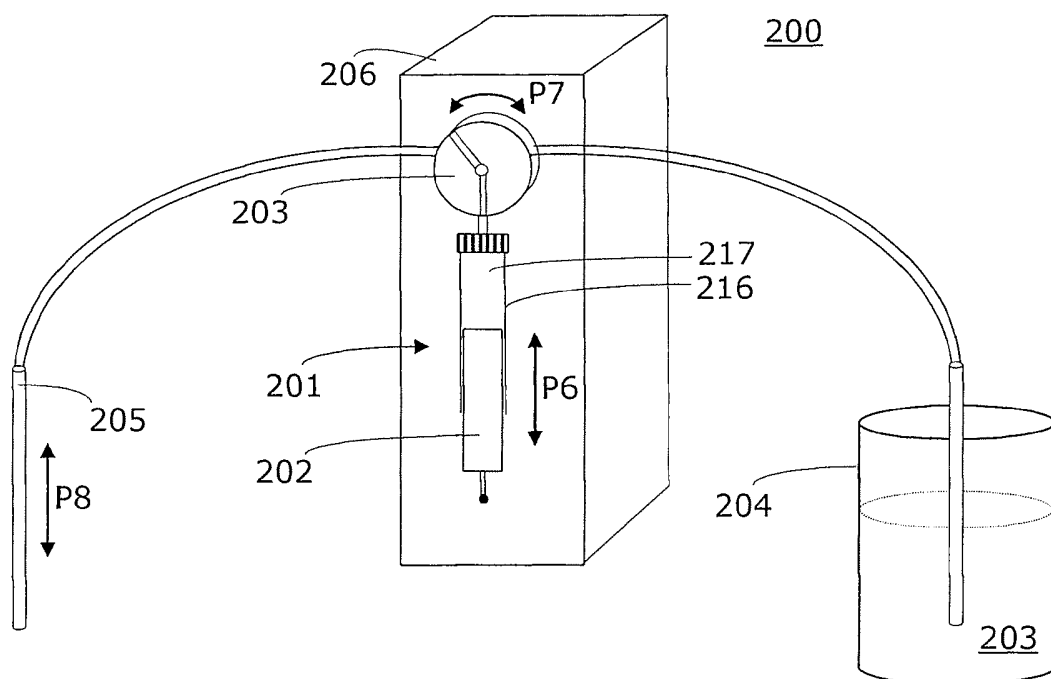


Fig. 6

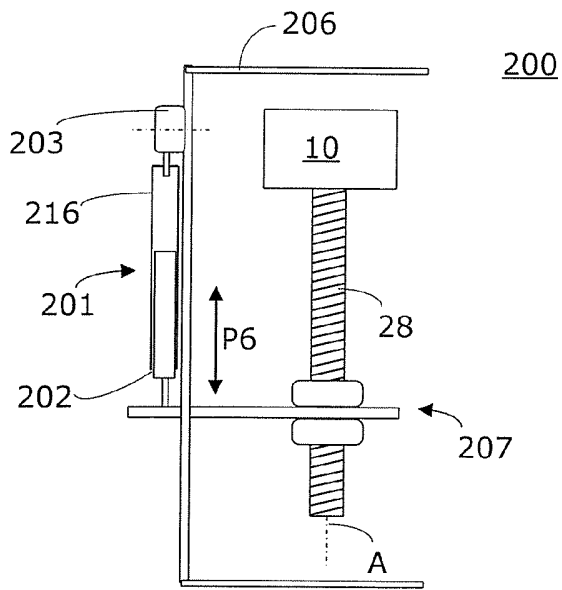


Fig. 7

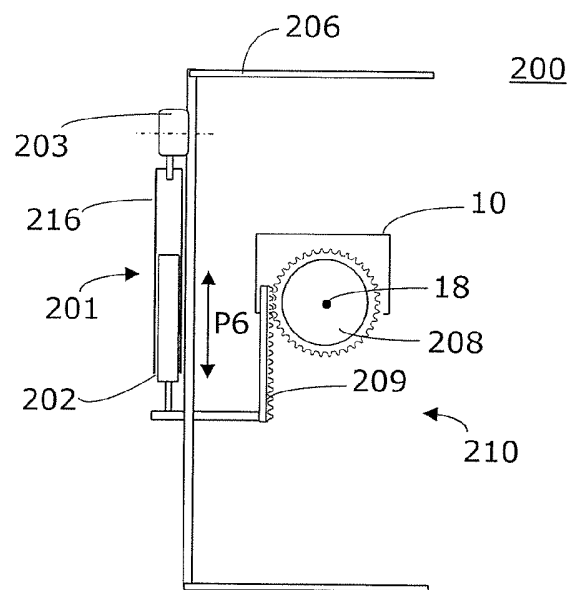


Fig. 8

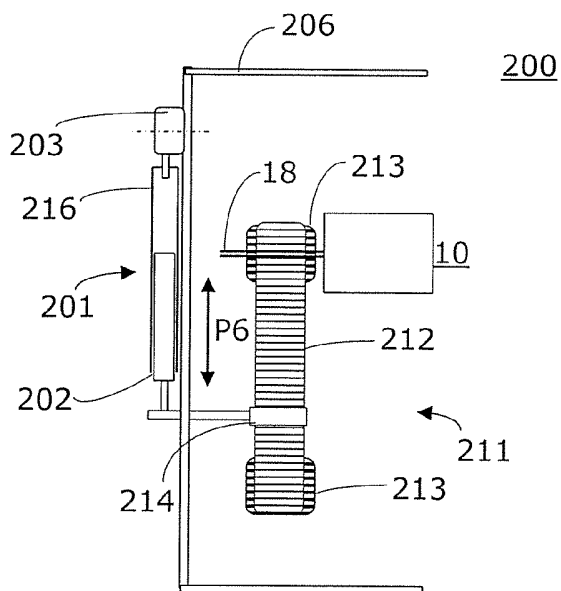


Fig. 9

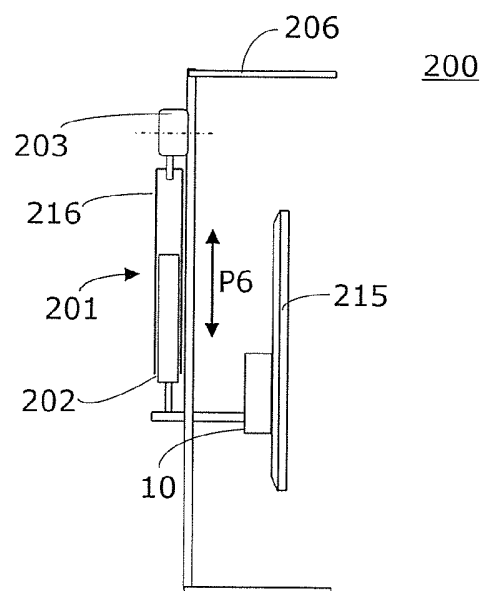


Fig. 10

**VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT
AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS**

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

KENNZEICHNUNG DER NATIONALEN ANMELDUNG		AKTENZEICHEN DES ANMELDERS ODER ANWALTS	
Nationales Aktenzeichen 0497/2010		Anmeldedatum 06-04-2010	
Anmeldeland CH		Beanspruchtes Prioritätsdatum	
Anmelder (Name) Tecan Trading AG			
Datum des Antrags auf eine Recherche Internationaler Art 06-10-2010		Nummer, die die internationale Recherchenbehörde dem Antrag auf eine Recherche internationaler Art zugeteilt hat SN 54937	
I. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDS (treffen mehrere Klassifikationssymbole zu, so sind alle anzugeben)			
Nach der internationalen Patentklassifikation (IPC) oder sowohl nach der nationalen Klassifikation als auch nach der IPC H02P8/00 H02P21/00			
II. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE			
Recherchierter Mindestprüfstoff			
Klassifikationssystem	Klassifikationssymbole		
IPC. 8	H02P	B01L	
Recherchierte, nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Sachgebiete fallen			
III. ☐ EINIGE ANSPRÜCHE HABEN SICH ALS NICHT RECHERCHIERBAR ERWIESEN (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			
IV. ☐ MANGELNDE EINHEITLICHKEIT DER ERFINDUNG (Bemerkungen auf Ergänzungsbogen)			

Formblatt PCT/ISA 201 a (11/2000)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 4972010

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. H02P8/00 H02P21/00 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE SACHGEBIETE Recherchierte Mindestprüfung (Klassifikationssystem und Klassifikationscode) H02P BOIL		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfungsgebiet 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 VERÖFFENTLICHUNGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Bez. Anspruch Nr.
X	US 2003/137272 A1 (KUWANO YOSHIFUMI [JP] ET AL) 24. Juli 2003 (2003-07-24)	1,2, 4-12, 17-21
Y	* Absätze [0010], [0011], [0048] - [0061]; Abbildung 3 *	3,13-16
Y	US 5 378 975 A (SCHWEID STUART A [US] ET AL) 3. Januar 1995 (1995-01-03) * Zusammenfassung *	3
Y	US 4 223 558 A (SCHMIDER PAUL ET AL) 23. September 1980 (1980-09-23) * Zusammenfassung *	13-16
A	* Spalte 3, Zeile 66 - Spalte 4, Zeile 10; Abbildung 2 * * Spalte 1, Zeile 16 - Zeile 31 *	1
☐ 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 "S" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist "X" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelsfrei erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbereich genannten Veröffentlichung belegt werden soll, oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgestellt) "O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausübung oder andere Maßnahmen bezieht "P" Veröffentlichung, die vor dem Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem 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 erfindungsgemäßer Tätigkeit beruhend betrachtet werden "Y*" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung, die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfindungsgemäßer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist "Z*" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des tatsächlichen Abschlusses der Recherche internationaler Art 26. November 2010		Abgeschlossenheit des Berichts über die Recherche internationaler Art
Name und Postanschrift der internationalen Recherchebehörde Europäisches Patentamt, P.O. Box 5018 Patenthaus 2 NL - 2200 HV Hilversum Tel. (+31-70) 540-2040 Fax: (+31-70) 540-3016		Bevollmächtigter Sachverständiger Schürle, Patrick

Formblatt PCT/ISA/210 (Juli 2004)

BERICHT ÜBER DIE RECHERCHE INTERNATIONALER ART

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Nr. des Antrags auf Recherche

CH 4972010

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2003137272	A1	24-07-2003	EP 1333573 A2 06-08-2003
		JP 3526846 B2 17-05-2004	
		JP 2003219693 A 31-07-2003	
US 5378975	A	03-01-1995	JP 5207799 A 13-08-1993
US 4223558	A	23-09-1980	CH 625339 A5 15-09-1981
		DE 2658486 A1 29-06-1978	
		GB 1568778 A 04-06-1980	
		JP 53087292 A 01-08-1978	
		SE 7714535 A 24-06-1978	

Formblatt PCT/IB/201 (Anhang Referenzen) (Januar 2004)