

ITALIAN PATENT OFFICE

Document No.

102010901873941A1

Publication Date

20120321

Applicant

POLITECNICO DI TORINO

Title

DISPOSITIVO DI MISURA E RELATIVO PROCEDIMENTO DI MISURA.

DESCRIZIONE dell'invenzione industriale dal titolo:

"Dispositivo di misura e relativo procedimento di misura"

di: Politecnico di Torino, nazionalità italiana, Corso Duca degli Abruzzi, 24 - 10129 Torino

Inventore designato: Andrea MURA

Depositata il: 21 settembre 2010

TESTO DELLA DESCRIZIONE

Campo dell'invenzione

La presente invenzione si riferisce ai dispositivi di misura delle deformazioni e degli spostamenti di un componente meccanico. Più precisamente, la presente invenzione si riferisce a un dispositivo di misura impiegante più trasduttori di posizione.

Problema tecnico generale

La misura degli spostamenti e delle deformazioni di un oggetto sottoposto a un carico è un'operazione che spesso volte viene eseguita con una precisione piuttosto bassa a causa dei limiti intrinseci dei dispositivi di misura stessi.

In altre parole, qualora il componente abbia una geometria complessa e/o le deformazioni che esso subisce interessino spostamenti lungo più gradi di libertà, eventualmente in combinazione fra di loro, i dispositivi di misura ad oggi a disposizione consentono di effettuare misure spesso molto semplificate.

Considerando ad esempio il caso di un estensimetro a filo o di un trasduttore di posizione lineare, è evidente che essi sono in grado di rilevare uno spostamento unicamente lungo una direzione, e nel caso di stati di deformazione complessi è evidente che si richiede un estensimetro associato a ciascuna delle direzioni lungo le

quali avvengono le deformazioni. Tuttavia, come precedentemente accennato, tali misure sono poco accurate poiché spesso sono influenzate da fattori quale il posizionamento degli estensimetri sull'oggetto e sono affetti pertanto da scarse ripetibilità e riproducibilità. Inoltre, la qualità è fortemente dipendente dall'esperienza di chi conduce la misura.

Scopo dell'invenzione

Lo scopo della presente invenzione è quello di superare i problemi tecnici precedentemente descritti in particolare lo scopo della presente invenzione è quello di fornire un dispositivo per la misura di spostamenti e deformazioni con una più alta precisione di misura rispetto ai dispositivi di tipo noto e nel contempo per rilevare un qualunque stato di deformazione indipendentemente dalla sua complessità.

Sommario dell'invenzione

Lo scopo della presente invenzione è raggiunto da un dispositivo di misura avente le caratteristiche formanti oggetto delle rivendicazioni che seguono, le quali formano parte integrante dell'insegnamento tecnico qui somministrato in relazione all'invenzione.

Breve descrizione dei disegni

L'invenzione sarà ora descritta con riferimento ai disegni annessi, dati a puro titolo di esempio non limitativo, in cui

- la figura 1 è una vista prospettica di un dispositivo di misura in base a una prima forma di esecuzione della presente invenzione,

- la figura 2A è una rappresentazione schematica di un dispositivo di misura secondo la presente invenzione comprendente riferimenti per il calcolo cinematico,

- la figura 2B è una vista prospettica del dispositivo di figura 1 durante l'esecuzione di una misura,
- la figura 3 è una vista prospettica di una variante del dispositivo di misura di figura 1, e
- la figura 4 illustra un dispositivo di misura in base a una seconda forma di esecuzione della presente invenzione.

Descrizione dettagliata di invenzione

Con riferimento alla figura 1, il numero di riferimento 1 indica un dispositivo di misura secondo una prima forma di esecuzione della presente invenzione. Il dispositivo 1 comprende una prima piastra 2, una seconda piastra 4 e un primo, un secondo, un terzo, un quarto, un quinto e un sesto trasduttore di posizione indicati con i numeri di riferimento, rispettivamente, 6, 8, 10, 12, 14, 16.

I suddetti trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16 sono interposti fra la prima e la seconda piastra 2, 4, collegano queste ultime e sono trasduttori di tipo lineare, ossia predisposti per rilevare spostamenti rettilinei lungo il proprio asse, rispettivamente, H6, H8, H10, H12, H14, H16.

Ciascun trasduttore è preferibilmente del tipo comprendente un primo e un secondo corpo scorrevoli l'uno rispetto all'altro (ad esempio uno stelo e un corpo tubolare che accoglie il suddetto stelo). Una tipologia corrispondente di trasduttore di posizione è il trasduttore LVDT, che può essere impiegato quindi sul dispositivo 1.

Le piastre 2, 4 hanno, in questa forma di esecuzione, ambedue una forma sostanzialmente a "C", in particolare:

- la prima piastra 2 comprende un primo e un secondo

braccio fra loro paralleli e indicati con i numeri di riferimento, rispettivamente, 18, 20 i quali sono congiunti da una prima testata 22, e

- la seconda piastra 4, per analogia, comprende un terzo e un quarto braccio 24, 26 fra loro paralleli congiunti da una seconda testata 28.

Le testate 22, 28 sono di preferenza ortogonali rispetto ai bracci corrispondenti.

I sei trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16 sono disposti fra le piastre 2, 4 raggruppati a coppie, ciascuna organizzata secondo una geometria a "V".

Il primo e il secondo trasduttore di posizione 6, 8 comprendono ciascuno una prima estremità, rispettivamente 30, 32 e una seconda estremità, rispettivamente 34, 36. Le prime estremità 30,32 sono connesse in corrispondenza, rispettivamente, di un primo e un secondo punto di collegamento A, B in prossimità di estremità opposte del braccio 18. Nella presente descrizione, il termine "punto di collegamento" corrisponde sostanzialmente a un'intersezione fra entità geometriche associate ai componenti del dispositivo 1 che viene associata a ciascun accoppiamento fra i trasduttori 6, 8, 10, 12, 14, 16 e le piastre 2, 4. Ciò significa che ciascun trasduttore di posizione è accoppiato alle piastre 2, 4 mediante rispettivi giunti disposti in corrispondenza dei suddetti punti di collegamento.

Le prime estremità 30, 32 sono pertanto connesse al braccio 18 mediante, rispettivamente, un primo e un secondo giunto J1, J2, rappresentati schematicamente e di tipo sferico.

Le seconde estremità 34, 36 sono invece connesse al braccio 24 della seconda piastra 4 ambedue in un terzo

punto di collegamento C mediante un unico terzo giunto J3 (che comprende sostanzialmente un giunto doppio di tipo sferico).

La proiezione sulla piastra 2 del punto di collegamento C è in posizione intermedia fra i punti di collegamento A, B quando le piastre 2, 4 sono fra loro parallele. Si realizza in tal modo una geometria sostanzialmente a "V" il cui vertice coincide con il punto C.

In modo sostanzialmente analogo, il terzo e il quarto trasduttore di posizione 10, 12 comprendono una rispettiva prima estremità 38, 40 e rispettive seconde estremità 42, 44. Le prime estremità 38, 40 sono connesse alla testata 22 mediante, rispettivamente, un quarto e un quinto giunto J4, J5 di tipo sferico disposti in corrispondenza di un quarto e un quinto punto di collegamento D, E fra loro distinti e situati in prossimità di estremità opposte della testata 22 stessa.

Le seconde estremità 42, 44 sono invece connesse alla testata 28 della piastra 4 ambedue in un sesto punto di collegamento F mediante un unico sesto giunto J6 (che comprende sostanzialmente un giunto doppio di tipo sferico).

La proiezione del punto di collegamento F sulla piastra 2 è in posizione intermedia fra i punti di collegamento D, E quando le piastre 2, 4 sono fra loro parallele.

Infine, il quinto e il sesto trasduttore di posizione 14, 16 comprendono una rispettiva prima estremità 46, 48 e una rispettiva seconda estremità 50, 52. Le prime estremità 46, 48 sono connesse al secondo braccio 20 mediante, rispettivamente, un settimo e un ottavo giunto J7, J8 di

tipo sferico disposti in corrispondenza di un settimo e un ottavo punto di collegamento G, H fra loro distinti e situati in prossimità di estremità opposte del braccio 20.

Le seconde estremità 50, 52 sono connesse ambedue al braccio 26 in un nono punto di collegamento I mediante un unico nono giunto J9 (che comprende sostanzialmente un giunto doppio di tipo sferico).

La proiezione del punto di collegamento I sulla piastra 2 è in posizione intermedia fra i punti di collegamento G, H quando le piastre 2, 4 sono fra loro parallele.

In tal modo, le tre coppie di trasduttori di posizione 6-8, 10-12, e 14-16 sono disposte, definendo una schiera con sviluppo sostanzialmente a "C", ciascuna lungo una porzione differente delle due piastre 2, 4 lasciando la zona compresa fra i bracci 18, 24 e 20, 26 e prospiciente le testate 22, 28 completamente libera. Si apprezzerà peraltro che la disposizione dei trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14 non ha simmetria circolare: tale caratteristica, come apparirà chiaro della descrizione che segue, risulta essere particolarmente vantaggiosa nell'elaborazione dei dati per l'ottenimento delle misure.

A livello generale, mentre la forma di esecuzione qui descritta comprende una prima e una seconda piastra 2, 4 di forma sostanzialmente a "C" che copia sostanzialmente lo sviluppo della schiera dei trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16, ai fini della presente invenzione la forma delle piastre 2, 4 può essere ampiamente variata. L'aspetto prioritario è la geometria a "C" della schiera dei trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16.

Di preferenza (figura 2A) i punti di collegamento G, E e B, D sono disposti sulla piastra 2 in modo che, tracciate

le rette congiungenti i punti G-H, E-D e A-B e individuate le intersezioni fra di esse:

- i punti G ed E risultino equidistanti rispetto a una prima intersezione I1 fra le rette congiungenti i punti G,H e D,E,

- i punti D e B risultino equidistanti rispetto a una seconda intersezione I2 fra le rette congiungenti i punti A,B e D,E,

- le distanze di cui sopra, indicate in con b in figura 2A, siano tutte identiche fra loro.

Nondimeno, preferibilmente la disposizione dei punti di collegamento C, F, I è scelta in modo che in condizioni di parallelismo fra le piastre 2, 4 gli assi di ciascuna coppia di trasduttori 6-8, 10-12, 14-16 definiscano un rispettivo piano ortogonale alle piastre 2, 4.

Si introduce infine (figura 2A) un sistema di riferimento cartesiano fisso e solidale rispetto al dispositivo 1 e di tipo destrorso indicato con O e comprendente tre assi ortogonali x, y, z in cui gli assi x e y definiscono un piano sostanzialmente parallelo alla piastra 2 (e alla piastra 4 quando questa è parallela alla piastra 2). Il sistema O è di preferenza centrato in corrispondenza dell'intersezione I1.

Il funzionamento del dispositivo 1 è il seguente.

Con riferimento alla figura 2B, un oggetto del quale si desidera misurare deformazioni e spostamenti, ad esempio sotto carico o a seguito di un montaggio in cui si rende necessario deformare l'oggetto, viene inserito fra le piastre 2, 4 sfruttando la zona libera fra i bracci di queste. A titolo esemplificativo, si considera come oggetto sul quale eseguire le misure un elemento di raccordo flessibile in treccia metallica per impieghi

autoveicolistici indicato con la lettera S.

L'elemento di raccordo flessibile S viene accoppiato al dispositivo 1 disponendo le piastre 2, 4 sostanzialmente a cavallo di esso. Di preferenza è prevista una particolare sagomatura delle zone di raccordo fra i bracci e le testate di ogni singola piastra per meglio conformarsi alla geometria del componente oggetto della misura. In figura 2, ad esempio, le testate hanno un bordo ad arco di circonferenza che copia la geometria cilindrica dell'elemento di raccordo flessibile S. Ciò è finalizzato alla realizzazione di un accoppiamento di tipo rigido fra le piastre 2, 4 e l'elemento S, ossia tale per cui gli spostamenti dell'elemento S non risultino disaccoppiati da quelli delle piastre 2, 4.

A livello più generale, come apparirà chiaro nel seguito è comunque sufficiente che vi sia un accoppiamento rigido almeno fra la piastra 4 e l'elemento S per l'esecuzione della misura, in quanto l'accoppiamento fra gli spostamenti dell'elemento S e della piastra 2 può essere realizzato in altro modo.

La seconda piastra 4 è mobile relativamente alla prima piastra 2 lungo sei gradi di libertà. Tali gradi di libertà comprendono, rispetto al sistema di riferimento O,

- tre traslazioni δx , δy , δz lungo gli assi, rispettivamente, x, y, z

- tre rotazioni ϑx , ϑy , ϑz attorno agli assi, rispettivamente, x, y, z.

Il movimento della piastra 4 rispetto alla piastra 2 è possibile grazie all'elongazione e alla contrazione dei trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16 nonché a rotazioni di essi rispetto alle piastre 2, 4 stesse.

Le elongazioni e le contrazioni dei trasduttori di

posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16, indicati rispettivamente con δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} avvengono lungo direzioni congiungenti la prima e la seconda estremità di ciascun trasduttore di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16 e possono avere ambedue i versi illustrati nelle figure.

Mantenendo la piastra 2 sostanzialmente fissa (in particolare rispetto al sistema di riferimento 0) durante l'esecuzione di una misura, qualunque spostamento e deformazione subite dell'elemento di raccordo flessibile S (ad esempio per l'applicazione di un carico o di uno spostamento) risulta in un movimento della seconda piastra 4 rispetto alla prima piastra 2.

Esiste un legame funzionale ben determinato fra gli spostamenti della seconda piastra 4 rispetto alla prima piastra 2 (nei gradi di libertà δ_x , δ_y , δ_z , ϑ_x , ϑ_y , ϑ_z) e gli spostamenti δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} che vengono coperti e rilevati dai trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16. Più in dettaglio, la cinematica del dispositivo 1 è descrivibile mediante un sistema di equazioni a nove incognite della cui soluzione si discuterà più avanti.

Per eseguire la misura è necessario acquisire, ad esempio mediante un'unità di elaborazione elettronica (non illustrata) connessa al dispositivo 1, gli spostamenti δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} rilevati dai corrispondenti trasduttori di posizione e risultanti dal movimento della seconda piastra 4 imposto dalla deformazione dell'elemento di raccordo flessibile S.

Risolvendo quindi il sistema di equazioni che descrive cinematicamente il dispositivo 1, è possibile, a partire dagli spostamenti δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} , risalire agli spostamenti δ_x , δ_y , δ_z , alle rotazioni ϑ_x , ϑ_y , ϑ_z e quindi, in definitiva, misurare le deformazioni che subisce

l'elemento di raccordo flessibile S.

A tal proposito, con riferimento alla figura 2A, verrà ora brevemente descritta la costruzione del sistema di equazioni associato al dispositivo e utilizzato per l'elaborazione dei dati provenienti dai trasduttori 6, 8, 10, 12, 14, 16.

Si introducono allo scopo le seguenti grandezze:

- $\vartheta_1, \vartheta_2, \vartheta_3$ corrispondono ad angoli compresi, rispettivamente, fra il trasduttore 16 e la retta congiungente i punti G e H, fra il trasduttore 12 e la retta congiungente i punti E, D e fra il trasduttore 8 e la retta congiungente i punti A, B;

- "a" corrisponde alla distanza fra i punti di collegamento A e B, D ed E, G e H (uguali fra loro)

- "b" (precedentemente introdotta) corrisponde alla distanza fra O e i punti di collegamento E, G, che per quanto precedentemente descritto è uguale alla distanza fra i punti, E, B e l'intersezione I2,

- $l_1, l_2, l_3, l_4, l_5, l_6$ sono distanze, rispettivamente, fra i punti di collegamento H e I, G e H, E ed F, D ed F, B e C, A e C e sono dipendenti dagli spostamenti $\delta_6, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{12}, \delta_{14}, \delta_{16}$ (sono uguali a meno di una costante),

- x_1, y_1, z_1 è una prima terna di coordinate riferite al punto di collegamento I rispetto al sistema di riferimento O,

- x_2, y_2, z_2 è una seconda terna di coordinate riferite al punto di collegamento F rispetto al sistema di riferimento O,

- x_3, y_3, z_3 è una terza terna di coordinate riferite al punto di collegamento C rispetto al sistema di riferimento O

- B è la distanza fra i punti di collegamento B e I, e
 - c è la distanza fra i punti di collegamento I, F e F, C (uguali fra loro).

Si assume inoltre, come descritto, che i piani individuati da ciascuna coppia di trasduttori di posizione (6-8, 10-12, 14-16) siano ortogonali alla piastra 2 (e alla piastra 4) quando esse sono parallele.

Gli angoli ϑ_1 , ϑ_2 , ϑ_3 sono calcolabili mediante le seguente relazioni

$$\theta_1 = \cos^{-1}((l_1^2 + a^2 - l_2^2)/(2l_1 a))$$

$$\theta_2 = \cos^{-1}((l_3^2 + a^2 - l_4^2)/(2l_3 a))$$

$$\theta_3 = \cos^{-1}((l_5^2 + a^2 - l_6^2)/(2l_5 a))$$

Ciò consente di ricavare le coordinate y_1 , x_2 e y_3

$$y_1 = b + l_1 \cos \theta_1 \quad (1)$$

$$x_1 = b + l_3 \cos \theta_3 \quad (2)$$

$$y_3 = b + l_5 \cos \theta_5 \quad (3)$$

E' quindi possibile scrivere tre equazioni che legano le posizioni reciproche dei punti di collegamento I, F, C piastra ricavando i moduli delle distanze B, c a partire dalle coordinate dei tre punti I, F, C stessi:

$$c^2 = (x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2 \quad (4) \quad \text{I-F}$$

$$c^2 = (x_2 - x_3)^2 + (y_2 - y_3)^2 + (z_2 - z_3)^2 \quad (5) \quad \text{C-F}$$

$$B^2 = (x_1 - x_3)^2 + (y_1 - y_3)^2 + (z_1 - z_3)^2 \quad (6)$$

Dove, con semplici passaggi,

$$c = \sqrt{\left(\frac{a+2b}{2}\right)^2 + \left(\frac{a+2b}{2}\right)^2}$$

$$B = a + 2b$$

Il sistema composto dalle equazioni (4), (5) e (6) ha nove incognite. Tre possono essere ricavate dalle equazioni (1), (2) e (3), per cui rimangono ancora sei incognite da ricavare.

Occorre dunque scrivere altre tre equazioni in modo da rendere risolubile il sistema. Tali equazioni possono essere ricavate calcolando distanze l_1 , l_3 ed l_5 a partire dalle coordinate dei punti I, F, C (figura 2A):

$$l_1^2 = x_1^2 + (b + a - y_1)^2 + z_1^2 \quad (7)$$

$$l_3^2 = (x_2 - b)^2 + y_2^2 + z_2^2 \quad (8)$$

$$l_5^2 = (a + 2b - x_3)^2 + (y_3 - b)^2 + z_3^2 \quad (9)$$

Da ciò risulta un sistema composto da sei equazioni, in particolare le equazioni (4), (5), (6), (7), (8), e (9).

Al fine di rendere più compatta la notazione, si introducono le seguenti equivalenze:

$$s = x_2$$

$$t = y_1$$

$$u = l_1^2 - (b + a - y_1)^2$$

$$q = l_3^2 - (x_2 - b)^2$$

$$l = y_3$$

$$I = l_5^2 - (y_3 - b)^2$$

$$n = (y_1 - y_3)^2$$

$$d = a + 2b$$

$$2\alpha = c^2 - s^2 - t^2 - u - q$$

$$2\beta = c^2 - s^2 - l^2 - q - I + d^2$$

$$2\gamma = B^2 - n - u - I + d^2$$

Da cui, dopo alcuni semplici passaggi,

$$\alpha + sx_1 + ty_2 + \sqrt{u - x_1^2} \sqrt{q - y_2^2} = 0 \quad (10)$$

$$\beta + x_3(s - d) + ly_2 + \sqrt{q - y_2^2} \sqrt{I - (d - x_3)^2} = 0 \quad (11)$$

$$\gamma + x_1x_3 - dx_3 + \sqrt{u - x_1^2} \sqrt{I - (d - x_3)^2} = 0 \quad (12)$$

Sviluppando le equazioni (10), (11) e (12) è possibile ricavare, rispettivamente, x_1 in funzione di y_2 , x_3 in funzione di y_2 e x_3 in funzione di x_1 :

$$x_1^2(s^2 + q - y_2^2) + x_1(2as + 2sty_2) + (\alpha^2 + t^2y_2^2 + 2aty_2 - uq + uy_2^2) = 0 \quad (13)$$

$$x_3^2(k^2 + q - y_2^2) + x_3(2kly_2 - 2qd + 2dy_2^2 + 2\beta k) + (\beta^2 + l^2y_2^2 + 2\beta ly_2 - ql + ly_2^2 + qd^2 - d^2y_2^2) = 0 \quad (14)$$

$$x_3^2(sd^2 - 2dx_1 + u) + x_3(2\gamma x_1 - 2yd - 2du + 2dx_1^2) + (y^2 - ul + lx_1^2 + ud^2 - d^2x_1^2) = 0 \quad (15)$$

Ricavando quindi x_1 dall'equazione (13) e sostituendolo nell'equazione (15) è possibile ottenere un'equazione che esprime x_3 in funzione di y_2 (tali equazioni sono di secondo grado e pertanto hanno due soluzioni; l'inventore ha verificato che la soluzione corretta è quella con segno positivo del discriminante).

$$x_1 = \frac{-(2as + 2sty_2) + \sqrt{(2as + 2sty_2)^2 - 4(s^2 + q - y_2^2)(\alpha^2 + t^2y_2^2 + 2aty_2 - uq + uy_2^2)}}{2(s^2 + q - y_2^2)}$$

Eguagliando l'equazione (15) ottenuta con il valore di

x1 testé riportato e l'equazione (14) si ottiene un equazione dove la sola incognita è y2:

$$(16) \quad \begin{aligned} &((-2kly_2-2qd+2dy_2^2+2bk)+((2kly_2-2qd+2dy_2^2+2bk)^2-4(k^2+q- \\ &y_2^2)(b^2+l^2)(y_2^2)+2bly_2-l+ly_2^2+qd^2-(d^2)(y_2^2)))^{0.5}/(2(k^2+q-y_2^2))-((-2g((-2as+2sty_2)- \\ &((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))-2gd- \\ &2du+2d((-2as+2sty_2)-((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2- \\ &uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))^2+((2g((-2as+2sty_2)-((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q- \\ &y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))-2gd-2du+2d(((2as+2sty_2)- \\ &((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))^2-4(d^2- \\ &2d((-2as+2sty_2)-((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q- \\ &y_2^2))))+u)(g^2-ul+l((-2as+2sty_2)-((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2- \\ &uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))^2+ud^2-d^2((-2as+2sty_2)-((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q- \\ &y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2)))^2)/((2(d^2-2d((-2as+2sty_2)- \\ &((2as+2sty_2)^2-4(s^2+q-y_2^2)(a^2+(t^2)(y_2^2)+2aty_2-uq+uy_2^2))^{0.5})/(2(s^2+q-y_2^2))))+u)))=0 \end{aligned}$$

L'equazione (16) non ha una soluzione analitica e pertanto deve essere risolta numericamente, ad esempio con il metodo di bisezione.

Nota la coordinata y2 è possibile sostituirla nelle altre equazioni e calcolare analiticamente tutte le altre incognite. La soluzione del sistema è pertanto di tipo semi-numerico.

Ricavate le coordinate dei tre punti I, F e C è possibile calcolare le deformazioni dell'elemento S intese come gli spostamenti relativi tra la piastra 4 e la piastra 2.

Si osservi inoltre, richiamando quanto precedentemente accennato, che il vincolo imposto alla piastra 2 può essere imposto anche sulla struttura o sull'oggetto sul quale si esegue la misura senza necessità di accoppiamento rigido con la piastra 2 stessa.

A titolo esemplificativo, se l'elemento S viene sottoposto a una misura mediante il dispositivo 1 in ambiente di laboratorio, è possibile fissare la porzione dell'elemento S che si trova in corrispondenza della piastra 2 al medesimo supporto al quale è fissata la piastra 2 stessa. L'accoppiamento in tal modo sarebbe indiretto e per di più sarebbe possibile disporre di una piastra 2 "universale", ossia atta all'esecuzione di misura su diversi oggetti la quale può essere abbinata a diverse piastre 4 conformate in funzione della geometria dell'oggetto sul quale viene eseguita la misura.

Risulta quindi, in sintesi, definito un procedimento di misura che, in termini generali, comprende le seguenti fasi:

- accoppiare rigidamente un oggetto almeno con la seconda piastra 4 ed eventualmente con la prima piastra 2,
- mantenere la prima piastra 2 sostanzialmente fissa rispetto al sistema di riferimento 0 solidale rispetto al dispositivo 1,
- rilevare gli spostamenti $\delta_6, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{12}, \delta_{14}, \delta_{16}$ mediante i trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16 risultanti dal movimento della seconda piastra 4 rispetto a detta prima piastra 2 imposto da una deformazione dell'oggetto a esse accoppiato, e
- calcolare spostamenti e rotazioni $\delta_x, \delta_y, \delta_z, \vartheta_x, \vartheta_y, \vartheta_z$ della seconda piastra 4 relativamente alla prima piastra 2 a partire dagli spostamenti $\delta_6, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{12}, \delta_{14}, \delta_{16}$ rilevati dai trasduttori di posizione 6, 8, 10, 12, 14, 16.

L'implementazione di tale procedimento di misura risulta essere molto semplice e vantaggiosa sia in termini computazionali, sia in termini meccanici.

Dal punto di vista computazionale, in base a un vantaggioso aspetto della presente invenzione, la simmetria non circolare con la quale sono disposti i trasduttori di posizione consente di ricavare una soluzione di tipo semi-numerico, quale quella precedentemente descritta, per il sistema di equazioni che risulta notevolmente più semplice (quindi meno onerosa dal punto di vista computazionale) rispetto al caso in cui vi fosse una simmetria circolare nella disposizione dei trasduttori 6, 8, 10, 12, 14, 16.

L'algoritmo utilizzato per risolvere il sistema di equazioni calcola iterativamente solo una delle nove incognite ricavando successivamente in modo analitico le ulteriori incognite a partire dal calcolo numerico della prima. Ciò consente di ridurre la potenza di calcolo necessaria, o, dualmente, di avere risultati in tempi ridotti a parità di potenza di calcolo.

Dal punto di vista meccanico, si apprezzerà che il dispositivo 1 può essere sia utilizzato in laboratorio (nel qual caso l'unità di elaborazione elettronica può essere una postazione fissa con un calcolatore) sia utilizzato a bordo di un veicolo o di una struttura della quale si desidera misurare in tempo reale le deformazioni (nel qual caso l'unità di elaborazione elettronica può essere una centralina elettronica installata a bordo del veicolo o della struttura). Ad esempio, nel caso dell'elemento di raccordo flessibile S è possibile accoppiarvi il dispositivo 1 direttamente nel sottoscocca del veicolo collegandolo con una centralina del veicolo stesso eventualmente predisposta per cooperare con altri sistemi del veicolo. Inoltre i vincoli necessari al mantenimento della posizione della prima piastra 2 sono facilmente riproducibili a bordo del veicolo (o di una qualsiasi

struttura sul quale il dispositivo 1 viene installato).

Si osservi infine che il dispositivo 1 può essere anche impiegato come trasduttore di posizione globale per la misurazione di spostamenti rispetto a un riferimento fisso, ad esempio accoppiando rigidamente la piastra 4 a una struttura o a un oggetto (eventualmente mobile) e fissando la piastra 2 a un diverso oggetto o struttura che funge da riferimento fisso. Dunque in questo caso è più evidente che mai come in generale sia sufficiente il solo accoppiamento con la seconda piastra 4 per l'esecuzione di una misura (valgono comunque le precedenti considerazioni).

Il dispositivo 1 secondo l'invenzione presenta quindi una serie di notevoli vantaggi. In primo luogo, la struttura delle piastre 2,4 e la conseguente disposizione dei trasduttori rispetto ad esse priva di simmetria circolare che consente di avere un'area entro la quale disporre con facilità l'oggetto del quale si desidera misurare le deformazioni.

Inoltre, la possibilità di risolvere in modo semi-numerico il sistema di equazioni che descrive la cinematica del dispositivo 1 consente di ridurre drasticamente i tempi di calcolo rendendo possibile, a parità di potenza di calcolo installata sull'unità di elaborazione elettronica che viene connessa al dispositivo 1, di acquisire ed elaborare dati in un tempo inferiore.

Con riferimento alla figura 3, una vantaggiosa variante dello strumento 1 è indicata con il numero di riferimento 1'. Tutti i componenti identici a quelli precedentemente descritti recano il medesimo numero di riferimento. La differenza del dispositivo 1' rispetto al dispositivo 1 risiede unicamente nel fatto che il terzo e il quarto trasduttore di posizione 10, 12 sono disposti in

modo invertito rispetto allo strumento 1. Gli assi H10, H12 definiscono un piano ortogonale alla prima piastra 2.

In particolare, le prime estremità 38, 40 dei trasduttori 10, 12 sono connesse alla prima testata 20 in un unico punto di collegamento D' mediante un unico quarto giunto J4' (che comprende sostanzialmente un giunto doppio di tipo sferico), mentre le seconde estremità 42, 44 sono connesse alla seconda piastra 4 in corrispondenza della seconda testata 28 in due punti di collegamento separati E', F' mediante rispettivi giunti J5' J6' di tipo sferico. La posizione del punto di collegamento D' è tale per cui la sua proiezione sulla piastra 4 è in posizione intermedia rispetto ai punti E'. F' quando le piastre 2, 4 sono parallele.

Tale disposizione consente ulteriormente di ottimizzare gli ingombri dei trasduttori di posizione e di ampliare l'area dedicata all'inserimento di un oggetto sul quale eseguire una misura.

Con riferimento alla figura 4, una seconda forma di esecuzione di un dispositivo di misura secondo la presente invenzione è indicata con il numero di riferimento 100 (qui compare anche l'elemento S parzialmente sezionato per mostrare alcuni componenti altrimenti non visibili).

Il dispositivo di misura 100 comprende una prima piastra 102, una seconda piastra 104 e sei estensimetri a filo 106, 108, 110, 112, 114, 116. I suddetti estensimetri a filo 106, 108, 110, 112, 114, 116 sono interposti fra la prima e la seconda piastra 2, 4, collegano queste ultime e comprendono rispettivi tamburi D106, D108, D110, D112, D114, D116 aventi rispettivi assi H016, H108, H110, H112, H114, H116 e sui quali si avvolgono corrispondenti fili W106, W108, W110, W112, W114, W116 di materiale

sostanzialmente inestensibile.

La prima piastra 102 comprende, in questa forma di esecuzione, un elemento di base 118 di forma quadrilatera avente un foro passante 120 sagomato per accogliere l'elemento S o un qualunque oggetto di cui si desidera eseguire la misura, e una prima, una seconda, una terza e una quarta staffa 122, 124, 126, 128 fissate all'elemento di base 118 in corrispondenza di quattro vertici di un quadrilatero, qui coincidenti con i vertici dell'elemento di base 118.

La prima e la seconda staffa 122, 124 hanno forma sostanzialmente a "L", sono fissate in modo da avere, rispettivamente, un primo lembo 130 e un secondo lembo 132 ortogonali all'elemento di base 118. Inoltre sono fra loro allineate e stanno da una stessa parte rispetto alle staffe 126, 128.

La terza staffa 126 è di tipo angolare, ossia comprende un terzo e un quarto lembo 134, 136 fra loro ortogonali ed è fissata all'elemento di base 118 in modo che i lembi 134, 136 risultino ad esso ortogonali.

La quarta staffa 128 è identica alla terza staffa 126 e comprende un quinto e un sesto lembo 138, 140 fra loro ortogonali ed è fissata all'elemento di base 118 in modo che i suddetti lembi 138, 140 risultino ad esso ortogonali.

La sequenza dei lembi 130, 134, 136, 138, 140, 132 definisce in tal modo una schiera con una geometria sostanzialmente a "C", come si può apprezzare in figura 4, definita sostanzialmente da tre tratti ortogonali comprendenti,

- un primo tratto definito dai lembi 130 e 134
- un secondo tratto definito dai lembi 136, 138
- un terzo tratto definito dai lembi 132, 140

La piastra 102 comprende inoltre sei elementi di supporto 142, 144, 146, 148, 150, 152 fissati, rispettivamente, ai lembi 130, 134, 136, 138, 140, 132.

La seconda piastra 104 è in questa forma di esecuzione configurata essenzialmente come un elemento anulare comprendente una prima e una seconda porzione 154, 156 accoppiabili mediante collegamenti filettati e portante una quinta, una sesta e una settima staffa 158, 160, 162 disposte nei vertici di un triangolo isoscele (le staffe 158, 162 sono fra loro opposte). A ciascuna staffa è infine fissata in modo rimovibile una rispettiva piastrina di bloccaggio, rispettivamente, 164, 166, 168.

I tamburi D106, D108, D110, D112, D114, D116 degli estensimetri a filo sono connessi alla prima piastra 102 mediante fissaggio agli elementi di supporto, rispettivamente, 142, 144, 146, 148, 150, 152. In tal modo, gli estensimetri a filo risultano disposti secondo una geometria a "C" e raggruppati nelle coppie 106-108, 110-112 e 114-116.

I tamburi D106, D108 sono fissati, rispettivamente, agli elementi di supporto 142, 144 in corrispondenza di un primo e un secondo punto di collegamento A'', B'' fra loro distinti. Dunque essi sono connessi alla piastra 102 lungo il primo tratto della summenzionata schiera di lembi delle staffe.

In analogia con il dispositivo 1, ogni punto di collegamento sulla piastra 102 è definito dall'intersezione dell'asse di un tamburo con il corrispondente elemento di supporto ed è inteso come riferimento geometrico in corrispondenza del quale è disposto un giunto fra un estensimetro a filo e la piastra 102 (di preferenza un collegamento filettato, al pari dei rimanenti

estensimetri).

I corrispondenti fili W106, W108 sono invece connessi alla piastra 104, particolarmente alla staffa 158, in un unico terzo punto di collegamento C''. per la piastra 104 si assume come punto di collegamento la presunta intersezione dei fili convergenti su ciascuna delle staffe 158, 160, 162.

In tal caso la connessione è realizzata serrando la piastrina di bloccaggio 164 sulla staffa 158 (altre soluzioni sono comunque possibili) pizzicando i due fili W106, W108 che ivi convergono.

I tamburi D110, D112 sono fissati, rispettivamente, agli elementi di supporto 146, 148 in corrispondenza di un quarto e un quinto punto di collegamento D'', E'' fra loro distinti (dunque essi sono connessi alla piastra 102 lungo il secondo tratto della summenzionata schiera di lembi delle staffe), mentre i corrispondenti fili W110, W112 sono connessi alla piastra 104, particolarmente alla staffa 160, in un unico sesto punto di collegamento F'' mediante serraggio della piastrina di bloccaggio 166.

Infine, i tamburi D114, D116 sono fissati, rispettivamente, agli elementi di supporto 150, 152 in corrispondenza di un settimo e un ottavo punto di collegamento G'', H'' fra loro distinti (dunque essi sono connessi alla piastra 102 lungo il terzo tratto della summenzionata schiera di lembi delle staffe), mentre i corrispondenti fili W114, W116 sono connessi alla piastra 104, particolarmente alla staffa 162, in un unico nono punto di collegamento I'' mediante serraggio della piastrina di bloccaggio 168.

Si osservi che anche in questo caso gli estensimetri a filo sono raggruppati a coppie, ciascuna organizzata

secondo una geometria a "V", e definiscono una schiera con geometria a "C" e priva di simmetria centrale, al pari del dispositivo 1. Inoltre, ciascuna coppia di fili convergenti di preferenza definisce un piano ortogonale all'elemento di base 118.

La posizione relativa fra i vari punti di collegamento è poi preferibilmente identica a quanto illustrato in figura 2A, (semplicemente occorre sostituire i punti A, B, C D, E, F, G, H, I con i corrispondenti A'', B'', C'', D'', E'', F'', G'', H'', I''), così come è identica la scelta del sistema di riferimento O, il che consente di applicare il sistema di equazioni precedentemente descritto. Nulla cambia a livello di procedimento di misura, per cui, detti $\delta 106$, $\delta 108$, $\delta 110$, $\delta 112$, $\delta 114$, $\delta 116$ gli spostamenti dei fili W106, W108, W110, W112, W114, W116 rilevabili mediante i corrispondenti estensimetri a filo, a partire da essi è possibile calcolare gli spostamenti e le rotazioni δx , δy , δz , ϑx , ϑy , ϑz della piastra 104 rispetto alla piastra 102 e di conseguenza le deformazioni e gli spostamenti dell'elemento di raccordo flessibile S (o di un qualsiasi altro oggetto). Fatta eccezione per la differente tipologia di trasduttori di posizione (e quindi il differente tipo di collegamento alle piastre 102, 104), il funzionamento è sostanzialmente identico a quello del dispositivo 1, con tutti i vantaggi precedentemente descritti.

Naturalmente, fermo restando il principio dell'invenzione, i particolari di costruzione e le forme di esecuzione potranno essere ampiamente variati rispetto a quanto descritto ed illustrato a puro titolo di esempio, senza per questo uscire dall'ambito di tutela della presente invenzione, così come definito dalle rivendicazioni annesse.

RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di misura (1, 1', 100) di spostamenti e deformazioni di un oggetto (S) caratterizzato dal fatto che comprende:

- una prima piastra (2, 102),
- una seconda piastra (4, 104)
- sei trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116) disposti tra e colleganti dette prima e seconda piastra (2, 4; 102, 104),

in cui, di dette prima e seconda piastra (2, 4; 102, 104), almeno detta seconda piastra (4, 104) è suscettibile di essere accoppiata in modo rigido a detto oggetto,

in cui detti trasduttori di posizione sono disposti fra dette prima e seconda piastra raggruppati in coppie, i trasduttori di posizione di ciascuna coppia (6, 8; 10, 12; 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116) avendo disposizione sostanzialmente a "V", e

in cui detto dispositivo (1, 1', 100) è predisposto per la misura di spostamenti e rotazioni (δx , δy , δz , ϑx , ϑy , ϑz) di detta seconda piastra (4, 104) rispetto a detta prima piastra (2, 102) mediante detti trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16, 106, 108, 110, 112, 114, 116).

2. Dispositivo (1, 1') secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detta prima piastra (2) ha forma sostanzialmente a "C" comprendente:

- un primo braccio (18)
- un secondo braccio (20) parallelo a detto primo braccio (18)
- una prima testata (20) congiungente detti primo e secondo braccio (18, 20).

3. Dispositivo (1, 1') secondo la rivendicazione 2,

caratterizzato dal fatto che detta seconda piastra (4) ha forma sostanzialmente a "C" comprendente:

- un terzo braccio (24)
- un quarto braccio (26) parallelo a detto terzo braccio (24),
- una seconda testata (28) congiungente detti terzo e quarto braccio (24, 26).

4. Dispositivo (1, 1') secondo la rivendicazione 3, caratterizzato dal fatto che un primo e un secondo trasduttore di posizione (6, 8) di detti sei trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprendono rispettive prime estremità (30, 32) e rispettive seconde estremità (34, 36), in cui dette prime estremità (30, 32) sono connesse a detto primo braccio (18) in un primo e un secondo punto di collegamento (A, B) fra loro distinti e in cui dette seconde estremità (34, 36) sono connesse a detto terzo braccio (24) in un unico terzo punto di collegamento (C).

5. Dispositivo (1) secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che un terzo e un quarto trasduttore di posizione (10, 12) di detti sei trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprendono rispettive prime estremità (38, 40) e rispettive seconde estremità (42, 44), in cui dette prime estremità (38, 40) sono connesse a detta prima testata (22) in un quarto e un quinto punto di collegamento (D, E) fra loro distinti e in cui dette seconde estremità (42, 44) sono connesse a detta seconda testata (28) in un unico sesto punto di collegamento (F).

6. Dispositivo (1') secondo la rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che un terzo e un quarto trasduttore di posizione (10, 12) di detti sei trasduttori

di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprendono rispettive prime estremità (38, 40) e rispettive seconde estremità (42, 44), in cui dette prime estremità (38, 40) sono connesse a detta prima testata (22) in un unico quarto punto di collegamento (D') e in cui dette seconde estremità (42, 44) sono connesse a detta seconda testata (28) un quinto e un sesto punto di collegamento (E', F') fra loro distinti.

7. Dispositivo (1, 1') secondo la rivendicazione 5 o la rivendicazione 6, caratterizzato dal fatto che un quinto e un sesto trasduttore di posizione (14, 16) di detti sei trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprendono rispettive prime estremità (46, 48) e rispettive seconde estremità (50, 52), in cui dette prime estremità (46, 48) sono connesse a detto secondo braccio (20) in un settimo e un ottavo punto di collegamento (G, H) fra loro distinti e in cui dette seconde estremità (50, 52) sono connesse a detto quarto braccio (26) in un unico nono punto di collegamento (I).

8. Dispositivo (1, 1') secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16) sono trasduttori di posizione di tipo LVDT.

9. Dispositivo (100) secondo la rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che detti trasduttori di posizione sono estensimetri a filo (106, 108, 110, 112, 114, 116), ciascuno comprendente:

- un tamburo (D106, D108, D110, D112, D114, D116)
- un filo (W106, W108, W110, W112, W114, W116) avvolto su detto tamburo ((D106, D108, D110, D112, D114, D116).

10. Dispositivo (100) secondo la rivendicazione 9, caratterizzato dal fatto che detta prima piastra (102)

comprende:

- un elemento di base (118),
- una pluralità di staffe (122, 124, 126, 128) comprendenti lembi (130, 132, 134, 136, 138, 140, 142) disposti a schiera secondo una geometria sostanzialmente a "C" comprendente tre tratti fra loro ortogonali (130, 134; 136, 138; 140, 132), dette staffe (122, 124, 126, 128) essendo fissate a detto elemento di base (118).

11. Dispositivo (100) secondo la rivendicazione 10, caratterizzato dal fatto che

- i tamburi (D106, D108) di un primo e un secondo estensimetro a filo (106, 108) sono connessi a detta prima piastra (102) lungo un primo tratto (130, 134) di detta schiera in corrispondenza di un primo e un secondo punto di collegamento (A'', B'') distinti,

- i fili (W106, W108) di detti primo e secondo estensimetro a filo (106, 108) sono connessi a detta seconda piastra (104) in un unico terzo punto di collegamento (C'').

12. Dispositivo (100) secondo la rivendicazione 11, caratterizzato dal fatto che

- i tamburi (D110, D112) di un terzo e un quarto estensimetro a filo (110, 112) sono connessi a detta prima piastra (102) lungo un secondo tratto (136, 138) di detta schiera in corrispondenza di un quarto e un quinto punto di collegamento (D'', E'') distinti,

- i fili (W110, W112) di detti terzo e quarto estensimetro a filo (110, 112) sono connessi a detta seconda piastra (104) in un unico sesto punto di collegamento (F'').

13. Dispositivo (100) secondo la rivendicazione 12, caratterizzato dal fatto che

- i tamburi (D114, D116) di un terzo e un quarto estensimetro a filo (114, 116) sono connessi a detta prima piastra (102) lungo un terzo tratto (140, 132) di detta schiera in corrispondenza di un settimo e un ottavo punto di collegamento (G'' , H'') distinti,

- i fili (W114, W116) di detti terzo e quarto estensimetro a filo (114, 116) sono connessi a detta seconda piastra (104) in un unico nono punto di collegamento (I'').

14. Procedimento per l'esecuzione di una misura mediante un dispositivo di misura (1, 1', 100) secondo una o più delle precedenti rivendicazioni, comprendente le fasi di:

- accoppiare rigidamente un oggetto (S) con detta seconda piastra (4),

- mantenere detta prima piastra (2) sostanzialmente fissa rispetto a un sistema di riferimento (0) solidale rispetto a detto dispositivo (1, 1', 100),

- rilevare spostamenti (δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} ; δ_{106} , δ_{108} , δ_{110} , δ_{112} , δ_{114} , δ_{116}) mediante detti trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116) risultanti dal movimento detta seconda piastra (4, 104) rispetto a detta prima piastra (2, 102) imposto da una deformazione di detto oggetto (S), e

- calcolare spostamenti e rotazioni (δ_x , δ_y , δ_z , ϑ_x , ϑ_y , ϑ_z) di detta seconda piastra (4, 104) relativamente a detta prima piastra (2, 102) mediante elaborazione degli spostamenti (δ_6 , δ_8 , δ_{10} , δ_{12} , δ_{14} , δ_{16} ; δ_{106} , δ_{108} , δ_{110} , δ_{112} , δ_{114} , δ_{116}) rilevati da detti trasduttori di posizione (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116).

15. Procedimento secondo la rivendicazione 14,

caratterizzato dal fatto che comprende l'accoppiamento di detto oggetto (S) anche a detta prima piastra (2, 102) contestualmente alla fase di accoppiamento di detto oggetto (S) a detta seconda piastra (4, 104).

CLAIMS

1. A device (1, 1', 100) for measuring displacements and deformation of an object (S) characterised in that it comprises:

- a first plate (2, 102),
- a second plate (4, 104),
- six position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116) located between and connecting said first and second plates (2, 4; 102, 104),

wherein, of said first and second plates (2, 4; 102, 104), at least said second plate (4, 104) is susceptible of being rigidly coupled to said object (S),

wherein said position transducers are located between said first and second plate grouped in pairs, the position transducers of each pair (6, 8; 10, 12; 14, 16; 106, 108; 110, 112; 114, 116) having a substantially "V"-shaped arrangement, and

wherein said device (1, 1', 100) is arranged for measuring displacements and rotations (δx , δy , δz , ϑx , ϑy , ϑz) of said second plate (4, 104) with respect to said first plate (2, 102) by means of said position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16, 106, 108, 110, 112, 114, 116).

2. The device (1, 1') according to claim 1, characterised in that said first plate (2) is substantially "C"-shaped comprising:

- a first arm (18),
- a second arm (20) parallel to said first arm (18),
- a first header (20) joining said first and second arms (18, 20).

3. The device (1, 1') according to claim 2, characterised in that said second plate (4) is substantially "C"-shaped comprising:

- a third arm (24)
- a fourth arm (26) parallel to said third arm (24),
- a second header (28) joining said third and fourth arms (24, 26).

4. The device (1, 1') according to claim 3, characterised in that a first and a second position transducer (6, 8) of said six position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprise respective first ends (30, 32) and respective second ends (34, 36), wherein said first ends (30, 32) are connected to said first arm (18) in a first and a second connection point (A, B) distinct from one another and wherein said second ends (34, 36) are connected to said third arm (24) in a sole third connection point (C).

5. The device (1) according to claim 4, characterised in that a third and a fourth position transducers (10, 12) of said six position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprise respective first ends (38, 40) and respective second ends (42, 44) wherein said first ends (38, 40) are connected to said first header (22) in a fourth and a fifth connection point (D, E) distinct from one another and wherein said second ends (42, 44) are connected to said second header (28) in a sole sixth connection point (F).

6. The device (1') according to claim 4, characterised in that a third and a fourth position transducers (10, 12) of said six position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprise respective first ends (38, 40) and respective second ends (42, 44) wherein said first ends (38, 40) are connected to said first header (22) in a sole fourth connection point (D') and wherein said second ends (42, 44) are connected to said second header (28) in a fifth and a sixth connection point (E', F') distinct from one another.

7. The device (1, 1') according to claim 5 or claim 6, characterised in that a fifth and a sixth position transducers (14, 16) of said six position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16) comprise respective first ends (46, 48) and respective second ends (50, 52) wherein said first ends (46, 48) are connected to said second arm (20) in a seventh and an eighth connection point (G, H) distinct from one another and wherein said second ends (50, 52) are connected to said fourth arm (26) in a sole ninth connection point (I).

8. The device (1, 1') according to claim 1, characterized in that said position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16) are position transducers of the LVDT type.

9. The device (100) according to claim 1, characterized in that said position transducers are wire extensometers (106, 108, 110, 112, 114, 116), each comprising :

- a drum (D106, D108, D110, D112, D114, D116)
- a wire (W106, W108, W110, W112, W114, W116) wound on said drum (D106, D108, D110, D112, D114, D116).

10. The device (100) according to claim 9, characterized in that said first plate (102) comprises:

- a base element (118),
- a plurality of stirrups (122, 124, 126, 128) comprising flaps (130, 132, 134, 136, 138, 140, 142) arranged in an array according to a substantial "C"-shaped geometry comprising three stretches orthogonal to each other (130, 134; 136, 138; 140, 132), said stirrups (122, 124, 126, 128) being fixed to said base element (118).

11. The device (100) according to claim 10, characterized in that

- the drums (D106, D108) of a first and a second wire extensometer (106, 108) are connected to said first plate (102) along a first stretch (130, 134) of said array in correspondence of a first and a second connection point (A'', B'') distinct from one another,

- the wires (W106, W108) of said first and second wire extensometers (106, 108) are connected to said second plate (104) in a sole third connection point (C'').

12. The device (100) according to claim 11, characterized in that

- the drums (D110, D112) of a third and a fourth wire extensometers (110, 112) are connected to said first plate (102) along a second stretch (136, 138) of said array in correspondence of a fourth and a fifth connection point (D'', E'') distinct from one another,

- the wires (W110, W112) of said third and fourth wire extensometers (110, 112) are connected to said second plate (104) in a sole sixth connection point (F'').

13. The device (100) according to claim 12, characterized in that

- the drums (D114, D116) of a fifth and a sixth wire extensometers (114, 116) are connected to said first plate (102) along a first stretch (140, 132) of said array in correspondence of a seventh and an eight connection point (G'', H'') distinct from one another,

- the wires (W114, W116) of said fifth and sixth wire extensometers (114, 116) are connected to said second plate (104) in a sole ninth connection point (I'').

14. A method for performing a measure by means of a device (1, 1', 100) according to one or more of the previous claims, comprising the steps of:

- rigidly coupling an object (S) with said second

plate (4),

- keeping said first plate (2) substantially fixed with respect to a coordinate system (0) which is local with respect to said device (1, 1', 100),

- detecting displacements ($\delta_6, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{12}, \delta_{14}, \delta_{16}; \delta_{106}, \delta_{108}, \delta_{110}, \delta_{112}, \delta_{114}, \delta_{116}$) by means of said position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116) resulting from the movement of said second plate (4, 104) with respect to said first plate (2, 102) imposed by a deformation of said object (S), and

- calculating displacements and rotations ($\delta x, \delta y, \delta z, \vartheta x, \vartheta y, \vartheta z$) of said second plate (4, 104) relative to said first plate (2, 102) by processing the displacement ($\delta_6, \delta_8, \delta_{10}, \delta_{12}, \delta_{14}, \delta_{16}; \delta_{106}, \delta_{108}, \delta_{110}, \delta_{112}, \delta_{114}, \delta_{116}$) detected by said position transducers (6, 8, 10, 12, 14, 16; 106, 108, 110, 112, 114, 116,).

15. The method according to claim 14, characterized in that it comprises coupling said object (S) to said first plate (2, 102) too, contextually to the coupling step of said object (S) to said second plate (4, 104).

FIG. 1

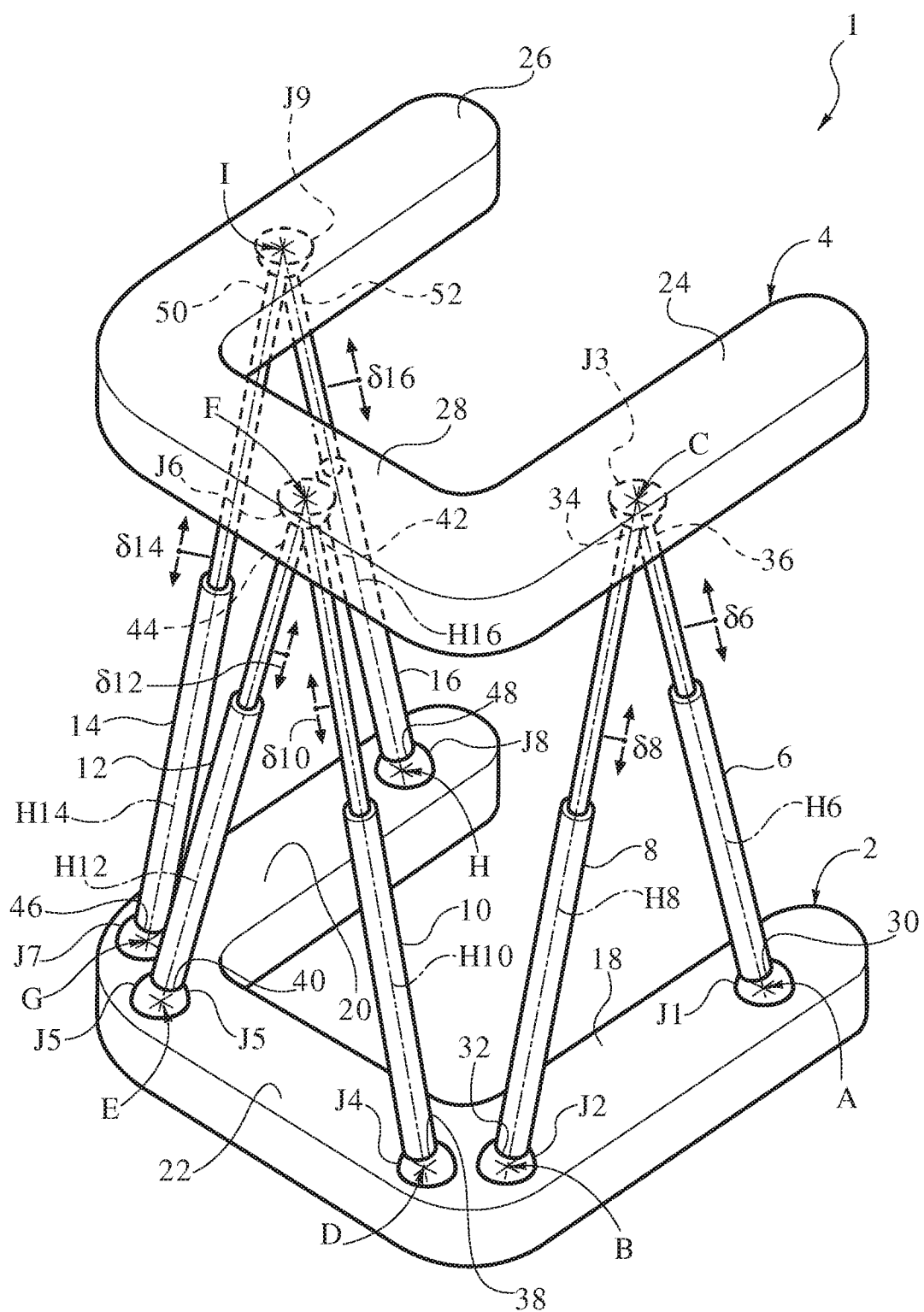


FIG. 2A

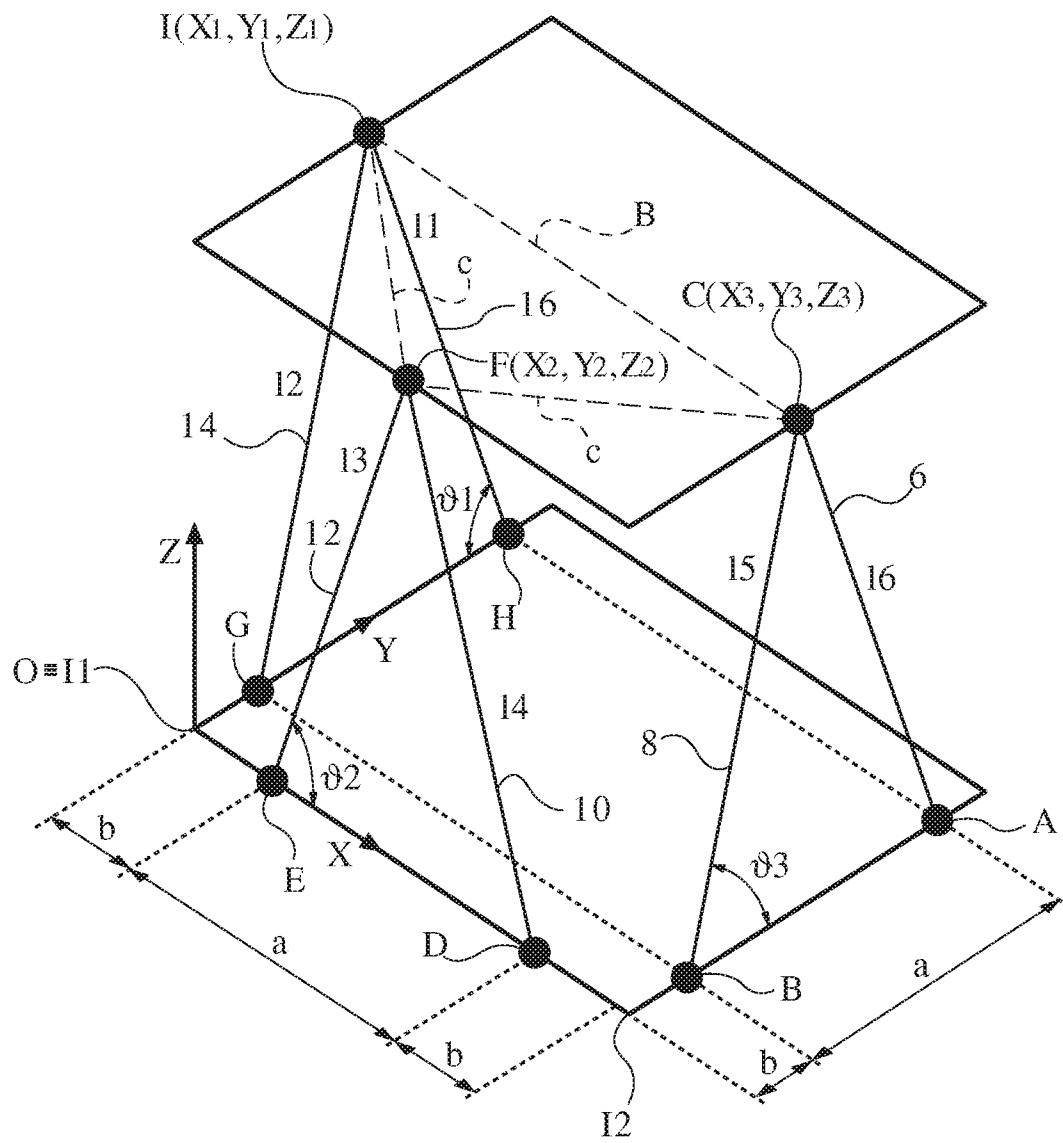


FIG. 2B

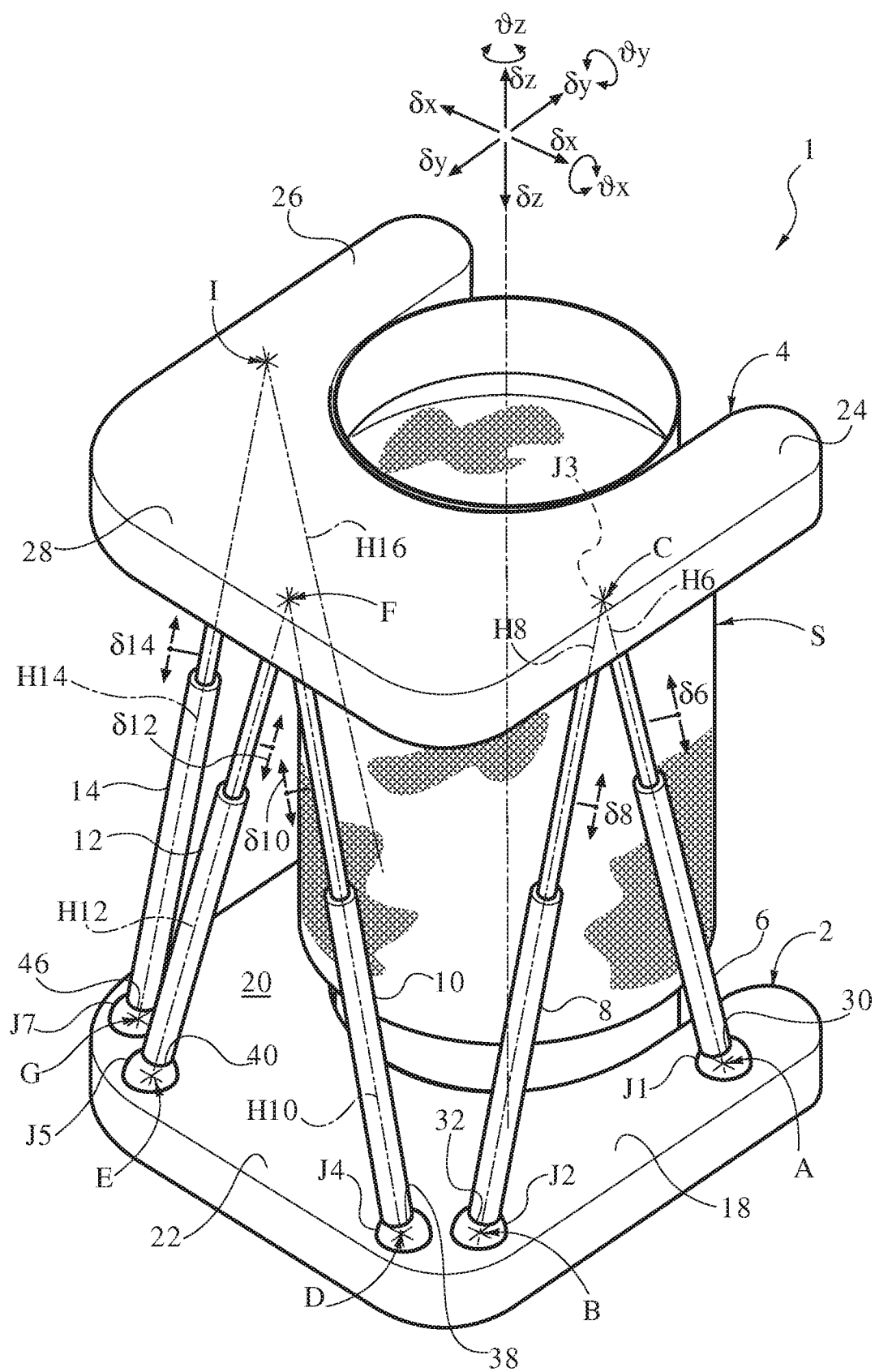


FIG. 3

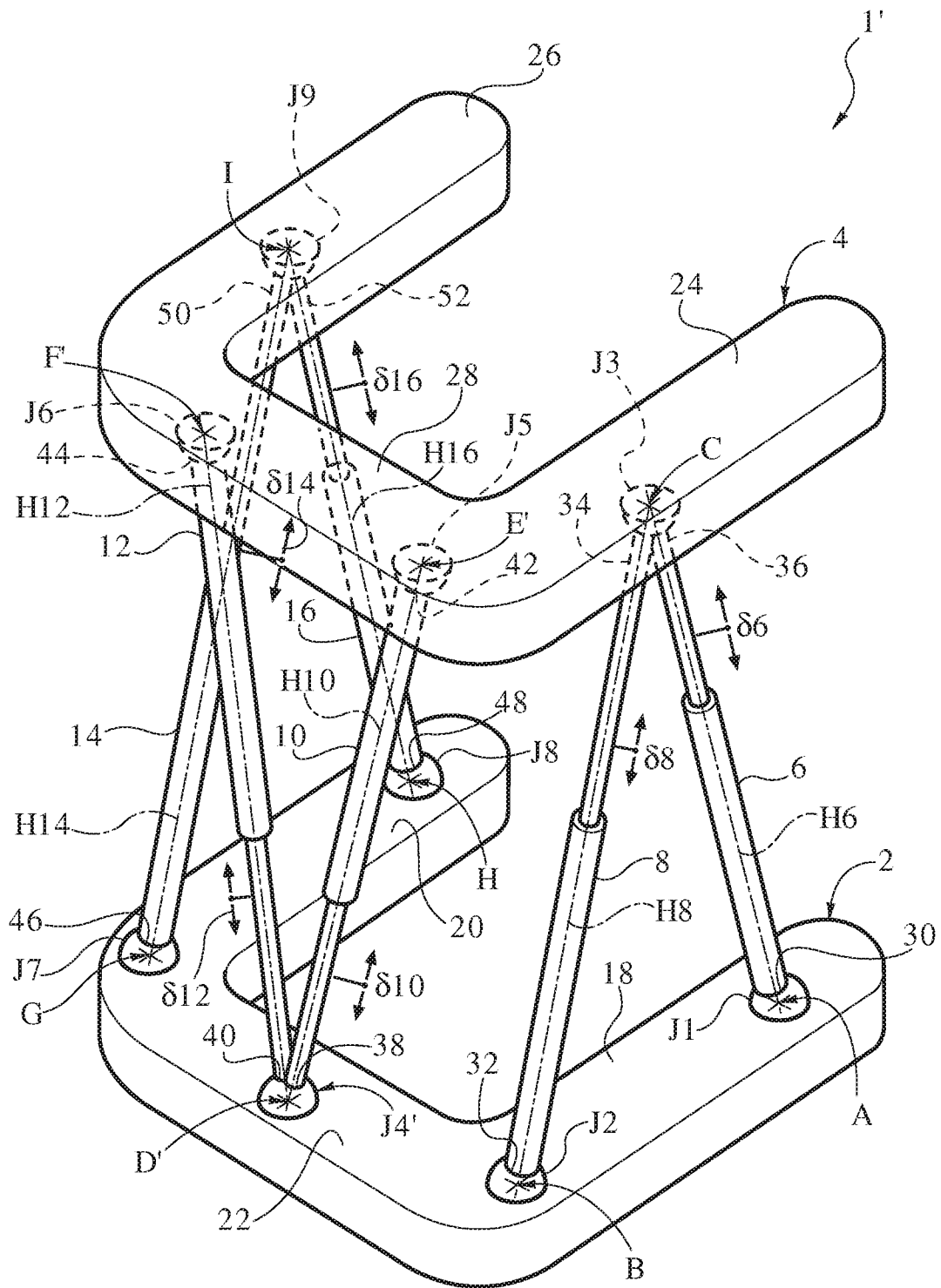


FIG. 4

