



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
BUNDESAMT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

11 CH 658 556 A5

51 Int. Cl. 4: H 02 P 5/00
G 05 D 13/62
G 11 B 15/54
G 01 P 3/44

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 7022/82

22 Anmeldungsdatum: 02.12.1982

24 Patent erteilt: 14.11.1986

45 Patentschrift
veröffentlicht: 14.11.1986

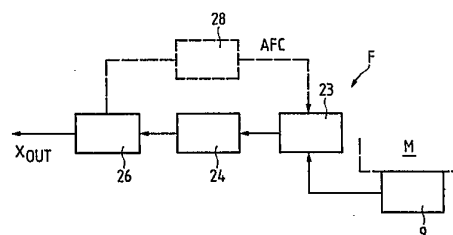
73 Inhaber:
Willi Studer, Regensdorf

72 Erfinder:
Studer, Willi, Dr. h.c., Nassenwil
Stosberg, Arturo E., Otelfingen

74 Vertreter:
Dr. A. R. Egli & Co., Patentanwälte, Zürich

54 Drehzahl-IST-Wert-Wandler zur Drehzahlregelung in einem motorischen Antriebssystem.

57 Der Wandler besteht aus einem Geber (9), der einen mit der zu messenden Drehzahl rotierenden Teil, beispielsweise einen kapazitiven oder induktiven Rotor oder eine optische Impulsscheibe aufweist, welcher Geber (9) die Frequenz eines Frequenzgenerators (23) bestimmt. Der Frequenzgenerator ist Bestandteil eines Wirkungspfades (F) zur Aufbereitung des Drehzahl-IST-Wertes und besteht im wesentlichen aus einem Frequenzgenerator (23) und einem nachgeschalteten Frequenzdiskriminator (26).



PATENTANSPRÜCHE

1. Drehzahl-IST-Wert-Wandler zur Drehzahlregelung in einem motorischen Antriebssystem, gekennzeichnet durch einen drehzahlgekoppelten Geber (9) und einen vom Geber (9) steuerbaren Wirkungspfad (F), welcher einen Frequenzgenerator (23) und einen nachgeschalteten Frequenzdiskriminator (26) umfasst.

2. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein kapazitiver Geber (9) als kapazitives Element des Schwingkreises (LC) des Frequenzgenerators (23) geschaltet ist.

3. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein induktiver Geber (9') als induktives Element des Schwingkreises (LC) des Frequenzgenerators (23) geschaltet ist.

4. Wandler nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein kapazitiver Geber (9) als das bestimmende Element für die Frequenzlage im Frequenzdiskriminator (26) geschaltet ist.

5. Wandler nach Anspruch 2 oder 4, dadurch gekennzeichnet, dass der kapazitive Geber (9) einen Rotor (10, 30, 40) aufweist, der mit einem Masseanschluss der Schaltung des steuerbaren Wirkungspfades (F) verbunden ist.

6. Wandler nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass ein Mittel (28) zur automatischen Frequenzkontrolle (AFC) im gesteuerten Wirkungspfad (F) vorgesehen ist.

7. Wandler nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Mittel (28) zur automatischen Frequenzkontrolle (AFC) ein zwischen den Frequenzdiskriminator (26) und den Frequenzgenerator (23) geschalteter Tiefpass ist.

8. Kapazitiver Geber für einen Wandler nach Anspruch 1, bestehend aus Stator und Rotor mit je einer Vielzahl von über den Umfang angeordneten zahnartigen Vorsprüngen zur Variation des dielektrisch wirkenden Luftspaltes zwischen Stator und Rotor, dadurch gekennzeichnet, dass ein zum Rotor (40) konzentrisch angeordneter Stator (41, 51, 52) in zwei Richtungen (x, y) quer zur Rotationsachse des Rotors verschiebbar angeordnet ist.

9. Kapazitiver Geber nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel (42, 44, 45) zur mechanischen Zentrierung des Stators (41) vorgesehen sind.

10. Kapazitiver Geber nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass der Stator (51, 52) aus mindestens vier im wesentlichen gleich grossen und voneinander elektrisch isolierten Abschnitten (51y, 52y, 51x, 52x) gebildet ist und Mittel (53, 54, 55, 56) zur elektrischen Symmetrisierung des Stators (51, 52) vorgesehen sind.

Die Erfindung liegt im Gebiet der Regelung und betrifft einen Wandler für die Drehzahlregelung in einem Antriebssystem mit vorzugsweise einem Elektromotor sowie einen kapazitiven Geber für den Wandler.

Bei der Drehzahlregelung für motorische Antriebe, wie sie beispielsweise in der Speichertechnik von Signalen auf geeignete Träger- bzw. Speichermaterialien und der Wiedergabe dieser Signale beispielsweise Videosignale, akustische Signale usw., üblich sind, werden heute Antriebe benötigt, welche eine extrem hohe Konstanz der Winkelgeschwindigkeit aufweisen. Diese Feststellung gilt im besonderen für alle Aufzeichnungsmethoden nach dem Analogprinzip, bei denen z.B. die Tonhöhe des wiedergegebenen Signals von der Momentangeschwindigkeit des Aufzeichnungsträgers abhängt. So ist bei den analogen Messwertspeichern nach dem Frequenzmodulationsverfahren der erreichbare Nutz-Störsignalabstand unmittelbar von der mechanischen Konstanz der Bandgeschwindigkeit abhängig.

Es ist auch heute noch üblich, die geforderte Laufkonstanz der Antriebe durch geeignete Schwungmassen zu erreichen, welche zusammen mit dem begrenzten Drehmomentvermögen des

Antriebsmotors die Wirkung eines mechanischen Tiefpassfilters besitzen. Kurzzeitige Störungen des Antriebs, sowie Lastwechselwirkungen werden so zugunsten einer gleichmässigen Winkelgeschwindigkeit gedämpft. Trotzdem weist die Drehzahlstabilisierung mit Hilfe von Schwungmassen wesentliche Nachteile auf: neben dem für diesen Zweck notwendigen Gewicht und der damit zusammenhängenden grossen Lagerbelastung setzt die gespeicherte kinetische Energie der Schwungmasse jeder gewünschten Drehzahländerung ein sehr träges Änderungsverhalten entgegen.

Dieser Nachteil muss aber dort vermieden werden, wo die Drehzahl wohl konstant aber auch rasch veränderbar sein muss.

Eine in dieser Richtung bekanntgewordene Anwendung ist das «Electronic Editing», worin die Steuerung einzelner Antriebe in komplexen Verbundsystemen durch Rechner erfolgt. In solchen komplexen Verbundsystemen werden häufig Geräte für die Aufnahme und Wiedergabe von akustischen und/oder Videosignalen betrieben, also Geräte, von denen zum Teil eine extrem hohe Laufkonstanz gefordert wird.

Die Erfindung wie sie in den Patentansprüchen 1 bis 8 definiert ist, löst die Aufgabe eine Vorrichtung zu schaffen, die es erlaubt, bei bekannten Antriebssystemen mit elektronischer Drehzahlregelung und Drehzahlstabilisierung eine hohe Laufkonstanz des Antriebes und eine minimale Hysterese bei Drehzahländerungen zu verbinden. Dies, um beispielsweise kurze Hochlauf- und Synchronisationszeiten zu erreichen. Eine weitere Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Vorrichtung der genannten Art zu schaffen, die einfach und preisgünstig ist und sich in bestehende motorische Antriebssysteme einführen lässt. Es ist ferner Aufgabe der Erfindung, die Störfestigkeit zu verbessern, insbesondere gegen den Einfluss systeminhärenter Störquellen. Ein ideales Servosystem wird getreu den Fehlern des mitbeteiligten Tachosystems folgen. Allfällige Fehler bei der Erfassung des Drehzahlwertes wirken sich unmittelbar auf den Antrieb aus; an die Genauigkeit eines Tachometersystems müssen höhere Anforderungen gestellt werden als an den Antrieb selber. Solchen Anforderungen soll ein erfindungsgemässer Drehzahl-IST-Wert-Wandler genügen.

Die Erfindung wird nun anhand der nachfolgend aufgeführten Figuren im einzelnen erklärt:

Fig. 1 zeigt in einfacher Darstellung ein regelbares motorisches Antriebssystem mit einem erfindungsgemässen Wandler.

Fig. 2a und b zeigen zwei Ausführungsformen eines erfindungsgemässen Wandlers.

Fig. 3a und b zeigen zwei Ausführungsformen im Zusammenhang mit der Fig. 2b mehr im Detail.

Fig. 4 zeigt im Detail einen kapazitiven Drehzahlgeber, wie er in Fig. 3a verwendet wird, mit mechanischen Mitteln zur Statorzentrierung.

Fig. 5a und b zeigt im Detail einen kapazitiven Drehzahlgeber, wie er in Fig. 3a verwendet wird, mit elektrischen Mitteln zur Statorzentrierung.

Bei den folgenden Ausführungsbeispielen des erfindungsgemässen Wandlers handelt es sich um ein digitales System. Das vom Wandler abgegebene Signal ist ein Wechselspannungssignal, dessen Frequenz in einem ganzzahligen Verhältnis zur Umdrehungsfrequenz des Motors steht. In dieser Betrachtungsweise stellt der erfindungsgemässe Wandler einen Tachometerkreis als Teil eines Servosystems dar.

Fig. 1 zeigt in einfachster Darstellung solch ein Servosystem, wie dies im Zusammenhang mit dem erfindungsgemässen Wandler verwendet werden könnte. Ein Vergleichler 4 erhält Signale X_E für die Führungsgrösse des Systems und Signale X_A für die gewandelte Ausgangsgrösse. In diesem Falle ist letzteres eine die Drehzahl des Motors möglichst genau repräsentierende Grösse. Die Signale Δx stellen wie üblich die zu regelnde Abweichung von der Führungsgrösse dar, mit deren Hilfe über eine Stellvorrichtung 5 der Motorlauf entsprechend verändert

wird. Der Vollständigkeit halber ist die vom Rotor angetriebene Last 8, zu der natürlich auch ein Teil des Motors gehört, noch angegeben.

Am Motor M nimmt ein Tachometer die Information über die Drehzahl ab, ein noch nicht näher bezeichneter Wirkungspfad F, der an späterer Stelle noch eingehend erklärt wird, bereitet die Tachometersignale zu Drehzahl-IST-Werten X_A auf. Die übliche Darstellung von drei direkt aneinandergekoppelten Funktionsblöcken soll den engen Zusammenhang zwischen Motor-Tachometer-Wirkungspfad speziell hervorheben.

In den Ausführungsbeispielen werden Tachometer bzw. Drehzahlfühleinrichtungen verwendet, die Teile des Motors sein können, d.h. der Rotor des Motors ist beispielsweise auch der Tachorotor. Damit kann zwischen dem Drehzahlgeber und dem Motor funktionell wohl ein Unterschied bestehen, der aber konstruktiv oder physisch nicht ganz auseinanderzuhalten ist. Eine weitere enge Verbindung, diesmal auch funktionell, besteht zwischen dem Tachometer 9 und dem Wirkungspfad F, welche beide zusammen den erfindungsgemässen Wandler darstellen.

Mehr im Detail zeigt den erfindungsgemässen Wandler Fig. 2a bzw. 2b. Mit F ist der erwähnte Wirkungspfad bezeichnet, der einen Frequenzgenerator 23 und einen nachgeschalteten Frequenzdiskriminator 26 enthält. Je nach Ausführung dieser beiden Bausteine muss diesen unter Umständen Elemente wie Verstärker, Signalformer usw. zugeordnet werden. Dieser Zusatzaufwand ist durch ein generelles Netzwerk mit einer Black-Box 24 dargestellt. Eine weitere Ausführungsform des Wirkungspfades F weist eine Rückkoppelung zur automatischen Frequenzkontrolle AFC auf, deren Netzwerk 28 aus einem Tiefpass besteht.

In den Fig. 2a und b wird in unterschiedlicher Weise auf den Wirkungspfad F eingewirkt. In einem Fall ist der Geber 9 mit dem Frequenzdiskriminator 26 verbunden (Fig. 2b), im anderen Fall ist der Geber 9 mit dem Frequenzgenerator 23 verbunden (Fig. 2a).

Das Ausführungsbeispiel nach Fig. 2a, in dem der Geber 9 mit dem Frequenzgenerator 23 verbunden ist, zeigt in zwei Varianten je Fig. 3a und Fig. 3b. Aus beiden Darstellungen ist sofort ersichtlich, dass der Geber 9 ein Bestandteil des Frequenzgenerators 23 ist. Ein Teil des Gebers kann auch physischer Teil des Motors M sein, hier ist es der Fall, so dass nur noch funktionell zwischen diesen Bauteilen unterschieden werden kann. Dieser Sachverhalt wurde durch die unübliche Darstellung in Fig. 1 so festgehalten.

Fig. 3a zeigt einen kapazitiven Geber 9 mit einem Rotor 10 und einem Stator 11, wobei der Rotor elektrisch an einem Massepunkt anliegt. Von diesem Massepunkt gesehen bildet der kapazitive Tachometer C mit der in Serie geschalteten Induktivität L einen Serieschwingkreis LC für die gesamte Generatorschaltung 23, deren Restbeschaltung ohne Schwingkreis mit 23' bezeichnet ist. Am Ausgang des Frequenzgenerators erscheint ein drehfrequenz U abhängiges Signal f(U).

Dasselbe gilt auch für den induktiven Geber 9 mit dem aus ferromagnetischem Material bestehenden Rotor 10 und eine Fühlinduktivität 31 im Stator 11. Natürlich sind auch andere Schwingkreisschaltungen brauchbar, in denen eine Induktivität L oder Kapazität C vom Tachometer oder von einem anderen adäquaten Gebermittel gebildet wird.

Der zwischen Rotor und Stator gebildete und durch spezielle geometrische Massnahmen bei Relativbewegung in bestimmtem Masse änderbar gemachte Luftspalt dient beispielsweise beim kapazitiven Geber als Dielektrikum und beim induktiven Geber als massgeblicher Durchflutungswiderstand. Die Lage der drehzahlabhängigen Frequenz ist mit einer Funktion der Rotor- bzw. Statorverzahnung. Bei konstanter Drehzahl sollen möglichst monochromatische Frequenzsignale resultieren; Überlagerungen anderer frequenzbestimmender geometrischer Merkmale, also Artefakte sind dabei unerwünscht. Eine zusätzliche Modu-

lung des Luftspaltes wäre in erster Linie durch eine Abweichung der Konzentrität von Rotor und Stator gegeben, welche zu einem Störeffekt beitragen würde. Zur Erfüllung der Aufgabe müssen Mittel zur Zentrierung des verwendeten Gebers vorgesehen sein.

Fig. 4 zeigt ein Ausführungsbeispiel eines mechanischen Zentriermittels. Der Stator 41 wird quer zur Drehachse des Rotors 40 in der x, y-Ebene verschiebbar angeordnet. Dabei sind beispielsweise ein mechanisches Stellmittel 45, hier eine Schraube 45, eine Schraubenmutter 44 an einer koordinatenfesten Basis 43 vorgesehen. Die Rückstellkräfte übernimmt eine auf der Kraftwirkungslinie der Schraube 45 angeordnete Schraubendruck-/zug-Feder 42, welche zwischen dem Stator 41 und der koordinatenfesten Basis 43 angreift. Nuten 46 deuten lediglich auf eine adäquate Halterung des Stators hin.

Dieselbe Massnahme wird beispielsweise orthogonal dazu in x-Richtung ausgeführt, wodurch eine auf den gesamten Umfang wirksame Zentriermöglichkeit geschaffen ist. Bei grösseren Stellkräften zusammen mit einer eventuell leichten Bauweise des Stators muss mit Verformungen des Stators aus seiner Kreisform gerechnet werden. Verformungen dieser Art sind für weitere Frequenzartefakte verantwortlich. Dem wird damit vorgebeugt, dass der Durchmesser des Stators nicht in den Kraftschluss miteinbezogen wird, beispielsweise indem die Rückstellfeder 42 auf der gleichen Seite des Stators und natürlich in der gleichen gemeinsamen Wirkungslinie angeordnet wird wie die Stellschraube 45.

Die Zentrierung des Stators kann bei fixer geometrischer Anordnung auch elektrisch bewirkt werden, wie dies in den Fig. 5a und b am Beispiel eines kapazitiven Gebers gezeigt ist. Der Stator 11 wird dabei in mehrere kapazitiv wirkende Teile aufgeteilt, also elektrisch in eine Mehrzahl von symmetrisch angeordneten und durch den Rotor 10 und ringsegmentförmige Gegenelektroden gebildete Kondensatoren. Geometrische Asymmetrien zeigen sich dann in verschiedenen Kapazitätswerten, die durch Zuschalten und Trimmen von variablen Kondensatoren perfekt abgeglichen werden können. Selbstverständlich ist die analoge Massnahme auch bei einem ähnlich ausgeführten induktiven Geber möglich, beispielsweise durch zwei gegenüberliegende Sensoren /11/31 oder mehreren Paaren davon.

Konstruktiv einfach ist die in Fig. 5a gezeigte Ausführung, bei der zwei Statorsegmente 11' und 11'' in einer Gegenfaktschaltung miteinbezogen sind. Der Abgleich ist über die beiden in Serie geschalteten Kondensatoren möglich.

Eine weitere Symmetrisierung ist mit der in Fig. 5b gezeigten Schaltung möglich, die eine elektrische Symmetrisierung in alle Richtungen der zur Rotationsachse querstehenden Ebene zulässt. Sie ist das elektrische Pendant zu der in Fig. 4 gezeigten mechanischen Lösung. Das Kondensatorpaar 51x, 52x gleicht beispielsweise eine Abweichung des Statorzentrums vom Rotorzentrum in x-Richtung aus; dabei muss je nachdem eine der beiden zugeordneten Kapazitäten in Hinsicht auf die y-Werte variierbar sein. Bei sehr gutem Abgleich der Brückenschaltung, also bei aufgetrenntem Knoten und bei stehendem Rotor ergeben die Serie- und Parallelkapazitäten im Betriebszustand eine Gesamtkapazität, die als Schwingkreisteil des Frequenzgenerators eine genau der Drehzahl folgende Frequenz erzeugt. Wichtig ist eine genügend feine Auflösung durch die gewählte Anzahl Zähne am Rotorumfang und pro Statorsegment.

Der Geberteil kann auch als eine sich mit der Drehzahl des Antriebes drehende optische Impulsscheibe ausgebildet sein, die abgefühlt ebenfalls eine der Drehzahl folgende Frequenz liefert. Der lichtempfindliche Sensor mit seiner Beschaltung entspräche der Frequenzgenerator-Teilschaltung 23', die Impulsscheibe mit der Lichtquelle dem Geber 9; die ganze Anordnung wäre analog zum Frequenzgenerator 23 im Wirkungspfad F.

Da zur Zeit keine optisch steuerbaren Kapazitäten, sondern nur Halbleiter und Widerstände bekannt sind, müsste der Fre-

quenzgenerator 23 in Form eines astabilen Multivibrators realisiert werden, dessen Frequenz durch ein RC-Glied bestimmt wird.

Dabei wird der Widerstand R als optisch steuerbarer Leitwert ausgeführt.

Der beschriebene Wirkungspfad mit Geber muss natürlich nicht zwangsweise in einem wie in Fig. 1 dargestellten Regelsystem verwendet werden. Wenn auch in der Beschreibung der Erfindung der Wirkungspfad mit Geber lediglich im Zusammenhang mit einem Regelkreis erwähnt wurde, d.h. seine An-

wendung in einer Rückkopplungsschleife, so soll doch noch erwähnt werden, dass derselbe erfindungsgemässe Wirkungspfad mit Geber für Steuerungen herangezogen werden kann. Damit ist eine Steuerung im Sinne eines offenen Regelkreises gemeint.

5 Der Wirkungspfad mit Geber erlaubt eine getreuliche Abbildung der auf den Geber wirkenden Funktion; im vorgelegten Beispiel ist dies eine Drehzahl, wobei die am Ausgang des Wirkungspfades erscheinende elektrische Grösse als IST-Wert einer weiteren Verwendung zur Regelung zugeführt wird.

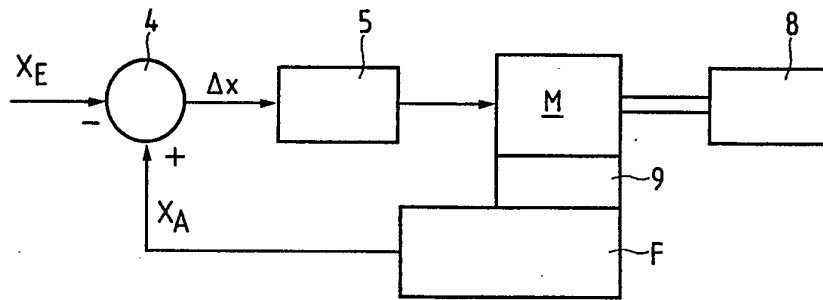


FIG. 1

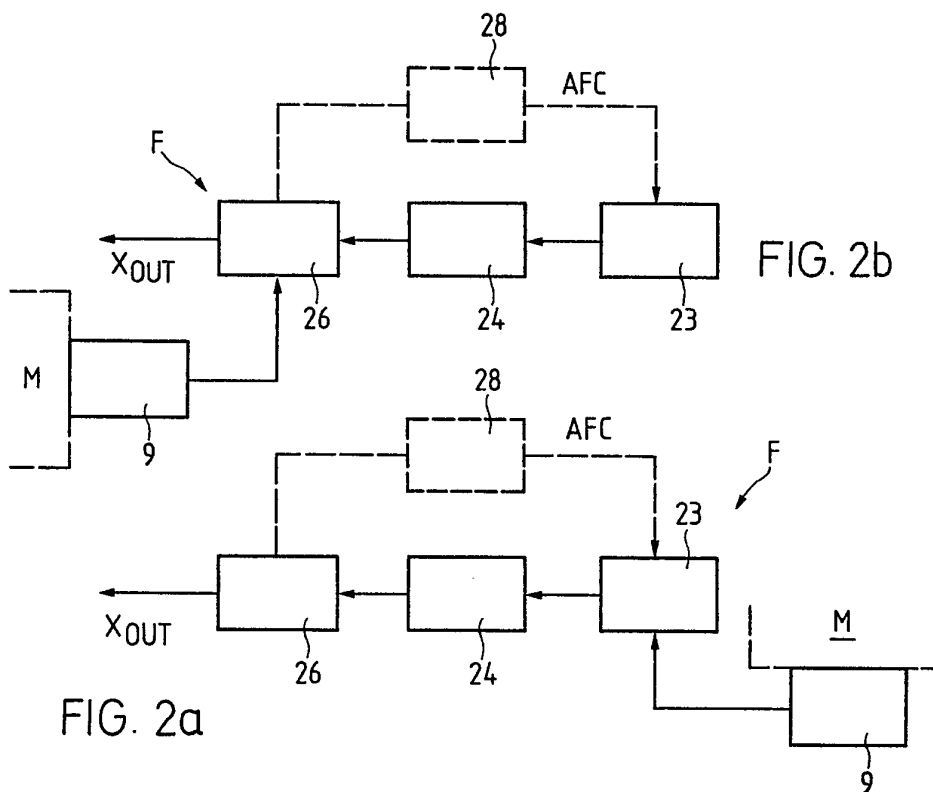
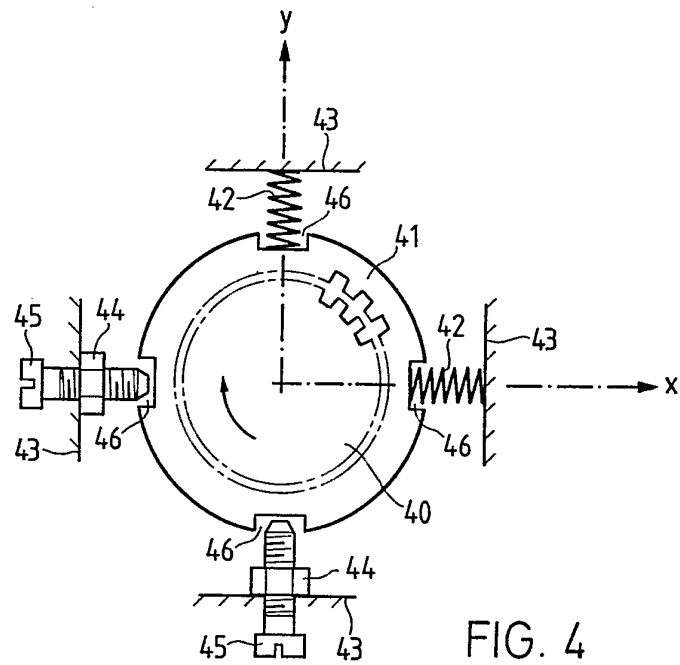
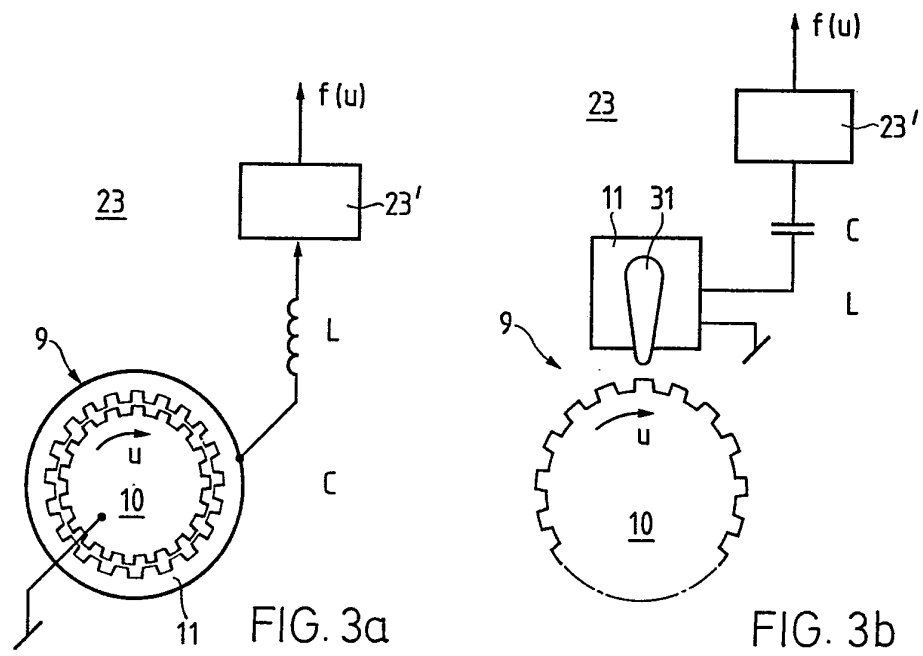


FIG. 2a

FIG. 2b



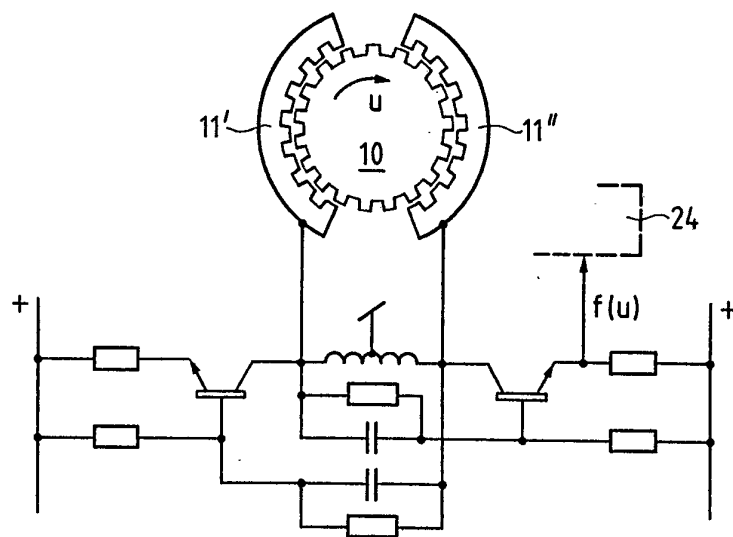


FIG. 5a

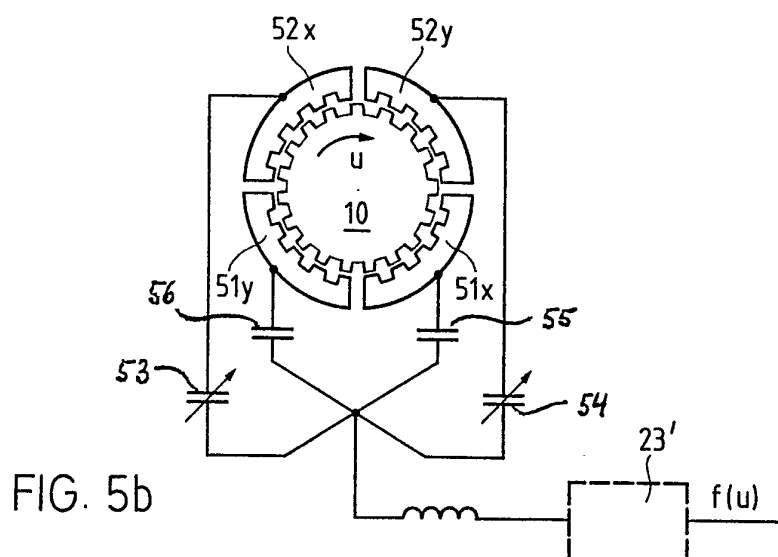


FIG. 5b