



(12)

# PATENTSCHRIFT

(21) Anmeldenummer: 1076/96

(51) Int.Cl.<sup>6</sup> : **G04C 3/02**  
G04B 17/02

(22) Anmeldetag: 18. 6.1996

(42) Beginn der Patentdauer: 15.10.1997

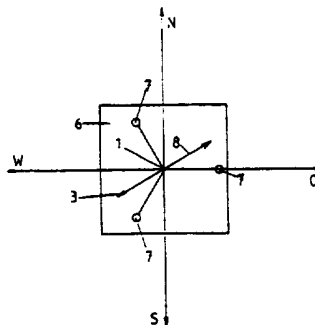
(45) Ausgabetag: 25. 6.1998

(73) Patentinhaber:

STÜGNER HERBERT DR.  
A-9061 KLAGENFURT, KÄRNTEN (AT).  
HOSCHEK ROBERT DIPL.ING.  
A-6845 HOHENEMS, VORARLBERG (AT).

(54) PENDEL, DESSEN SCHWINGUNGSEBENE UND IMPULS MITTELS ELEKTROMAGNETISCHER KRÄFTE STEUERBAR IST

(57) Pendel, dessen Schwingungsebene (8) und Impuls mittels elektromagnetischer Kräfte steuerbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß das Pendel in Entfernung von seiner Aufhängung (1) einen Magnet (Pendelgewicht 3) aufweist, daß im Schwingbereich des Magnets wenigstens drei Meß- und Steuerelemente (7) angeordnet sind, daß eine Meßvorrichtung für die vom Magnet in den Meßelementen induzierten Spannungen vorgesehen ist und daß die Steuerelemente in Abhängigkeit von den gemessenen Spannungen und deren zeitliche Abfolge und nach einem Rechenprogramm zur Abgabe der benötigten Steuerungsimpulse angesteuert sind.



Die Erfindung betrifft ein Pendel, dessen Schwingungsebene und Impuls mittels elektromagnetischer Kräfte steuerbar ist.

Für die verschiedensten Zwecke ist es wünschenswert, ein Pendel in gewünschter Schwingungsebene schwingen zu lassen. Eine Aufgabe kann darin bestehen, ein Pendel über einen längeren Zeitraum in eine vorgegebene geographische oder astronomische Richtung schwingen zu lassen, wobei störende Kräfte ausgeglichen werden. Ein anderes Anwendungsgebiet ist die Schaffung einer Pendeluhr, wobei die Schwingungsebene des Pendels innerhalb von 24 Stunden genau einen Vollkreis überstreicht. Für die erforderliche Genauigkeit einer solchen Uhr sind entsprechende Steuervorrichtungen vorzusehen.

Die vorliegende Erfindung ist dadurch gekennzeichnet, daß das Pendel in Entfernung von seiner Aufhängung einen Magnet aufweist, daß im Schwingbereich des Magnets wenigstens drei Meß- und Steuerelemente angeordnet sind, daß eine Meßvorrichtung für die vom Magnet in den Meßelementen induzierten Spannungen vorgesehen ist und daß die Steuerelemente in Abhängigkeit von den gemessenen Spannungen und deren zeitliche Abfolge und nach einem Rechenprogramm zur Abgabe der benötigten Steuerungsimpulse angesteuert sind.

Weitere vorteilhafte Merkmale der Erfindung sind den Ansprüchen, der nachstehenden Beschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen.

Fig. 1 zeigt schematisch die Ansicht eines Pendels senkrecht auf die Schwingungsebene. Fig. 2 zeigt das Pendel vertikal von oben. Die Figuren 3 und 4 illustrieren die Anordnung der Meß- und Steuerelemente mit beispielhafter Einzeichnung der Schwingungsbahn eines Pendels in Fig. 4. Fig. 5 zeigt ein schematisches Schaltbild zur Durchführung des Meß- und Steuerverfahrens.

Der erfindungsgemäße Gegenstand ist im wesentlichen eine Apparatur, die folgende Komponenten umfaßt:

- das Pendel selbst;
- Meßeinrichtung für die Messung des Pendelzustandes;
- Energie- und Impulszuführungseinrichtung;
- Rechner für die Berechnung und Steuerung bzw. Regelung der zeitlichen Position der Schwingungsebene.

Mit der erfindungsgemäßen Anordnung wird die Bewegung des Pendels für einen bestimmten Aufstellungsort auf der Erde derart gesteuert, daß das Pendel in der Ebene zwischen Aufhängung, Erdmittelpunkt (Massenmittelpunkt) und einem beliebigen, auf einen in Bezug auf ein örtliches Koordinatensystem zeitlich beliebig veränderlichen, dritten Punkt schwingt, dessen Koordinaten mit Hilfe eines mathematischen Algorithmus berechnet werden. Dieser dritte Punkt kann z.B. der berechnete Massenmittelpunkt des Erdmondes im Sonnensystem, aber auch jeder andere scheinbar fixe oder sich bewegende Punkt im Universum sein, wie z.B. Planeten und Sterne. Die in bestimmten Grenzen wählbare Pendelamplitude soll dabei konstant gehalten werden, indem die Schwingungsverluste kompensiert werden. Weiters soll die Auslenkung der Pendelbewegung aus der ebenen Bahn in eine elliptische Bahn durch Torsionsmomente (Drehimpuls) in Zusammenarbeit mit der Korioliskraft kompensiert werden.

Mit der vorliegenden Erfindung ist es auch möglich, das Pendel von der Ruhelage (in Bezug auf ein topozentrisches Koordinatensystem) auf eine bestimmte konstante Amplitude anzuregen.

Gemäß Fig. 1 umfaßt das Pendel, wie bekannt, die Aufhängung 1, das Pendel oder die Pendelschnur 2 und an dessen Ende das Pendelgewicht 3. Die Pendelbahn 4 ist jene kreisbogenförmige Strecke, die das Pendelgewicht mit seinem äußersten Ende überstreicht. Räumlich gesehen werden durch alle möglichen Pendelbahnen die Pendelbahnfläche 5 gebildet. Der Winkel Beta ( $\beta$ ) ist der maximale Pendelauslenkwinkel.

Die Pendelschnur 2 kann entweder ein Faden aus zerreißfestem Material sein, oder auch durch einen biegefesten Stab gebildet sein. Die Aufhängung 1 ist in bevorzugter Weise reibungsarm und torsionsfrei ausgebildet.

Das Pendelgewicht 3 ist entweder selbst ein magnetischer Körper, oder trägt einen Permanentmagnet. Der Magnet kann aber auch getrennt vom Pendelgewicht auf der Pendelschnur 2 sitzen.

Fig. 2 zeigt in Aufsicht von oben ein Bodenbrett 6, über dessen Mittelpunkt die Aufhängung 1 liegt. Die Ausrichtung des Bodenbrettes 6 kann, wie dargestellt, nach den vier Himmelsrichtungen erfolgen. Symmetrisch zur W-O-Achse sind drei Meß- und Steuerelemente 7 angeordnet. Das Pendel schwingt in der Schwingungsebene 8.

Die Fig. 3 zeigt die symmetrische Anordnung der Meß- und Steuerelemente 7. Diese liegen unterhalb der Pendelbahnfläche 5 in einem Vollkreis 9, dessen Mittelpunkt vertikal unter der Aufhängung 1 liegt. Es kann so ein Koordinatensystem definiert werden, dessen Achsen X,Y,Z wie eingezeichnet ausgerichtet sind. Die drei Meß- und Steuerelemente sind symmetrisch jeweils in einem Winkel von 120° angeordnet.

Fig. 4 zeigt den Schwingungszustand des Pendels, wie er in der Praxis auftritt und durch Störungskräfte wie durch das Zusammenwirken von Torsionsmomenten (Drehimpuls) und Korioliskraft hervorgerufen

wird. Das Pendel schwingt nicht exakt in der Pendelbahn 4, sondern überstreicht eine Schwingungsebene 8, deren Projektion ellipsenförmig ist.

Gemäß vorliegender Erfindung induziert das Magnetfeld des Pendelgewichtes 3 in den drei Meßvorrichtungen des Meß- und Steuerelementes 7 Spannungen, woraus der Schwingungszustand exakt berechenbar ist. Aus diesem Schwingungszustand kann die theoretische Lage der Pendelbahn 4, die Pendelamplitude  $a$  und die Abweichung  $b$  berechnet werden. Anhand dieser Werte werden rechnerisch die Werte berechnet, um die Steuerelemente so anzusteuern, daß sie dem Pendel jene Impulse zuführen, die für die richtige Lage der Pendelbahn 4, die richtige Amplitude  $a$  und eine möglichst kleine Abweichung  $b$  nötig sind.

Die Fig. 5 zeigt schematisch die elektrische und elektronische Schaltung.

Die drei Meß- und Steuerelemente 7 bestehen jeweils aus einer Steuerspule 10 und einer Meßspule 11. Wie zuvor beschrieben, schwingt der Permanentmagnet des Pendels über die drei Meß- und Steuerelemente 7 hinweg, wobei in den Meßspulen 11 bestimmte Spannungen  $u_1(t)$ ,  $u_2(t)$  und  $u_3(t)$  induziert werden. Die Meßdaten werden über Analog/Digitalwandler 12 digitalisiert und im Kontroller 13 bearbeitet. Es erfolgt dort die Berechnung der nötigen Steuersignale, die über den umgekehrten Weg zurück an die Steuer(magnet)-spulen 10 geschickt werden.

Gemäß Fig. 5 steuert das Signal 17 die gesteuerte Stromquelle 16, die die Steuer magnetspule 10 entsprechend mit Strom versorgt.

Die Berechnung der Pendelbahn im Kontroller erfolgt aus der Spannungshöhe und dem zeitlichen Spannungsverlauf in den Meßspulen 11. Zur Ansteuerung der Steuerspulen 10 erfolgt die Berechnung im Kontroller 13 hinsichtlich der Höhe der einzelnen Ströme für die drei Steuerspulen 10, die Zeitdauer, sowie die Berechnung des Zeitpunktes für die Abgabe der Stromimpulse. Die daraus resultierenden magnetischen Impulse, die auf das magnetische Pendelgewicht übertragen werden, dienen dazu, die Schwingbewegung des Pendels zu steuern und zu regeln.

Im Rechner 14 kann die weitere Entwicklungsarbeit der Kontroller-Software erfolgen, wobei z.B. eine RS232 Schnittstelle 15 verwendet wird.

Bei gewünschter Nachführung der Pendelebene auf ein astronomisches Objekt, wie z.B. Sonne oder Stern wird die gemessene Pendelbewegung mit dem Sollwert verglichen, der sich durch die Berechnung nach astronomischen Algorithmen ergibt. Aus den errechneten Abweichungen werden die Korrekturgrößen ermittelt und zur Steuerung herangezogen. Ähnlich erfolgt auch die nötige Energie- und Impulszuführung, sodaß das Pendel stetig mit gleicher Amplitude schwingt.

Bezugnehmend auf die Fig. 4 ergibt sich ein Algorithmus, wie im folgenden als "Header" eines Programmes mit Variablen-Initialisierung dargestellt ist:

```
int pepa    (int n, int* u1, int* u2, int* u3, float* a, float* b, float* alpha, float* tau).
```

Dabei bedeuten:

|    |          |                                                        |
|----|----------|--------------------------------------------------------|
| 35 | n        | Anzahl der diskreten Werte pro Spannungsverlauf        |
|    | u1,u2,u3 | Arrays mit je n diskreten Zeitwerten der Spannungen    |
|    | a,b      | Halbachsen der Pendelbahn, Pendelamplitude, Abweichung |
|    | alpha    | Winkel der Hauptachse der Pendelbahn zur x-Achse       |
|    | tau      | Schwingungsdauer                                       |
| 40 | pepa     | Funktionsname                                          |

### Patentansprüche

1. Pendel, dessen Schwingungsebene und Impuls mittels elektromagnetischer Kräfte steuerbar ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Pendel in Entfernung von seiner Aufhängung (1) einen Magnet aufweist, daß im Schwingbereich des Magnets wenigstens drei Meß- und Steuerelemente (7) angeordnet sind, daß eine Meßvorrichtung für die vom Magnet in den Meßelementen induzierten Spannungen vorgesehen ist und daß die Steuerelemente in Abhängigkeit von den gemessenen Spannungen und deren zeitliche Abfolge und nach einem Rechenprogramm zur Abgabe der benötigten Steuerungsimpulse angesteuert sind.
2. Pendel nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Magnet am schwingenden Ende des Pendels angeordnet ist und ein Permanentmagnet ist, und daß die Meßelemente Meßspulen (11) und die Steuerelemente Steuerspulen (10) sind.
3. Pendel nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das schwingende Ende des Pendels als magnetisiertes Pendelgewicht (3) ausgebildet ist.

## AT 403 854 B

4. Pendel nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Meßspulen (11) und die Steuerspulen (10) unterhalb der Pendelbahnfläche (5) symmetrisch innerhalb eines Vollkreises (9) angeordnet sind, dessen Mittelpunkt vertikal unter der Aufhängung (1) des Pendels liegt.
- 5 5. Pendel nach Anspruch 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß je drei Meßspulen und Steuerspulen (7) im Winkel von  $120^\circ$  angeordnet sind.

Hiezu 3 Blatt Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

Fig.1

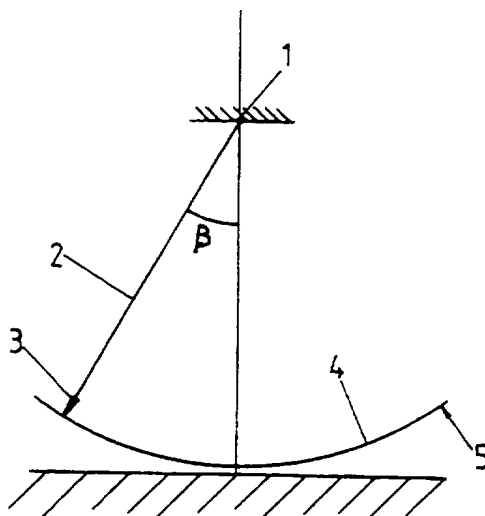


Fig.2

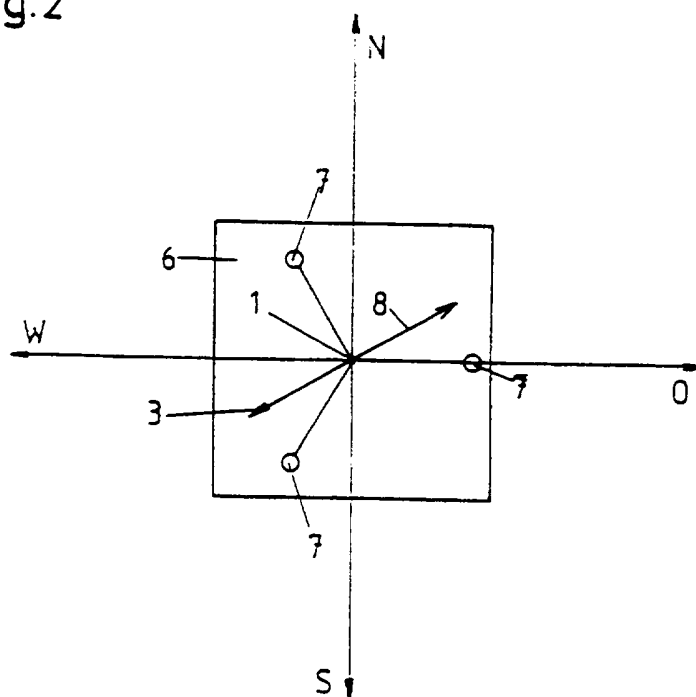


Fig.3

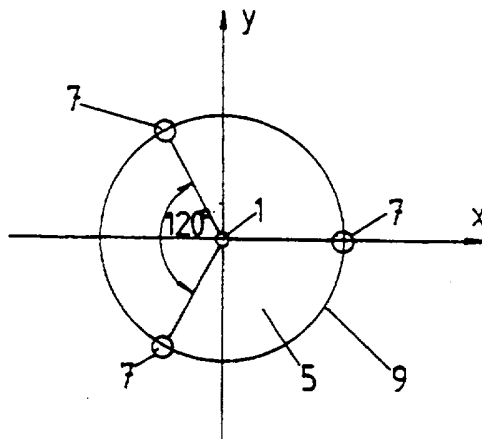


Fig.4

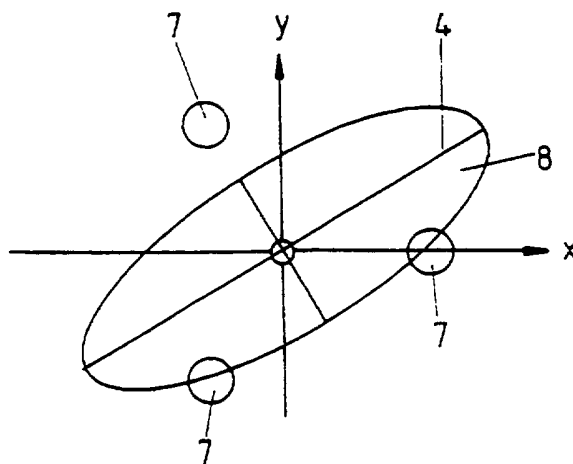


Fig.5

