



Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

209 260

Int.Cl.³ 3(51) G 01 B 7/34

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP G 01 B/ 2421 327

(22) 02.08.82

(44) 25.04.84

(71) siehe (72)

(72) MEISTER, GERHARD, DIPL.-PHYS.; WEISS, WOLFGANG, DIPL.-ING.; DD;

(73) siehe (72)

(74) VEB CARL ZEISS JENA BUERO FÜR SCHUTZRECHTE 6900 JENA CARL-ZEISS-STRASSE 1

(54) VERKIPPUNGSUNABHÄNGIGES SPANNDRAHTLINEAL

(57) Verkippungsunabhängiges Spanndrahtlineal mit dem Ziel, die Meßgenauigkeit bei Geradheits- und Ebenheitsmessungen zu erhöhen und Fehlerquellen bei den Messungen auszuschließen. Aufgabe ist es, ein Spanndrahtlineal zu schaffen, welches verkippungsunabhängig ist. Das Spanndrahtlineal umfaßt ein Gestell in dem zwei, aus einer Vielzahl dünner Drähte bestehende Drahtsysteme eingespannt sind, deren Durchhang vorzugsweise so gewählt ist, daß der Durchhang des zweiten Drahtsystems den k-fachen Betrag des Durchhanges des ersten Drahtsystems besitzt, wobei $k > 1$ ist. Die Drahtsysteme werden vorteilhaft mit induktiven Abtastsystemen abgetastet, deren Spulen in einer Trägerfrequenzbrückenschaltung einer Auswerteeinrichtung zusammengeschaltet sind. In der Auswerteeinrichtung oder durch entsprechend Einstellung der Luftspalte zwischen den Abtastsystemen wird das Meßsignal für das erste Drahtsystem mit k multipliziert. Es wird folgendes Meßsignal ausgewertet, welches durchhangunempfindlich ist: $(k - 1) y_p = k M_1 - M_2$. Vorteilhaft ist mit $k = 2$ zu arbeiten. Fig. 1

Titel

Verkippungsunabhängiges Spanndrahtlineal

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft ein verkippungsunabhängiges Spanndrahtlineal hoher Genauigkeit zur Anwendung als Geradheits- und Ebenheitsnormal, vorzugsweise an Meß- und Werkzeugmaschinen.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

In der DD-PS 139 295 ist ein Spanndrahtlineal hoher Genauigkeit mit einem in einem Gestell gespannten, aus vielen Einzeldrähten bestehenden Drahtsystem beschrieben, bei welchem der Durchhang des Drahtsystems durch Bestimmung seiner Eigenfrequenz bestimmt wird. Dazu wird das Drahtsystem durch eine Erregervorrichtung mechanisch oder elektrisch in Schwingungen versetzt und die Eigenfrequenz über den Resonanznachweis ermittelt. Auf diese Weise ist der Durchhang in Schwerkraftrichtung (d. h. der Maximaldurchhang) sehr exakt ermittelbar und kann bei den Messungen der Gerad- und Ebenheit berücksichtigt werden.

Diese maximale Durchhangkorrektur ist jedoch nur für eine Normallage zur Schwerkraftrichtung des Drahtsystems gültig. Für andere Lagen des Drahtsystems relativ zur Schwerkraftrichtung, z. B. infolge Geräteneigungen, bei Messungen an nicht horizontal orientierten Prüfflächen d. h. wenn die Normale zum Drahtsystem einen Winkel $0 < \delta \leq 90^\circ$ zur Schwerkraftrichtung bildet, muß dieser Maximaldurchhang mit dem $\cos \delta$ multipliziert und als

Korrektur eingegeben werden. Dazu ist der Winkel δ jeweils z. B. mit einer Winkellibelle zu messen.

Nach der Applikationsinformation 2/82 "Technische Feinmeßgeräte", "Geradheitsmeßgerät GM 1200", der die DD-PS 139 295 zu Grunde liegt, wird zur Ermittlung der Verkipfung des Drahtsystems z. B. um seine Längsachse einer Winkellibelle (als geräteeigener Bestandteil) verwendet.

Nach der Applikationsinformation 2/82 Technische Feinmeßgeräte, "Geradheitsmeßgerät GM 1200" der die DD-PS 139 295 zu Grunde liegt wird zur Ermittlung der Verkipfung des Drahtsystems z.B. seine Längsachse eine Winkellibelle als geräteeigner Bestandteil verwendet. Diese Winkellibelle wird zunächst am Meßobjekt eingestellt und arretiert und danach zur Einstellung des erforderlichen Drehwinkels des Drahtlineals an die am Gerät dazu vorgesehene Bezugsfläche angeklemt. Am Auswertegerät muß zur Berücksichtigung der Verkipfung bei der Durchhangkompensation eine verkipfungswinkelproportionale Stellgröße eingestellt werden.

Als Konsequenz dieser Einstellschritte, die vor dem eigentlichen Meßvorgang vorgenommen werden müssen, ergibt sich eine aufwendige bei Unachtsamkeit des Messenden auch mit Fehleinstellungen verbundene Handhabung des Gerätes, die die Meßgenauigkeit und Meßökonomie negativ beeinflußt.

Ziel der Erfindung

Es ist der Zweck der Erfindung, die Nachteile des Standes der Technik zu beseitigen, die Meßgenauigkeit zu erhöhen und Fehlerquellen bei der Meßdurchführung zu vermeiden.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Spanndrahtlineal zu schaffen, welches temperatur- und schwerkraftunabhängig ist und eine automatische Durchhangkompensation

auch bei gekipptem Drahtsystem besitzt.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einem verkippungsunabhängigen Spanndrahtlineal, welches ein, aus einer Vielzahl gespannter, dünner Drähte bestehendes Drahtsystem und Abtastsysteme zur Abtastung des Drahtsystems umfaßt, dadurch gelöst,

- daß ein zweites, aus einer Vielzahl dünner, paralleler Drähte, bestehendes Drahtsystem parallel zu dem bereits vorhandenen, ersten Drahtsystem im Gestell eingespannt ist, welches den k -fachen schwerkraftbedingten Durchhang des ersten Drahtsystems besitzt, wobei $k > 1$ ist.
- daß an einem, auf einer Führung des Gestells gelagerten Träger das erste und das zweite Drahtsystem abtastende Abtastsysteme angeordnet sind, wobei der Träger mit einem die Oberfläche des Meßobjektes abtastenden Taster verbunden ist und wobei insbesondere der Luftspalt zwischen den das Drahtsystem mit dem k -fachen Durchhang abtastenden Abtastsystemen in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes der Abtastsysteme für das andere Drahtsystem und von der verwendeten Auswerteeinrichtung einstellbar ist,
- daß in Längserstreckung der Drahtsysteme zu beiden Seiten des die Abtastsysteme aufnehmenden Trägers für das erste und das zweite Drahtsystem gemeinsame oder getrennte, vorzugsweise senkrecht und parallel zu den Drahtsystemen gemeinsam oder einzeln einstellbare Stützelemente zur Abstützung der Drahtsysteme gegen die Oberfläche des Meßobjektes vorgesehen sind
- und daß die Abtastsysteme für das erste und das zweite Drahtsystem mit einer gemeinsamen Auswerteeinrichtung verbunden sind.

Eine besonders vorteilhafte Auswertung der Meßsignale der Abtastsysteme ergibt sich, wenn die Spulen der Abtastsysteme in einer Trägerfrequenzbrückenschaltung zusammengeschaltet sind, in deren Indikatorzweig ein

Trägerfrequenzmeßverstärker angeordnet ist, der mit einer Registrier- oder Anzeigeeinheit verbunden ist.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn das zweite Drahtsystem den 2 - fachen schwerkraftbedingten Durchhang des ersten Drahtsystems besitzt.

Günstige Verhältnisse ergeben sich ferner, wenn das zweite Drahtsystem den 2 - fachen Durchhang des ersten Drahtsystems besitzt und der Luftspalt zwischen den Abtastsystemen des zweiten Drahtsystems den 2 - fachen Betrag des Luftspaltes zwischen den Abtastsystemen des ersten Drahtsystems besitzt.

Zur Ermittlung des Durchhanges der Drahtsysteme ist es vorteilhaft, daß die Spulen der Abtastsysteme in einer Trägerfrequenzbrückenschaltung mit mehreren Indikatorzeigen zusammengeschaltet sind und daß in diesen Indikatorzweigen jeweils ein Einkanalverstärker oder jeweils ein Kanal eines Mehrkanalverstärkers liegt.

durch die Anordnung eines zweiten Drahtsystems, bei dem der k - fache Durchhang des ersten Drahtsystem eingestellt ist, und welches parallel zum ersten Drahtsystem im Gestell angeordnet ist, wird durch den Drahtdurchhang bedingte Anteil an den Meßsignalen der Abtastsysteme in jeder Kipplage des Spanndrahtlineals dann eliminiert, wenn eine entsprechende Justierung der Luftspalte zwischen den Abtastsystemen oder eine Multiplikation des Meßsignals des ersten Abtastsystems mit k in der Auswerteeinrichtung erfolgt.

So gelten folgende Beziehungen für die Meßsignale der Abtastsysteme:

$$M_2 = y_p + y_D$$

$$M_3 = y_p + ky_D$$

Durch Multiplikation von M_2 mit k und Differenzbildung beider Meßsignale M_2 und M_3 , die sich aus den Anteilen aus dem Durchhang y_D und dem durch das Meßobjekt bedingten Anteil y_p zusammensetzen, ergibt sich ein vom Durchhang unbeeinflusster Meßwert M des Meßobjektes

$$M = kM_2 - M_3 = (k - 1) y_p$$

wobei $k > 1$ ist.

Somit erfolgt bei Anwendung des Spanndrahtlineals eine automatische Separierung der Anteile y_p und y_D ohne explizite Kenntnis des Kippwinkels δ des Spanndrahtlineals.

Die Ermittlung des Meßwertes M erfolgt in einer einfachen Trägerfrequenzbrückenschaltung, die Bestandteil der Auswerteeinrichtung ist und in der alle Spulen der Abtastsysteme zusammengeschaltet sind, wobei nur ein Trägerfrequenzverstärker im Indikatorzweig der Brückenschaltung angeordnet ist.

Ein Vorteil für den Anwender ergibt sich u. a. auch daraus, daß der Drahtdurchhang in einfacher Weise zu ermitteln ist. So ist es möglich auch den Justierzustand der Drahtsysteme nach längerem Gebrauch zu prüfen.

Weitere wesentliche Vorteile sind:

- Prüfung der Ebneheit und Geradheit von Meßobjekten in jeder Winkellage ohne vorherige Ermittlung des Kippwinkels des Drahtlineals oder des Meßobjektes.
- Es sind keine verschleißbehafteten Bauelemente, wie z. B. Potentiometer notwendig.
- Geringer technischer Aufwand und universelle Einsetzbarkeit des Drahtlineals.

- Einfache Handhabung des Drahtlineals und höhere Meß-
ökonomie bei Anwendung desselben.

Ausführungsbeispiel

Die Erfindung soll nachstehend an einem Ausführungsbeispiel näher erläutert werden. In der zugehörigen Zeichnung zeigen

- Fig. 1 schematisch ein Spanndrahtlineal,
- Fig. 2 die Durchhangverhältnisse der verwendeten Drahtsysteme,
- Fig. 3 ein Spanndrahtlineal mit getrennten Stützen,
- Fig. 4 Abtastsysteme mit unterschiedlichen Luftspalten
- Fig. 5 eine Auswerteschaltung zur Ermittlung des Meßwertes
- Fig. 6 eine Auswerteschaltung zur Bestimmung des Durchhanges und
- Fig. 7 eine weitere Auswerteschaltung zur Bestimmung des Durchhanges der Drahtsysteme.

Das in Fig. 1 dargestellte Spanndrahtlineal umfaßt ein Gestell 1, in welchem in nicht dargestellten Halte- und Spannvorrichtungen ein erstes und ein zweites, aus einer Vielzahl dünner paralleler Drähte bestehendes Drahtsystem 2 und 3 angeordnet ist, welche durch Stützelemente 4 und 5 gegen das Meßobjekt 6 abgestützt sind. Diese Stützelemente 4 und 5 sind, sowohl in Richtung als auch senkrecht zu den Drahtsystemen einstellbar. Bei den in Fig. 1 dargestellten Stützelementen 4 und 5 werden die Auflagen 7 und 8 sowie 9 und 10 jeweils gemeinsam in der Höhe verstellt.

Auf einer im Gestell 1 angeordneten Führung 11 ist ein Schlitten 12, in Längserstreckung der Drahtsysteme 2, 3 verschiebbar angeordnet, der einen Träger 13 mit Abtast-

- systemen 14, 15, 16, 17 trägt, wobei zwischen den Abtastsystemen 14 und 15 das erste Drahtsystem 2 und zwischen den Abtastsystemen 16 und 17 das zweite Drahtsystem 3 liegt. Der Träger 13 besitzt einen Taster 18, mit dem die Oberfläche des Meßobjektes 6 abgetastet wird. Analog den Meßobjektunregelmäßigkeiten folgen die Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 den Bewegungen des Tasters 18.

Die Drahtsysteme 2 und 3 sind so im Gestell 1 eingespannt, daß das zweite Drahtsystem 3 den k -fachen Durchhang des ersten Drahtsystems 2 besitzt, wobei $k = 1$ ist. In der Praxis wird man vorteilhaft mit $k = 2$ arbeiten, da sich dann besonders günstige Beziehungen für die Auswertung der von den Abtastsystemen 14, 15, 16, 17 gelieferten Meßsignale in einer Auswerterhaltung ergeben. Die Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 sind vorzugsweise mit Spulen versehene induktive Geber.

In Fig. 2 sind die Durchhänge der Drahtsysteme 2 und 3 dargestellt, wobei beispielsweise der Durchhang des Drahtsystems 3 doppelt so groß ist als der Durchhang des Drahtsystems 2. Die maximalen Beträge der Durchhänge sind mit y_1 und y_2 bezeichnet. Eine Verkippung des Drahtlineals um den Kippwinkel wirkt sich bei den einzelnen Drahtsystemen in einer Cosinusfunktion bei den Durchhängen aus. Es gilt $(y_2 - y_1) \cdot \cos \delta$.

In Fig. 3 ist ein Spanndrahtlineal stark schematisch dargestellt, welches ebenfalls analog zu Fig. 1 aufgebaut ist. In dem Gestell 1 sind die Drahtsysteme 2, 3 eingespannt, die durch die Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 abgetastet werden. Diese Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 sind an dem Träger 13 mit dem Taster 18 angeordnet, der das Meßobjekt 6 abtastet. Für die Drahtsysteme 2 und 3 sind getrennte Stützelemente 19, 20, 21 und 22 vorgesehen, welche sowohl parallel als auch senkrecht zur Oberfläche des Meßobjektes bzw. der Drahtsysteme 2, 3 einstellbar

sind. Zwei dieser Stützelemente 19, 20, 21, 22 sind jeweils beiderseitig zum Träger 13 angeordnet.

Die Durchführung der elektronischen Meßdatenverarbeitung, speziell zur Realisierung der Meßgleichung

$$k M_2 - M_3 = (k - 1) y_p = M$$

erfolgt mit einer Trägerfrequenzbrückenschaltung nach Fig. 5, in der die Spulen der induktiven Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 so zusammengeschaltet sind, daß die Spulen der Abtastsysteme 14 und 17 und die Spulen 23, 24, 25, 26 der Abtastsysteme 15 und 16 in jeweils einem Brückenweig in Reihe geschaltet sind. Im Indikatorzweig der Brückenschaltung ist ein Trägerfrequenz-Meßverstärker 27 angeordnet, der mit einer Registrier- oder Anzeigeeinheit 28 zur Ausgabe des Meßwertes des Meßobjektes 6 verbunden ist.

Zur Realisierung der Meßgleichung $y_p = 2 M_2 - M_3$ bei $k = 2$ erfolgt u. a. dadurch, daß die Luftspalte B_2 und B_3 zwischen den Abtastsystemen 14, 15 und 16, 17, zwischen denen die Drahtsysteme 2 und 3 sich befinden, sich verhalten wie $1 : \sqrt{2}$, d. h. $B_3 = \sqrt{2} B_2$. Dadurch verändern sich die Induktivitäten bei der Abtastung einfach bzw. doppelt so schnell, wenn sich die Drahtsysteme 2 und 3 innerhalb der Luftspalte B_2 und B_3 verlagern. Durch diese Maßnahme kann der Meßverstärker 27 einen einheitlichen Verstärkungsgrad für beide Meßsignale M_2 und M_3 besitzen und es kann ein Einkanal-Trägerfrequenzverstärker verwendet werden.

Wierechnerisch bewiesen werden kann, ist das Ergebnis der Meßsignalverarbeitung in der Brückenschaltung nach Fig. 5 unabhängig vom Drahtdurchhang in jeder beliebigen räumlichen Orientierung des Tasters 18 und der Drahtsysteme 2 und 3. Die in Fig. 4 dargestellte Anordnung der Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 umfaßt ungleiche Luftspalte B_2 und B_3 zwischen den Spulen 23 und 24 bzw. 25 und 26 müssen bei der Montage des Spanndrahtlineals justiert werden.

In Fig. 6 ist eine Auswerteschaltung zur Ermittlung des Durchhanges y_D der Drahtsysteme 2 und 3 dargestellt, die eine Brückenschaltung umfaßt, bei welcher die Spulen 23 und 26 bzw. 24 und 25 der Abtastsysteme 14, 15, 16, 17 parallel geschaltet sind, in deren Indikatorzweig ein Einkanal-Trägerfrequenzverstärker 29 liegt. Diese Bestimmung des Durchhanges erfolgt nach der Gleichung

$$y_D = M_2 - M_3$$

unter Verwendung der gleichen Luftspaltgröße, wie bei der Messung am Meßobjekt 6.

Die Fig. 7 zeigt eine Trägerfrequenz Brückenschaltung zur Durchhangbestimmung, welche mehrere Indikatorzweige umfaßt, in denen jeweils ein Einkanalverstärker oder jeweils ein Kanal 30, 31 eines Mehrkanalverstärkers liegt. Hierbei können auch die Signale M_2 und M_3 getrennt erfaßt und nachträglich subtrahiert werden.

Mit 32, 33 sind notwendige Widerstände in den einzelnen Brückenschaltungen bezeichnet.

Erfindungsanspruch

1. Verkippungsunabhängiges Spanndrahtlineal umfassen
 - ein Gestell, in welchem zwischen Halte- und Spannvorrichtungen ein aus einer Vielzahl dünner, paralleler Drähte bestehendes Drahtsystem eingespannt ist,
 - Abtastsysteme zur Abtastung des Drahtsystems in seiner Längserstreckung,
 - das Drahtsystem abstützende Stützelemente
 - und eine mit den Abtastsystemen verbundene Auswerteinrichtung,dadurch gekennzeichnet,
 - daß ein zweites, aus einer Vielzahl dünner, paralleler Drähte bestehendes Drahtsystem (3) parallel zu dem bereits vorhandenen, ersten Drahtsystem (2) im Gestell (1) eingespannt ist, welches den k - fachen schwerkraftbedingten Durchhang des ersten Drahtsystems (2) besitzt, wobei $k > 1$ ist.
 - daß an einem, auf einer Führung (11) des Gestells (1) gelagerten Träger (13) das erste und das zweite Drahtsystem (2; 3) abtastende Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) angeordnet sind, wobei der Träger (13) mit einem die Oberfläche des Meßobjektes (6) abtastenden Taster (18) verbunden ist und wobei insbesondere der Luftspalt B_3 zwischen dem Drahtsystem (3) mit dem k - fachen Durchhang abtastenden Abtastsystemen in Abhängigkeit von der Größe des Luftspaltes (B_2) der Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) für das andere Drahtsystem (2) und von der verwendeten Auswerteinrichtung einstellbar ist,
 - daß in Längserstreckung der Drahtsysteme (2;3) zu beiden Seiten des die Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) aufnehmenden Trägers (13) für das erste und das zweite Drahtsystem (2; 3) gemeinsame oder getrennte, vorzugsweise senkrecht und parallel zu den Drahtsystemen (2; 3) gemeinsam oder einzeln einstellbare Stützelemente zur Abstützung der Drahtsysteme (2; 3)

gegen die Oberfläche des Meßobjektes (6) vorgesehen sind

- und daß die Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) für das erste und das zweite Drahtsystem (2; 3) mit einer gemeinsamen Auswerteeinrichtung verbunden sind.

2. Spanndrahtlineal nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet daß die Spulen (22; 23; 24; 25) der Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) in einer Trägerfrequenzbrückenschaltung zusammengeschaltet sind, in deren Indikatorzweig ein Trägerfrequenzmeßverstärker (27; 29) angeordnet ist, der mit einer Registrier- oder Anzeigeeinheit (28) verbunden ist.
3. Spanndrahtlineal nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet daß das zweite Drahtsystem (3) den 2 - fachen schwerkraftbedingten Durchhang des ersten Drahtsystems (2) besitzt.
4. Spanndrahtlineal nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet daß das zweite Drahtsystem (3) den 2 - fachen Durchhang des ersten Drahtsystems (2) besitzt und der Luftspalt B_3 zwischen den Abtastsystemen (16; 17) des zweiten Drahtsystems (3) den 2 - fachen Betrag des Luftspaltes B_2 zwischen den Abtastsystemen (14; 15) des ersten Drahtsystems (2) besitzt.
5. Spanndrahtlineal nach Punkt 1, dadurch gekennzeichnet, daß zur Ermittlung des Drahtdurchhanges die Spulen (22; 23; 24; 25) der Abtastsysteme (14; 15; 16; 17) in einer Trägerfrequenzbrückenschaltung mit mehreren Indikatorzeigen zusammengeschaltet sind und daß in diesen Indikatorzweigen jeweils ein Einkanalverstärker (29) oder jeweils ein Kanal (30; 31) eines Mehrkanalverstärkers liegt.

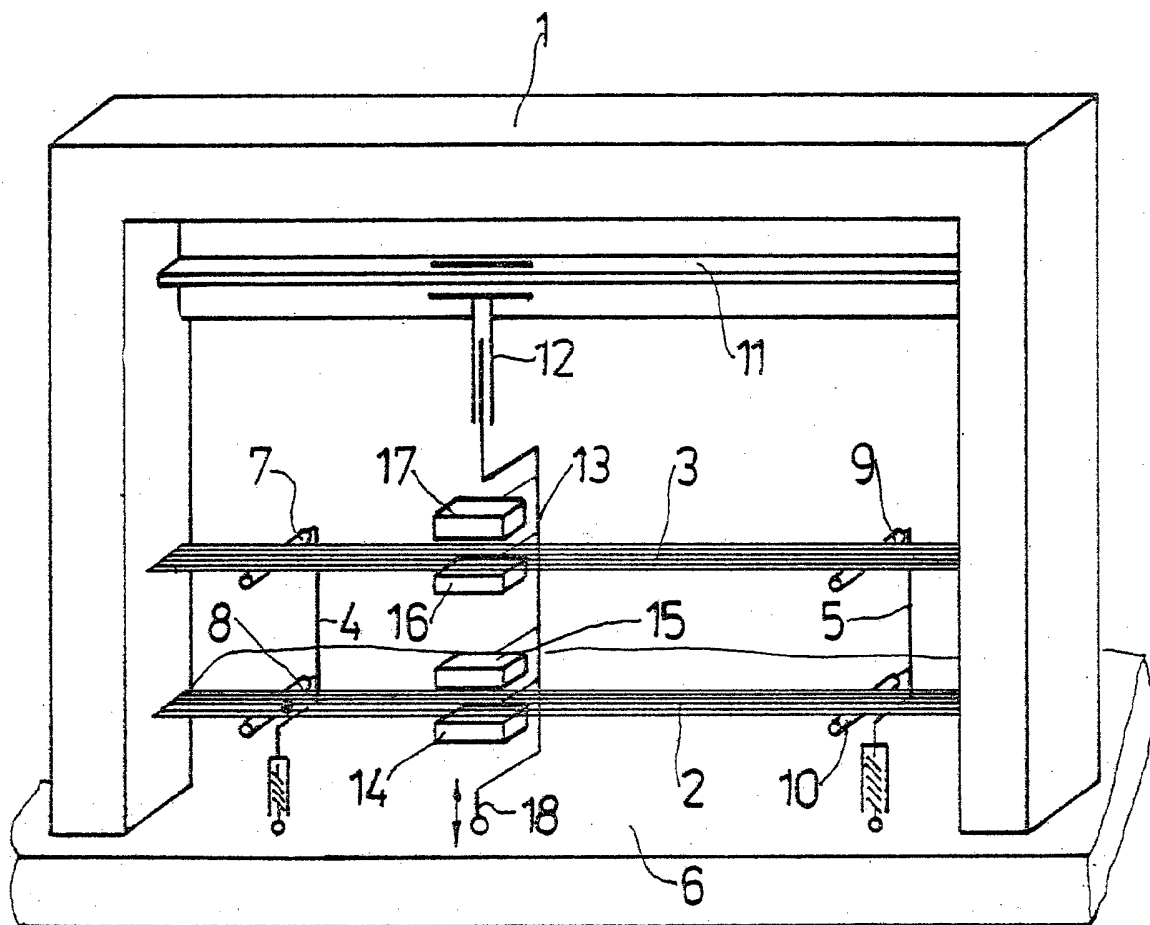


Fig. 1

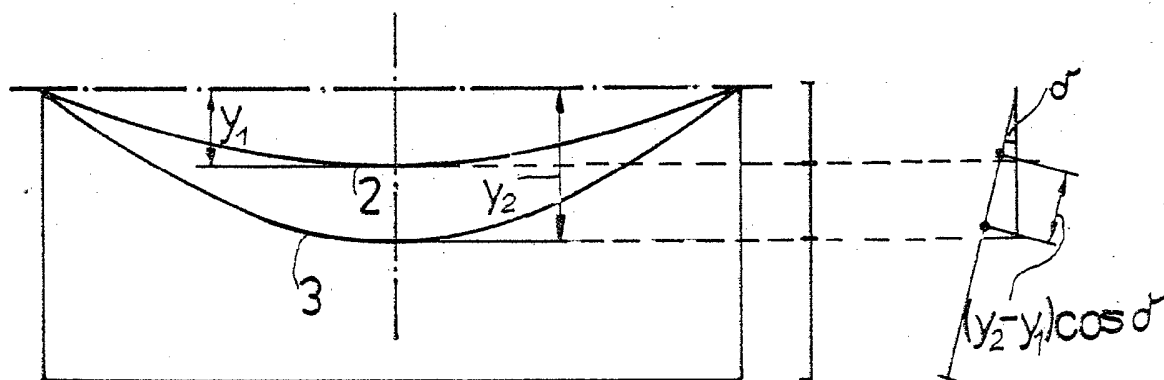


Fig. 2

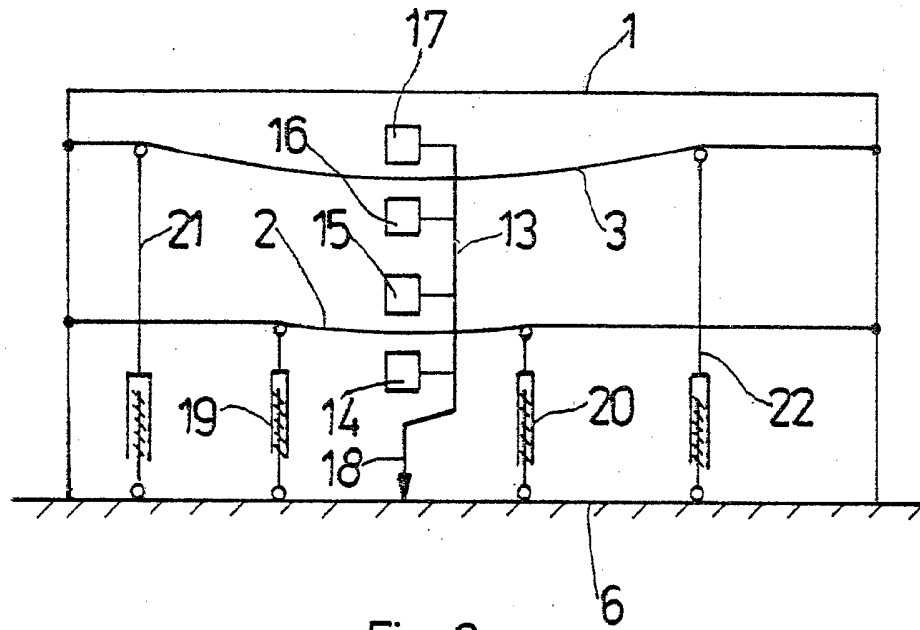


Fig. 3

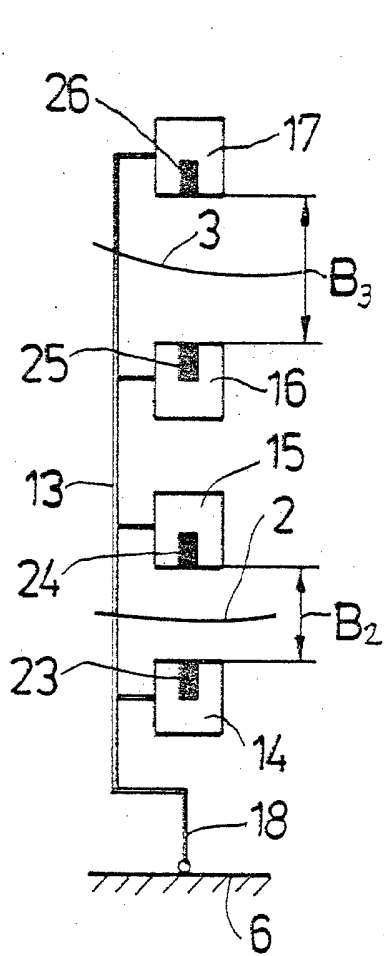


Fig. 4

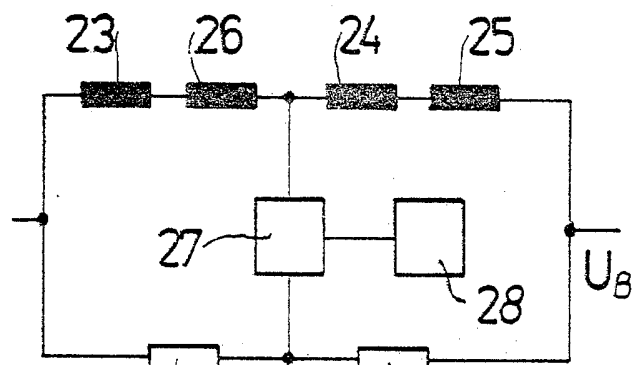


Fig. 5

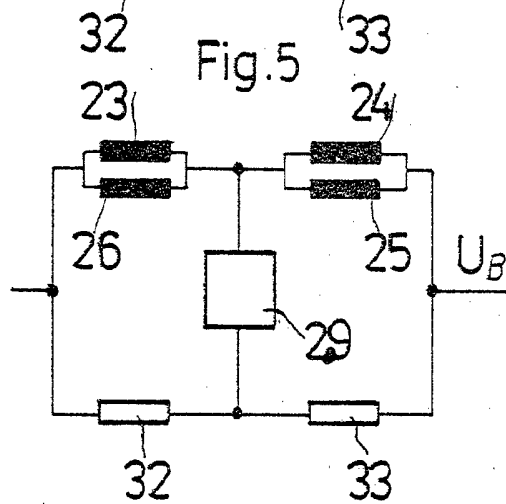


Fig. 6

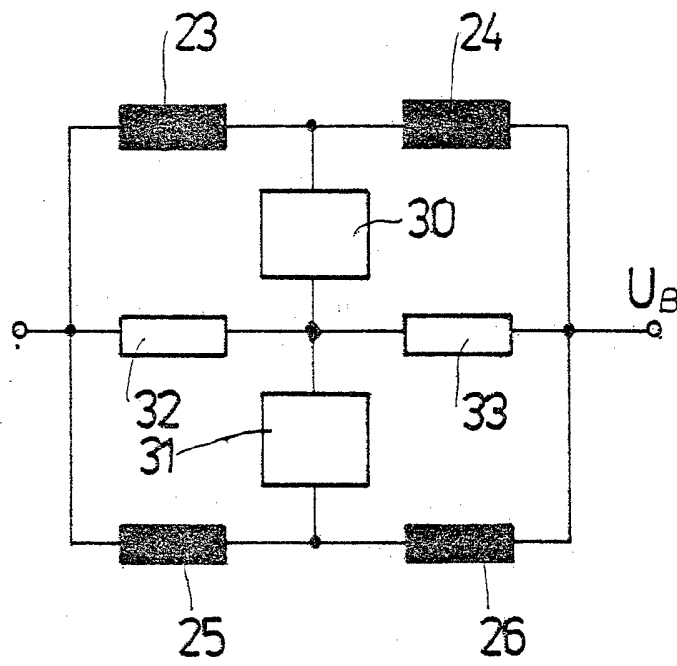


Fig.7