



(12) Wirtschaftspatent

Teilweise bestätigt gemäß § 18 Absatz 1  
Patentgesetz

(19) **DD** (11) **219 719 B1**

4(51) **B 25 J 19/06**

**AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

---

(21) WP B 25 J / 256 114 5

(22) 31.10.83

(45) 14.09.88

(44) 13.03.85

---

(71) VEB Robotron Optima, Büromaschinenwerk Erfurt, Mainzerhofplatz 13, Erfurt, 5010, DD

(72) Baudisch, Roland, Dr.-Ing.; Klausner, Hans, Dipl.-Ing., DD

---

(54) **Einrichtung für den Gewichtsausgleich bei Industrierobotern**

---

## Patentanspruch:

1. Einrichtung für den Gewichtsausgleich bei Industrierobotern unter Verwendung von Federelementen, **dadurch gekennzeichnet**, daß das zu bewegende Element mit einer Kurvenscheibe (5) in Verbindung steht, auf deren Kurvenbahn (6) ein unter der Federkraft einer Zugfeder (7) stehendes Zugmittel (10) anliegt und das Zugmittel (10) mit der Kurvenscheibe (5) fest verbunden ist.
2. Einrichtung für den Gewichtsausgleich nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß zur Realisierung einer Längs- bzw. Hubbewegung in eine Drehbewegung eine Zahnstange (4) mit einem Zahnrad (3) im Eingriff steht und die Kurvenscheibe (5) fest mit dem Zahnrad (3) verbunden ist, auf dessen Kurvenbahn (6) das Zugmittel (10) tangential anliegt.
3. Einrichtung für den Gewichtsausgleich nach Punkt 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kurvenscheibe (5) im Drehgelenk (12) eines Roboterarmes (11) angeordnet ist.
4. Einrichtung für den Gewichtsausgleich nach Punkt 1 und 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Kurvenscheibe (5) Bestandteil des Roboterarmes ist und die Kurvenbahn (6) am Hebelarm (11) ausgebildet ist.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

## Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Gewichtsausgleich von Bewegungselementen bei Industrierobotern unter Verwendung von Federelementen.

## Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Es sind bereits technische Lösungen bekannt geworden, die die von Industrierobotern zu bewegenden Massen zumindest teilweise ausgleichen. Dabei gelangen folgende Prinzipien zur Anwendung:

1. der Masse der Greiferarme werden Gegenmassen zugeordnet;  
(z. B.: PHM 4, IR 10, IR 60)
2. die Masse der Greiferarme werden durch gegenwirkende Zug- oder Druckfedern kompensiert;  
(z. B.: IR PHM 4 und PHM 40)
3. Verwendung sogenannter Herzkurven in den Drehpunkten von Greiferarmen, gegen die mit Federn belastete Andruckrollen wirken; (z. B.: DD-PS 0 154 282)

Bei der Anordnung von Gegenmassen wird zunächst ein vollständiger Ausgleich des Eigengewichtes z. B. eines Roboterarmes erzielt. Dieses Prinzip ist technisch dann sinnvoll, wenn es sich bei der Gegenmasse um notwendige Funktionselemente, z. B. Elektromotore, handelt. Kommen als Gegenmassen jedoch lediglich „tote“ Massen in Betracht, so besteht der Nachteil, daß sich die zu bewegende Gesamtmasse erhöht und mit der Erhöhung des Massenträgheitsmoments sich die dynamischen Eigenschaften des Systems verschlechtern.

Bei den Anordnungen mit gegenwirkenden Zug- oder Druckfedern werden die dynamischen Nachteile vermieden. Allerdings haben diese Federanordnungen den Nachteil, daß sie eine feste Kennlinie aufweisen und bei Bewegung im Falle von Gelenkrobotern vom Gewichtsausgleich erheblich abweichen.

Bei der Anordnung unter Verwendung von Herzkurven werden die erforderlichen Gegenmomente über die Steigung der Herzkurve erreicht. Dadurch lassen sich über den mathematisch ermittelten Steigungsverlauf die erforderlichen Kennlinien exakt abbilden. Bei der konstruktiven und praktischen Realisierung solcher Einrichtungen ergeben sich jedoch erhebliche Bemessungsprobleme. In den meisten Fällen sind konstruktiv bedingte Steigungswinkel mit weniger als 45° erforderlich, wodurch die von der Andruckrolle aufzubringende Andruckkraft ein vielfaches der zu erzeugenden Rückstellkraft beträgt. Nachteilig sind die sich daraus ergebenden hohen Flächenbelastungen an der Kurvenscheibe.

## Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, die Nachteile der bekannten Anordnungen zu vermeiden.

## Darlegung des Wesens der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zum Gewichtsausgleich bei Industrierobotern zu schaffen, die unter Verwendung von Federn eine Ausgleichskennlinie über einen breiten Bewegungsbereich realisiert und dabei auf Kurvenscheiben wirkende Flächenkräfte vermeidet.

Erfindungsgemäß werden Ausgleichsmomente über einen breiten Bewegungsbereich dadurch erzeugt, daß eine speziell geformte Kurve bzw. Kurvenscheibe bei Verdrehung ein durch eine Feder gespanntes Zugmittel auf- bzw. abwickelt. Durch die Änderung des Kurvenradius in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Kurvenscheibe und gleichzeitiger Änderung der Federkraft wird die geforderte Momenten-Kennlinie realisiert.

Durch die Wahl der Kurvenform lassen sich so gewünschte Kennlinien realisieren.

Mit dieser Lösung wird ein Masseausgleich geschaffen, der hohe Flächenkräfte auf die verwendeten Kurvenscheiben vermeidet.

Der erfindungsgemäße Gewichtsausgleich kann in jedem Gelenk eines Industrieroboters untergebracht werden, ohne die Gesamtmasse wesentlich zu erhöhen.

### Ausführungsbeispiel

Nachstehend wird die Erfindung anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1: eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Einrichtung in Verbindung mit einem Hubgetriebe unter Verwendung von Zahnstange und Ritzel;

Fig. 2: eine Prinzipdarstellung der erfindungsgemäßen Masseausgleichseinrichtung für Hubbewegungen in Verbindung mit einem Zugmittel;

Fig. 3: eine Prinzipdarstellung der Masseausgleichseinrichtung für ein Drehgelenk;

Fig. 4: Endlagen der Wickelkurven nach Fig. 1 und Fig. 3;

a; b) Endlagen über einen Drehwinkel  $\varphi$  nach Fig. 1;

c; d) Endlagen über einen Drehwinkel  $\varphi$  nach Fig. 3.

In Figur 1 wird die Erzeugung eines konstanten Ausgleichsmomentes für eine Hubeinheit wiedergegeben. Die Säule 1, geführt von Führungsrollen 2 trägt eine Zahnstange 4 und steht mit einem Zahnrad 3 in Eingriff. Axial am Zahnrad 3 ist eine Kurvenscheibe 5 befestigt. Die Kurvenscheibe 5 mit Kurvenbahn 6 ist mit einem Zugmittel 10 verbunden und das Zugmittel 10 ist mittels vorgespannter Zugfeder 7 am Gestell 9 befestigt. In Figur 2 sind die Zahnstange und das Zahnrad ersetzt durch ein Zugseil 13 und eine Umlenkrolle 8. Bei Bewegung der Säule 1 wird das Zugseil 13 auf der Kurvenbahn 6 der Kurvenscheibe 5 gewickelt, wobei gleichzeitig das mit Zugfeder 7 vorgespannte Zugmittel 10 auf die Umlenkrolle 8 auf- bzw. abgewickelt wird. Das Zugmittel 10 kann dabei ein Stahlband, Stahlseil und Rollenkette u. ä. sein.

Die Kurvenform  $r(\varphi)$  ist so zu wählen, daß ausgehend von einem Gleichgewicht der Einrichtung durch die Vorspannkraft  $F_0$  der Zugfeder 7 unter Berücksichtigung der Federkennlinie in jeder beliebigen Stellung der Einrichtung Gleichgewicht hergestellt wird und bleibt. Dabei gilt die Grundbeziehung, daß das erzeugende Moment der aufgewickelten Zugmittellänge (Federdehnung) und dem wirksamen Kurvenradius  $r$  proportional ist. Ausgehend von der bei ausreichend langem Zugmittel 10 und relativ langer Zugfeder 7 annähernd geltenden Grundgleichung:

$$M(\varphi) = r(\varphi) \cdot F_0 + r(\varphi) \cdot C_F \cdot \int_0^\varphi \sqrt{r(\varphi)^2 + \left(\frac{dr}{d\varphi}\right)^2} \cdot d\varphi$$

mit  $M(\varphi)$  = an der Kurve erzeugtes Moment

$F_0$  = Vorspannkraft der Zugfeder

$r(\varphi)$  = Radius in Abhängigkeit vom Drehwinkel der Kurvenscheibe

$C_F$  = Federkonstante

kann man unter bestimmten Bedingungen die erforderliche Kurvenform schrittweise errechnen.

Analog läßt sich eine Ausgleichseinrichtung nach Fig. 2 für ein Drehgelenk realisieren (ohne Übersetzung für  $\varphi \leq 180^\circ$ ), wobei die Kurvenform z. B. über Iterationsverfahren bestimmt werden kann. Bei der Dimensionierung dieses Ausgleiches ist darauf zu achten, daß konkave Kurvenstücke vermieden werden, da dann das Zugmittel 10 nicht mehr vollständig an der Kurvenbahn 6 der Kurvenscheibe 5 anliegt.

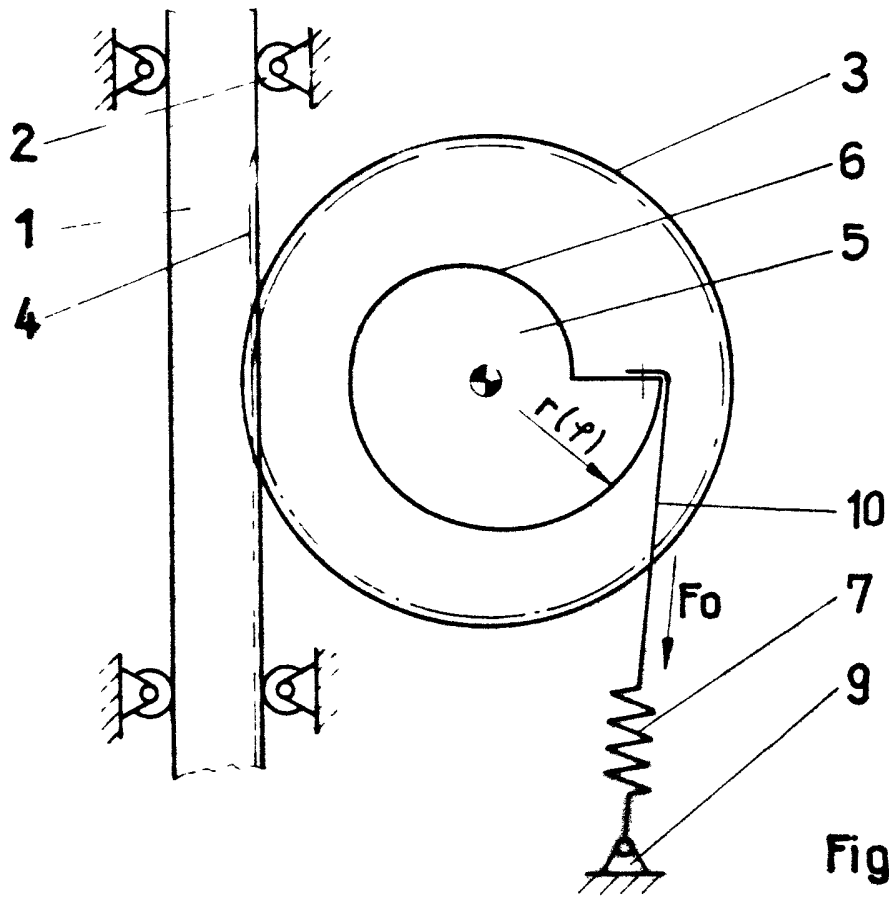


Fig. 1

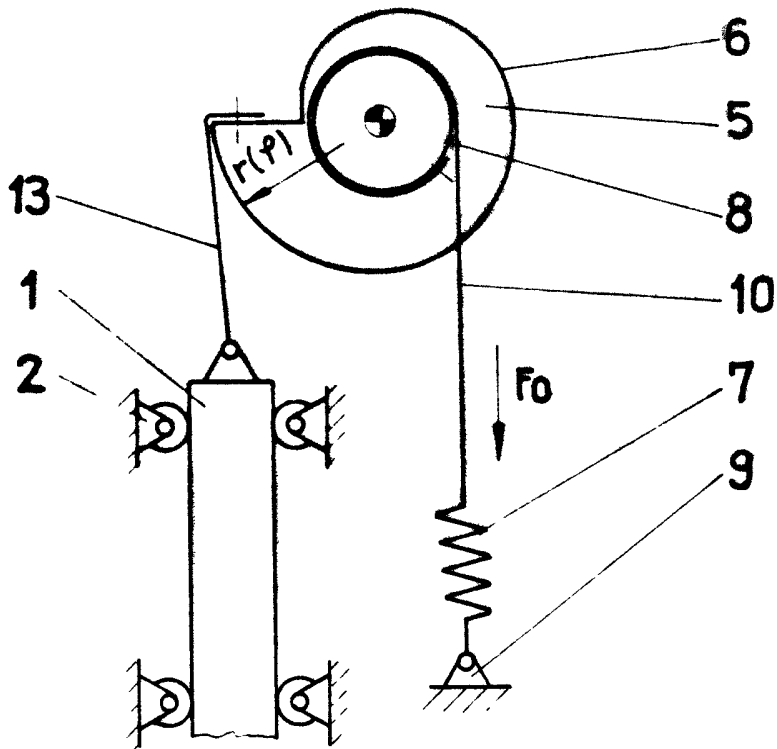


Fig. 2

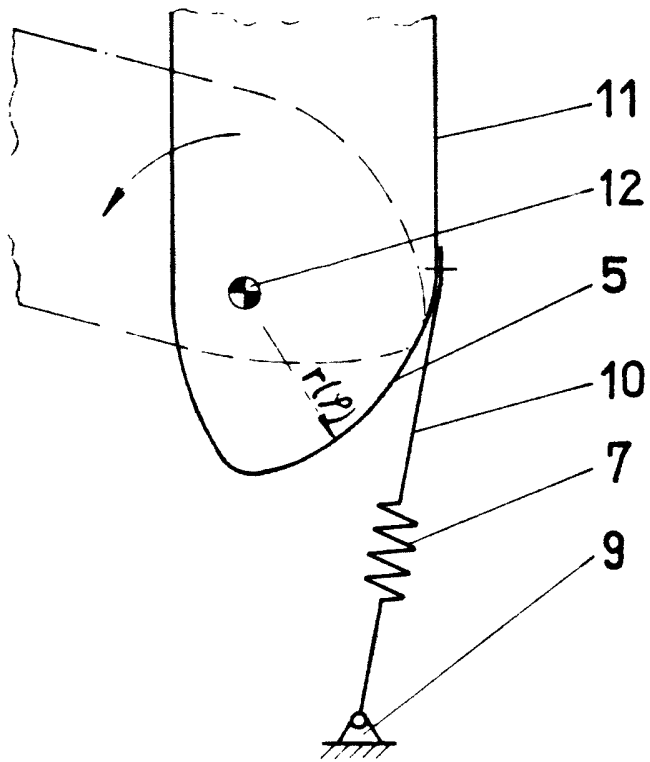


Fig. 3

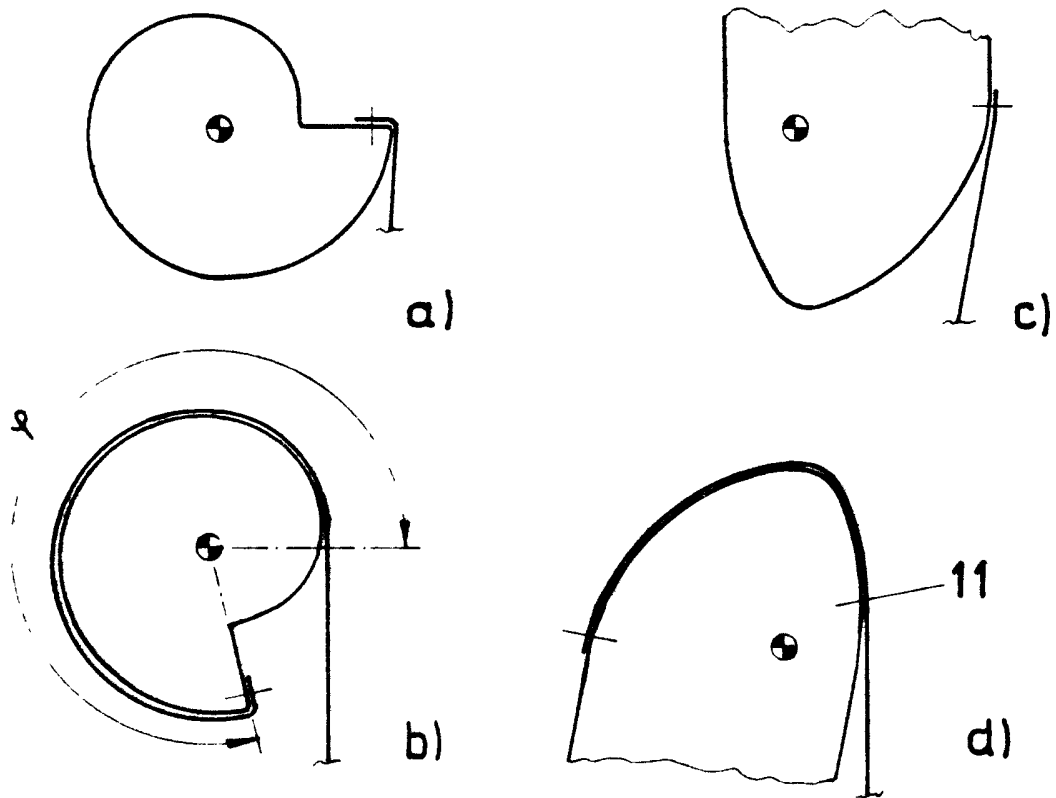


Fig. 4