

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

11

Veröffentlichungsnummer:

0 027 856
A1

12

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

21

Anmeldenummer: 80104425.6

51

Int. Cl.³: G 04 C 3/00, H 02 P 5/28

22

Anmeldetag: 28.07.80

30

Priorität: 19.09.79 DE 2937838

71

Anmelder: Braun Aktiengesellschaft, Rüsselsheimer Strasse 22, D-6000 Frankfurt/Main (DE)

43

Veröffentlichungstag der Anmeldung: 06.05.81
Patentblatt 81/18

72

Erfinder: Hoffmann, Harald, Dr., Kronberger Strasse 7, 6240 Königstein 2 (DE)
Erfinder: Raducanu, Dan-Cornellu, Friedrich-Ebert-Strasse 34, D-6930 Eberbach (DE)

84

Benannte Vertragsstaaten: CH FR GB LI

74

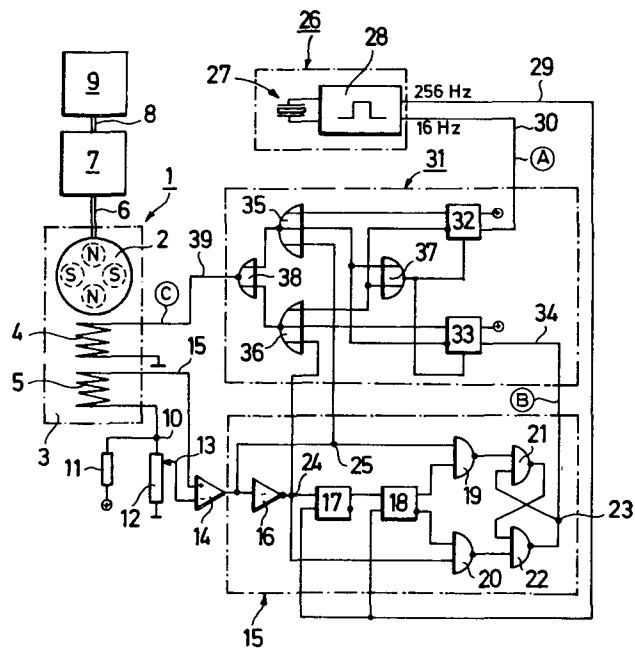
Vertreter: Einsele, Rolf et al, Braun Aktiengesellschaft Postfach 1120, D-6242 Kronberg/Taunus (DE)

54

Verfahren und Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren.

57

Ein Verfahren zur Regelung von Drehzahl- und Phasenlage bei Synchronmotoren, insbesondere für Reaktionsmotoren von Uhren, soll ohne merkliche Totzeiten arbeiten, auf ein stoßartiges Gegendrehmoment sofort mit einer entsprechenden Erhöhung der Antriebsleistung reagieren und dennoch im zeitlichen Mittel eine geringstmögliche Leistungsaufnahme ergeben. Die Bewegung des Läufers (2) gegenüber dem Ständer (3) wird mittels einer induktiven Sensorwicklung (5) erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umgesetzt, die von einem Impulsgenerator (26) erzeugten konstanten Impulse (A) mit den Sensorimpulsen (B) nach Breite und Phasenlage verglichen und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse (C) erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird.



Verfahren und Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Anordnung zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebsimpulsen beaufschlagten Fedwicklung, insbesondere bei Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren, unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse konstanter Frequenz und Breite erzeugt.

Bei Synchronmotoren, insbesondere bei solchen auf dem Gebiet der Feinwerk-
10 technik ist es häufig erforderlich, eine möglichst konstante Drehzahl und/oder eine möglichst konstante Anzahl von Umdrehungen in einer angegebenen Zeitspanne einzuhalten. Bei impulsgetriebenen Synchronmotoren ist es zusätzlich wünschenswert, auch die Phasenlage der Läuferpole zu den Impulsen, mit der die Feldwicklung beaufschlagt wird, möglichst konstant zu
15 halten, zumal eine zu starke Phasenverschiebung häufig der Anfang einer bleibenden Drehzahlabweichung ist, wenn zum Beispiel die Antriebsimpulse die Pole des Läufers um ganzzahlige Vielfache "überholen", ein Vorgang, den man auch als Polsprung bezeichnen kann.

Abweichungen hinsichtlich Drehzahl und Phasenlage sind sowohl auf innere
20 wie auf äußere Einflüsse zurückzuführen. Hierzu gehören unterschiedliche Lastmomente, Reibungskräfte und Massekräfte, die auf ein rotierendes System mit entsprechender Massenträgheit einwirken können. Der zuletzt genannte Fall ist insbesondere bei transportablen Uhren und darunter wieder insbesondere bei Armbanduhren gegeben. Eine Stoßempfindlichkeit des Antriebs-

...

systems kann zu bleibenden Standabweichungen führen, die sich im Laufe der Zeit zu untragbaren Anzeigefehlern addieren können. Man kann solchen Einflüssen durch eine entsprechende Auslegung des Motors und der Regelung entgegenwirken. Hiermit ist jedoch eine erhöhte Leistungsaufnahme des Motors verbunden, die bei Batterieantrieb entweder zu einem häufigen Batterie-
5 wechsel oder zu großdimensionierten Batterien führt. Beides ist insbesondere bei Uhren unerwünscht; großvolumige Batterien sind bei Armbanduhren, insbesondere bei Damenuhren untragbar.

Zum Stand der Technik gehören reaktive Synchronmotoren mit mindestens einer
10 Feldwicklung, die mit einer Wechselspannung beaufschlagt wird, die synchron zur rotatorischen Bewegung des durch den Läufer erzeugten magnetischen Feldes ist. Neben einer hohen Leistungsaufnahme hat ein solcher Motor den Nachteil, daß ein durch einen Polsprung verlорerener Impuls nicht mehr einzuholen ist. Ein solches System kann die Anzahl der Umdrehungen in einer vorgegebenen
15 Zeitspanne nicht konstant halten.

Durch die DE-OS 23 05 682 ist es bekannt, einen Uhrenantrieb mit zwei sich hinsichtlich der Frequenz geringfügig unterscheidenden Impulsfolgen untereinander gleicher Impulsbreite zu beaufschlagen, von denen die eine Impulsfolge eine kleinere und die andere Impulsfolge eine größere Frequenz auf-
20 weist, als dies theoretisch für eine absolute Ganggenauigkeit erforderlich wäre. Durch geregelte, unterschiedliche relative Einschaltdauer der beiden Impulsfolgen über eine längere Zeitspanne pendelt die Antriebsdrehzahl um einen mittleren Wert. Soweit ein Antrieb durch einen Synchronmotor erwähnt ist, soll die Drehzahländerung des Motors durch Änderung der zugeführten
25 Energie erfolgen, wobei offenbar an zwei unterschiedliche, mittlere, aber in sich konstante Energiepegel gedacht ist. Man kann ein derartiges Regelsystem mit einem Zweipunktregler vergleichen. Der Nachteil des bekannten Systems liegt in einer erheblichen Totzeit, da der Regler bei stoßartigen Gegendrehmomenten nicht schnell genug eingreift. Dadurch besteht die Ge-
30 fahr, daß die Drehzahl unter eine Grenze absinkt, die zu einer nicht mehr aufzuholenden Nacheilung führt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Regelverfahren und eine An-

...

ordnung anzugeben, die ohne merkliche Totzeiten arbeiten, auf ein stoßartiges Gegendrehmoment sofort mit einer entsprechenden Erhöhung der Antriebsleistung des Motors reagieren und dennoch im zeitlichen Mittel eine geringstmögliche Leistungsaufnahme mit sich bringen.

- 5 Die Lösung der gestellten Aufgabe erfolgt bei dem eingangs angegebenen Regelverfahren erfindungsgemäß dadurch, daß man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse (des Impulsgenerators) mit den Sensor-
- 10 impulsen nach Länge und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Voreilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird. Beim Erfindungsgegenstand liefert also der
- 15 Impulsgenerator, beispielsweise in Quarzoszillator, nicht die eigentlichen Antriebsimpulse, sondern nur Steuerimpulse, welche die Vergleichsgrundlage bilden. Hieran werden die Sensorimpulse nach Breite und Phasenlage gemessen, wobei es sich ergibt, daß eine zunehmende Impulsbreite auch eine zunehmende Phasenverschiebung signalisiert, weil nämlich die Polbewegung des Läufers,
- 20 die je nach Polzahl der Drehzahl proportional ist, hinter der Impulsfrequenz zurückbleibt oder ihr vorseilt. Die Breite der Antriebsimpulse ist dabei dem Maß der Phasenverschiebung proportional. Da die Breite der Antriebsimpulse auch der Leistungsaufnahme des Motors entspricht, wird hierdurch die Motorleistung unverzüglich, d.h. bei Beginn einer Phasenverschiebung dem Leistungsbedarf angepaßt, so daß unvertretbare Phasenverschiebungen sofort ausgeregelt werden. Durch die Erfassung der Phasenlage der
- 25 Sensorimpulse gegenüber den Generatorimpulsen wird ausserdem festgestellt, welches Vorzeichen die Phasenverschiebung hat, bzw., ob der Läufer voroder nacheilt. Der Zeitpunkt der Erzeugung der Antriebsimpulse wird dabei
- 30 gegenüber der jeweiligen Polstellung so gewählt, daß entweder eine Bremsoder eine Beschleunigungswirkung auf den Läufer ausgeübt wird.

Durch die angegebenen Maßnahmen wird eine quasi-kontinuierliche Proportionalregelung erzielt, die praktisch keine Totzeit besitzt, so daß ein stoß-

...

artiges Gegendrehmoment äußerst kurzfristig, d.h. innerhalb von einem oder zwei Arbeitsimpulsen ausgeglichen werden kann. Der Leistungsbedarf richtet sich dabei ausschließlich nach den äußeren Belastungen; er ist im Ruhezustand des Systems ein Minimum.

- 5 Für den Fall, daß durch ein übergroßes stoßartiges Drehmoment doch einmal ein oder mehrere Impulse nicht zu dem gewünschten Polwechsel führen, also einen Polsprung zur Folge haben, kann das Regelverfahren den Motor zur maximalen Leistungsentfaltung bringen, durch welche der Polsprung wieder aufgearbeitet wird. Dies geschieht gemäß der weiteren Erfindung dadurch, daß
- 10 man zusätzlich die konstanten Impulse (des Generators) und die Sensorimpulse pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvorteilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Bremsmoments und bei einer Polnacheilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.
- 15 Die Erfindung bezieht sich auch auf eine Anordnung zur Durchführung des eingangs angegebenen Verfahrens. Diese Anordnung enthält zunächst in herkömmlicher Weise einen Synchronmotor, insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impulsgenerator für die Erzeugung von
- 20 Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen.

- Eine solche Anordnung ist gemäß der weiteren Erfindung dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer eine vom Läufer beeinflussbare Sensorwicklung angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator zur Umsetzung der Sensorsignale
- 25 in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge des Impulsgenerators und des Komparators einem Phasenvergleichler aufgeschaltet sind, in dem die Sensorimpulse hinsichtlich der Lage der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulsen des Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasenverschiebung (Polnacheilung)
- 30 dieser proportionale beschleunigende Antriebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung) dieser proportionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind, welche Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen

...

synchronisiert sind, und daß der Ausgang des Phasenvergleichers der Feldentwicklung aufgeschaltet ist.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen des Erfindungsgegenstandes sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

- 5 Ein Ausführungsbeispiel des Erfindungsgegenstandes und seine Wirkungsweise werden nachfolgend anhand der Figuren 1 bis 7 näher beschrieben.

Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Synchronmotors mit der gesamten Regelanordnung,

10 Fig. 2 eine Impulsfolge des Impulsgenerators,

Fig. 3 - 7 jeweils im oberen Diagramm die Sensorimpulse und im unteren Diagramm die sich aus dem Vergleich mit den Generatorimpulsen gemäß Fig. 2 ergebenden Antriebsimpulse für unterschiedliche Phasen- und Drehzahlabweichungen bzw. Pol-
15 sprünge.

In Fig. 1 ist schematisch ein Synchronmotor 1 dargestellt, der einen Läufer 2 und einen Ständer 3 aufweist, in dem eine Feldwicklung 4 und eine Sensorwicklung 5 untergebracht sind. Der Synchronmotor ist als Reaktionsmotor oder reaktiver Motor ausgebildet, d.h. der Läufer 2 enthält durch Permanentmagne-
20 nete gebildete Pole, die abwechselnd angeordnet und mit N und S bezeichnet sind. Durch Beaufschlagung der Feldwicklung 4 mit Impulsen, die beispielsweise eine Frequenz von 16 Hz aufweisen, läßt sich der Läufer 2 auf eine der Polpaarzahl und der Frequenz entsprechende Drehzahl bringen, im dargestellten Falle also auf acht Umdrehungen pro Sekunde. Der Anlauf des Läufers
25 2 wird durch nicht dargestellte Hilfsmittel ermöglicht, die ebenso wie das Prinzip des Synchronmotors Stand der Technik sind. Die Umdrehungen des Läufers 2 werden über eine Welle 6 auf ein Getriebe 7 und von diesem über eine Welle 8 auf ein Anzeigesystem 9 übertragen, welches beispielsweise

...

eine Analoganzeige mittels mehrerer Zeiger und einem Ziffernblatt ermöglicht.

Die Sensorwicklung 5 wird durch eine Induktionsspule gebildet, die ebenso wie die Feldwicklung 4 im Einflußbereich der Magnetlinien der Pole N und S des Läufers 2 liegt. Ein Ausgang der Sensorwicklung 5 liegt an einem Anschluß 10 eines Spannungsteilers, der aus den Widerständen 11 und 12 besteht. Vom Widerstand 12 führt ein Abgriff 13 in gleicher Weise zu einem Komparator 14 wie der zweite Ausgang 15 der Sensorwicklung 5.

Bei der Rotation des Läufers 2 schneiden die Magnetfeldlinien der Pole N und S periodisch die Sensorwicklung 5, wodurch am Eingang des Komparators 14 eine sinusförmige Spannung mit Nulldurchgängen, das sogenannte Sensorsignal, erzeugt wird. Im Komparator 14, der auch als Impulsformer bezeichnet werden kann, wird das Sensorsignal in Rechteckimpulse umgesetzt, deren senkrechte Flanken an der Stelle der Nulldurchgänge des Sensorsignals liegen. An der Stelle der positiven Kurvenzüge des Sensorsignals liegen die Rechteckimpulse; an der Stelle der negativen Kurvenzüge des Sensorsignals befinden sich die Intervalle zwischen den Impulsen.

Der Ausgang des Komparators 14 ist einer Entprellstufe 15 aufgeschaltet, welches die Aufgabe hat, kurze Störimpulse, die durch eine Einstreuung aus der Feldwicklung 4 in die Sensorwicklung 5 entstehen, zurückzuhalten. Die Entprellstufe 15 enthält einen Inverter 16 und zwei D-Flip-Flops vom Typ MC 14013 (sämtliche hier genannten Typenbezeichnungen sind Katalogware der Firma Motorola/USA). Außerdem besitzt die Entprellstufe zwei NAND-Gatter 19 und 20 des Typs MC 14011 und zwei NAND-Gatter 21 und 22 des gleichen Typs, die aufgrund ihrer Schaltung ein weiteres Flip-Flop bilden. Die Ausgänge der NAND-Gatter 21 und 22 sind an einen gemeinsamen Anschluß 23 gelegt. Die genannten Teile sind auf die gezeigte Weise geschaltet, so daß auf eine eingehende textliche Erläuterung der Leitungsführung verzichtet werden kann. Von Bedeutung sind noch die Anschlüsse 24 und 25 für die Verbindung mit den nachfolgenden Schaltkreisen.

Der gesamten Anordnung ist noch ein Impulsgenerator 26 zugeordnet, der

einen Quarzoszillator 27 und einen Frequenzteiler 28 mit zwei Ausgängen aufweist, an denen Rechteckimpulse mit Frequenzen von beispielsweise 16 Hz und 256 Hz anstehen. Der Ausgang mit der Frequenz von 256 Hz ist über eine Leitung 29 mit den entsprechenden Eingängen der D-Flip-Flops 17 und 18 verbunden.
5

Derjenige Ausgang des Frequenzteilers 28, an dem die Frequenz von 16 Hz ansteht, ist über eine Leitung 30 mit einem Phasenvergleichler 31 verbunden, und zwar dort mit einem D-Flip-Flop 32 des Typs MC 14013. Ein weiterer D-Flip-Flop 33 des gleichen Typs ist über eine Leitung 34 mit dem Anschluß 23
10 der Entprellstufe 15 verbunden. Zum Phasenvergleichler 31 gehören noch zwei NOR-Gatter 35 und 36 des Typs MC 14025 sowie zwei weitere NOR-Gatter 37 und 38 des Typs MC 14001. Auch die Teile des Phasenvergleichlers 31 sind auf die gezeigte Weise geschaltet, wobei noch erwähnenswert ist, daß ein Eingang des NOR-Gatters 35 mit dem Anschluß 25 und ein Eingang des NOR-Gatters 36 mit
15 dem Anschluß 24 der Entprellstufe 15 verbunden sind. Der Ausgang des NOR-Gatters 38 ist über eine Leitung 39 mit der Feldwicklung 4 verbunden, deren andere Seite an Masse gelegt ist.

Die Wirkungsweise der Anordnung gemäß Fig. 1 wird im Zusammenhang mit den Figuren 2 - 7 näher erläutert. Die Buchstaben A, B und C am rechten Rand
20 der Figuren 2 - 7 beziehen sich auf die entsprechend gekennzeichneten Stellen der Leitungsführung in Fig. 1, d.h. an den betreffenden Stellen stehen unter den nachfolgend erläuterten Betriebsbedingungen Impulse an, die den in den Figuren 2 - 7 dargestellten Impulsen entsprechen.

In Fig. 2 sind die Generatorimpulse mit der Frequenz 16 Hz dargestellt. Mit
25 dieser Frequenz wird der eine Eingang des D-Flip-Flops 32 des Phasenvergleichlers 31 beaufschlagt. Die betreffende Impulsfolge A wird mit der Impulsfolge verglichen, die aufgrund der Rotation des Läufers 2 in der Sensorwicklung 5 induziert und nach entsprechender Signalverarbeitung am Anschluß 23 (Stelle B) der Entprellstufe 15 ansteht. Die beiden Impulsfolgen werden
30 miteinander verglichen, und zwar ist die Ausgangsfrequenz des Impulsgenerators 26 die (konstante) Sollfrequenz und die Impulsfrequenz an der Stelle B die sogenannte Istfrequenz. Beide Frequenzen sind im Normalfall gegenein-

...

ander phasenverschoben. Abhängig von der Phasenverschiebung zwischen den beiden Frequenzen bzw. der Differenz zwischen der Anzahl der Generatorimpulse (a) und der Sensorimpulse (B) über einen vorgegebenen Zeitraum wird eine Folge von Antriebsimpulsen auf der Leitung 39 gebildet (C), deren unterschiedliches Aussehen in Abhängigkeit von Betriebsbedingungen anhand der Figuren 3 bis 7 (jeweils unteres Diagramm) näher erläutert wird. Die Antriebsimpulse werden dabei synchron mit den Sensorimpulsen gebildet; sie liegen aber nur innerhalb deren Flanken und erstrecken sich nicht notwendigerweise über die gesamte Breite der Sensorimpulse. Die Breite der Antriebsimpulse ist dabei sowohl von der Phasenverschiebung als auch von der Differenz zwischen der Sollfrequenz und der Istfrequenz abhängig. Die Lage der Antriebsimpulse am Anfang und/oder am Ende der Sensorimpulse ist dabei abhängig vom Vorzeichen der Phasenverschiebung bzw. von einer Voreilung oder Nacheilung. Je nach der relativen Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen wird ein bremsendes oder beschleunigendes Drehmoment erzeugt, dessen Größe wiederum proportional der Phasenverschiebung und der Frequenzdifferenz ist. Unter "Antriebsimpulse" werden auch solche Impulse verstanden, die einen negativen Antrieb, d.h. eine Abbremsung bewirken.

In Fig. 3 sind die Sensorimpulse (B) gegenüber den Generatorimpulsen (A) phasenverschoben und breiter, was auf eine abgesunkene Drehzahl schließen läßt. Die Nacheilung des Läufers nimmt zu, und die positive Phasenverschiebung nimmt von φ_1 zu φ_2 zu. Aufgrund des Vergleichs im Phasenvergleich 31 entsteht dadurch eine Folge von Antriebsimpulsen mit zunehmender Breite, die der Phasenverschiebung proportional sind. Diese Antriebsimpulse treten am Ende eines jeden Sensorimpulses auf, der ja auch die Lage des betreffenden Pols, der den Sensorimpuls erzeugt, zur Feldwicklung 4 anzeigt. Dies geschieht aufgrund der in Fig. 1 gezeigten räumlichen Lage von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 zueinander, die in einer gemeinsamen, radial zum Läufer 2 verlaufenden Ebene angeordnet sind. Dies kann besonders zweckmäßig in der Weise geschehen, daß die Achsen von Feldwicklung 4 und Sensorwicklung 5 koaxial zueinander ausgerichtet sind und mit einem Radius des Läufers 2 übereinstimmen. Durch die Lage der Antriebsimpulse zu den Sensorimpulsen und damit zu den Polen wird ein beschleunigender Antriebsimpuls erzeugt, was sym-

...

bolisch durch ein "+" angedeutet ist. Diese Impulse haben die Wirkung, die Phasenverschiebung kleinstmöglich zu machen, d.h. auf einen Wert zu bringen, der durch die stationären Antriebsverluste bis zum Anzeigesystem 9 bedingt ist.

- 5 Auch Fig. 4 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B), die den Generatorimpulsen (A) nacheilen, d.h., die Phasenverschiebung ist positiv und progressiv. Dies ist ein Zeichen dafür, daß die Istfrequenz sehr viel stärker von der Sollfrequenz abweicht, ein Vorgang, der durch ein besonders starkes stoßartiges Drehmoment eintreten kann. Aufgrund eines Vergleichs der Sensorimpulse (B) mit den Generatorimpulsen (A) im Phasenvergleich 31 werden
10 Antriebsimpulse (C) gebildet, die entsprechend breiter sind, wie dies durch den schraffierten Impuls in Fig. 4 angedeutet ist. Der betreffende Antriebsimpuls erzeugt ein sehr viel stärkeres beschleunigendes Drehmoment, um die Phasenverschiebung φ_2 wieder zu verringern. Auch hier die beschleunigende Wirkung des Antriebsimpulses durch die relative Lage zum Sensorimpuls bzw. zum Pol
15 bedingt.

- Fig. 5 zeigt eine Folge von Sensorimpulsen (B) die gegenüber den Generatorimpulsen (A) voreilt, d.h. die Phasenverschiebung ist negativ. Durch den beschriebenen Vergleich wird nunmehr im Phasenvergleich 31 eine Folge von Antriebsimpulsen (C) erzeugt, die eine solche Lage zu den Sensorimpulsen bzw.
20 Polen haben, daß ein bremsendes Drehmoment erzeugt wird. Dies ist durch ein "-" angedeutet. Diese bremsenden oder negativen Antriebsimpulse erzeugen eine weitgehende Wiederherstellung der Übereinstimmung von Generator- und Sensorimpulsen.

- In den Figuren 3, 4 und 5 sind Verhältnisse dargestellt, bei denen noch kein
25 Polsprung " ε " stattgefunden hat, der als Umdrehungsabweichung : Polpaarabstand, jeweils in Winkelgraden angegeben, definiert wird. Mit anderen Worten: eine Zählung von Generator- und Sensorimpulsen führt zu einer Übereinstimmung der Impulszahlen.

- Anders ist dies in dem anhand von Fig. 6 und 7 erläuterten Fall. Hierbei
30 wurde durch den Phasenvergleich festgestellt, daß z.B. aufgrund extrem starken äußerer stoßartiger Drehmomente eine Polvoreilung oder Polnacheilung einge-

...

leitet worden ist, die größer ist als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes. Dies bedeutet, daß entweder die Generatorimpulse die Sensorimpulse und damit die Pole "überholt" haben (Polnacheilung), oder umgekehrt (Polvoreilung). Dieser Zustand wäre durch eine einfache Porportionalregelung, wie sie an-

5 hand der Figuren 3, 4 und 5 erläutert wurde nicht wieder zu beseitigen, da eine derartige einfache Regelung einen Polsprung nicht feststellen kann. Diesen Umstand beseitigt jedoch die besondere Ausführungsform des Erfindungsgegenstandes, wonach der Phasenvergleicher 31 in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes

10 (Polsprung $\mathcal{E} = -1, -2, -3, \dots$) bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen, und bei einer Polnacheilung größer als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung $\mathcal{E} = 1, 2, 3, \dots$) beschleunigende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen erzeugbar sind.

15 Die betreffenden Vorgänge sind in den Figuren 6 und 7 dargestellt.

Bei dem Betriebszustand, dessen Auswirkungen in Fig. 6 dargestellt sind, liegt ein Polsprung in Form einer Polnacheilung um ein ganzzahliges Vielfaches vor, d.h. die Folge der Generatorimpulse hat die Folge der Sensorimpulse überholt. In diesem Fall wird ein Antriebsimpuls (C) in voller Brei-

20 te des Sensorimpulses und synchron mit diesem erzeugt, der aufgrund seines hohen Drehmoments die Polnacheilung wieder aufhebt, d.h. der Läufer 2 wird kurzzeitig so stark beschleunigt, daß der Polsprung zu Null wird.

Bei dem Betriebszustand gemäß Fig. 7, liegt ein Polsprung in Form einer Polvoreilung vor, d.h. die Folge der Sensorimpulse hat die Folge der Generatorimpulse überholt. Im Phasenvergleicher 31 werden nunmehr durch den bereits

25 beschriebenen Vergleich Antriebsmomente mit starker bremsender Wirkung erzeugt, die den Polsprung wieder aufheben.

Es ist dabei anzustreben, den Polsprung \mathcal{E} nicht größer als 1 werden zu lassen insbesondere dann, wenn eine Polnacheilung beseitigt werden soll. Für den

30 Fall einer Polvoreilung kann es jedoch zur Verminderung der elektrischen Antriebsleistung zweckmäßig sein, größere Polsprünge zuzulassen und diese suk-

...

zessive auszuregeln, da eine Abbremsung des Läufers 2 durch die Reibungskräfte ohnehin erfolgt.

Die Anordnung gemäß Fig. 1 kann für Batteriespannungen über 3 Volt mit herkömmlichen CMOS-Schaltkreisen aufgebaut werden (Complementary Metal Oxide
5 Semiconductor-Circuits). Die Verbindung der Batterie mit der Anordnung gemäß Fig. 1 ist nicht besonders dargestellt, sondern nur durch "⊕" dargestellt.

Mit der dargestellten Anordnung sind nur einfache Polsprünge ($\mathcal{E} = \pm 1$) erfaßbar. Sofern mehrfache Polsprünge ($\mathcal{E} = \pm 2, 3, \dots$) ausgeregelt werden
10 sollen, sind die Flip-Flops 32 und 33 durch Auf-Abwärts-Zähler oder durch Rechts-Links-Schieberegister zu ersetzen.

...

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Verfahren zur Regelung von Drehzahl und Phasenlage bei Synchronmotoren mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer mit Antriebsimpulsen beaufschlagten Feldwicklung, insbesondere bei Reaktionsmotoren von zeithaltenden Geräten wie Uhren, unter Verwendung eines Impulsgenerators, der Impulse konstanter Frequenz und Breite erzeugt, dadurch gekennzeichnet, daß man die Polbewegung gegenüber dem Ständer mittels einer induktiven Sensorwicklung erfaßt und die Sensorsignale in entsprechende, im wesentlichen rechteckige Sensorimpulse umsetzt, daß man die konstanten Impulse mit den Sensorimpulsen nach Breite und Phasenlage vergleicht und synchron mit den Sensorimpulsen Antriebsimpulse erzeugt, deren Breite der Phasenverschiebung proportional und deren Phasenlage gegenüber den Polen so gewählt ist, daß bei einer Vor-eilung der Pole ein Bremsmoment und bei einer Nacheilung ein Beschleunigungsmoment erzeugt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man zusätzlich die konstanten Impulse und die Sensorimpulse pro Zeiteinheit zählt und bei einer Polvoreilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Bremsmoments und bei einer Polnacheilung einen Antriebsimpuls in voller Breite des Sensorimpulses zur Erzeugung eines Beschleunigungsmoments bildet.
3. Anordnung zur Durchführung des Verfahrens nach Anspruch 1, enthaltend einen Synchronmotor, insbesondere einen Reaktionsmotor, mit einem Läufer mit mindestens einem Polpaar und mit einem Ständer mit mindestens einer Feldwicklung, einen Impulsgenerator für die Erzeugung von Impulsen konstanter Frequenz und Breite sowie eine Einrichtung zur Beaufschlagung der Feldwicklung mit Antriebsimpulsen, dadurch gekennzeichnet, daß im Ständer (3) eine vom Läufer (2) beeinflussbare Sensorwicklung (5) angeordnet ist, deren Ausgang einem Komparator (14) zur Umsetzung der Sensorsignale in rechteckige Sensorimpulse aufgeschaltet ist, daß die Ausgänge

...

- des Impulsgenerators (26) und des Komparators (14) einem Phasenvergleichs-
(31) aufgeschaltet sind, und in dem Sensorimpulse hinsichtlich der Lage
der Impulsflanken und der Impulsbreite mit den konstanten Impulse des
Impulsgenerators vergleichbar sind, und in dem bei einer positiven Phasen-
5 verschiebung (Polnacheilung) dieser proportional, beschleunigende An-
triebsimpulse und bei einer negativen Phasenverschiebung (Polvoreilung)
dieser proportionale, bremsende Antriebsimpulse erzeugbar sind, welche
Antriebsimpulse mit den Sensorimpulsen synchronisiert sind, und daß der
Ausgang des Phasenvergleichers der Feldwicklung (4) aufgeschaltet ist.
- 10 4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Phasenvergleich-
cher (31) in der Weise ausgelegt ist, daß bei einer Polvoreilung größer
als ganzzahlige Vielfache des Polabstandes (Polsprung $\epsilon = -1, -2, -3, \dots$)
bremsende Antriebsimpulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron
mit diesen, und bei einer Polnacheilung größer als ganzzahlige Vielfache
15 des Polabstandes (Poksprung $\epsilon = 1, 2, 3, \dots$) beschleunigende Antriebs-
impulse in voller Breite der Sensorimpulse und synchron mit diesen er-
zeugbar sind.
5. Anordnung nach den Ansprüchen 3 und 4, dadurch gekennzeichnet, daß der
Phasenvergleichs (31) aus zwei D-Flip-Flops (32, 33) und vier NOR-
20 Gattern (35, 36, 37, 38) besteht, die in der in Fig. gezeigten Weise ge-
schaltet sind.
6. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Aus-
gang des Konverters (14) und dem Phasenvergleichs (31) eine Entprell-
stufe (15) für die Abtrennung von Störimpulsen angeordnet ist, welche
25 durch induktive Ankopplung der Sensorwicklung (5) an die Feldwicklung (4)
in der Sensorwicklung entstehen.
7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Entprellstufe
(15) aus zwei D-Flip-Flops (17, 18), zwei NAND-Gattern (19, 20) und zwei
NAND-Gattern (21, 22) in Flip-Flop-Schaltung besteht, die in der der
30 in Fig. 1 gezeigten Weise geschaltet sind, wobei den D-Flip-Flops (17, 18)
ein Ausgang des Impulsgenerators (26) aufgeschaltet ist.

...

8. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) in einer gemeinsamen, radial zum Läufer (2) verlaufenden Ebene angeordnet sind.
- 5 9. Anordnung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Achsen von Feldwicklung (4) und Sensorwicklung (5) miteinander und mit einem Radius des Läufers (2) übereinstimmen.

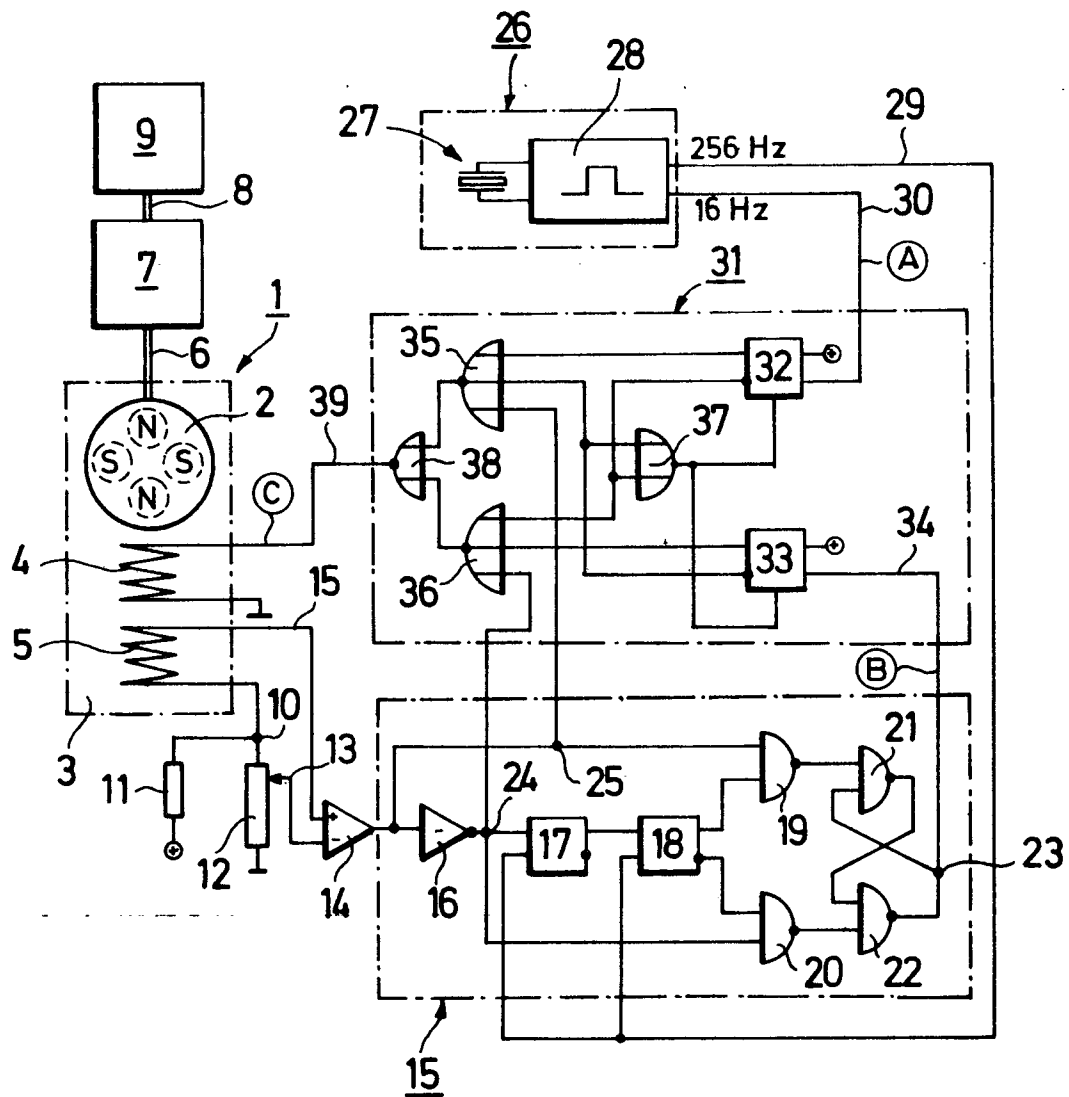
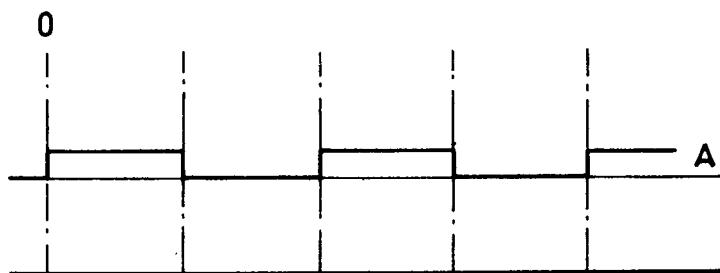
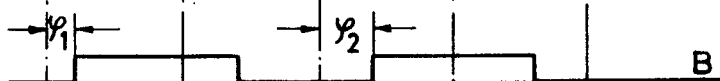
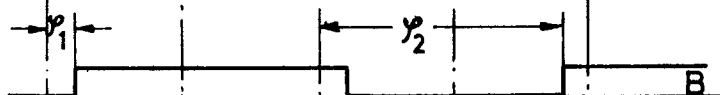
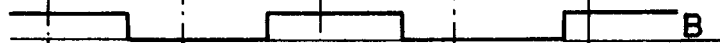
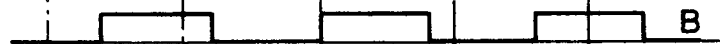
FIG. 1

FIG. 2FIG. 3FIG. 4FIG. 5FIG. 6FIG. 7



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. ³)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
X	CH - A - 459 334 (DEUTSCHE POST, RUND- FUNK- UND FERNSEHTECHNISCHES ZENTRAL- AMT) * Spalte 4, Zeile 14 bis Spalte 6, Zeile 6 *	1-4	G 04 C 3/00 H 02 P 5/28
	DE - A1 - 2 504 478 (J.-C. BERNEY S.A.) * Seite 2, Absatz 2 und folgende *	1,3,8, 9	
	US - A - 3 855 781 (H. CHIHARA et al.) * Spalte 3, Zeile 46 bis Spalte 4, Zeile 38 *	1,3	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. ³)
	DE - B2 - 1 588 329 (IBM CORP.) * Spalte 3, Zeile 58 bis Spalte 4, Zeile 27 *	1,3	G 04 C 3/00 G 04 C 15/00 H 02 P 5/00 H 02 P 7/00 H 02 P 8/00
A	DE - B2 - 2 125 224 (FORSCHUNGSGESELL- SCHAFT FÜR UHREN- UND FEINGERÄTE- TECHNIK) * Spalte 5, Zeile 4 und folgende *		KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
A	DE - A1 - 2 550 153 (PLESSEY HANDEL UND INVESTMENTS AG) * Seite 4, letzter Absatz und Fort- setzung Seite 5 *		X: von besonderer Bedeutung A: technologischer Hintergrund O: mündliche Offenbarung P: Zwischenliteratur T: der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E: kollidierende Anmeldung D: in der Anmeldung angeführtes Dokument L: aus andern Gründen angeführtes Dokument &: Mitglied der gleichen Patent- familie, übereinstimmendes Dokument
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Berlin	23-01-1981	GESSNER	