

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 245278 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **434816**

(22) Data zgłoszenia: **2020.07.27**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.01.31 BUP 05/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.06.17 WUP 25/2024**

(51)

MKP:

G01C 9/06

(2006.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WARSZAWSKA, Warszawa, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

SERGIUSZ ŁUCZAK, Tarnów, PL

MACIEJ ZAMS, Lublin, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Oliwia Czarnocka, Warszawa, PL

(54) Tytuł:

Przyrząd do monitorowania odchylenia od pionu podnoszonego ładunku

PL 245278 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do monitorowania odchylenia od pionu podnoszonego ładunku zawierający uchwyt i czujnik odchylenia od pionu ładunku zwłaszcza podnoszonego na linie za pomocą urządzenia transportowego (np. dźwigu lub żurawia).

Ze zgłoszenia patentowego nr P.425929 znany jest czujnik odchylenia od pionu, wykorzystujący trójosiowy akcelerometr MEMS (ang. Micro Electro Mechanical Systems – mikro systemy elektromechaniczne). Budowa tego czujnika pozwala na jego precyzyjną kalibrację. Akcelerometry wykonane w technologii mikrosystemów elektromechanicznych cechuje wiele zalet, m.in. niska cena, małe wymiary, odporność na udary mechaniczne. Czujnik odchylenia od pionu wykorzystujący trójosiowy akcelerometr MEMS, znany z dokumentu P.425929, może znaleźć zastosowanie w różnego rodzaju pomiarach odchylenia od pionu. Jednak po zamocowaniu skalibrowanego czujnika MEMS do monitorowanego elementu pojawia się problem braku precyzyjnie wyznaczonej pionowej płaszczyzny bazowej dla poprawnego ustawienia czujnika. Zaczepy mocujące czujnik, jak i sam element, do którego czujnik jest mocowany, mają niedokładności kształtu i położenia, z których wynikać będą błędy pomiaru rzędu co najmniej kilku dziesiątych części stopnia kąтового.

Celem wynalazku jest przystosowanie czujnika odchylenia od pionu wykorzystującego trójosiowy akcelerometr MEMS do monitorowania i wyznaczania odchylenia od pionu ładunku podnoszonego za pomocą liny przy równoczesnym zachowaniu wysokiej precyzji wskazań czujnika.

Przedmiotem wynalazku jest przyrząd do monitorowania odchylenia od pionu podnoszonego ładunku zawierający obudowę, zespół justerski oraz czujnik odchylenia od pionu z trójosiowym akcelerometrem elektromechanicznym. Przyrząd charakteryzuje się tym, że obudowa zawiera dwie rozłączne części tworzące uchwyt mocujący i ma zasadniczo prostopadłościenny kształt z komorą otwartą w przynajmniej jednej ścianie. W komorze zamocowany jest zespół justerski zawierający ściankę montażową przymocowaną do obudowy, pierwszą ściankę roboczą połączoną ze ścianką montażową pod kątem alfa i mającą wzdłuż łączenia przewężenie grubości, oraz drugą ściankę roboczą zasadniczo prostopadłą do ścianki montażowej i połączoną z pierwszą ścianką roboczą pod kątem beta i mającą wzdłuż łączenia przewężenie grubości. Do drugiej ścianki roboczej jest zamocowany czujnik odchylenia od pionu. Do dwóch prostopadłych ścian komory zamocowane są dwa elementy regulacyjne pozwalające na regulację położenia kąтового czujnika: pierwszy element regulacyjny od strony pierwszej ścianki roboczej i drugi element regulacyjny od strony drugiej ścianki roboczej.

Korzystnie, kąt alfa wynosi od 90 do 100 stopni i kąt beta wynosi od 90 do 100 stopni.

Korzystnie, elementy regulacyjne przyrządu stanowią wkręty, a każdy z nich w momencie ich wkręcania odchyła ściankę montażową, z którą się styka swoją końcówką i współpracując z przewężeniem grubości tej ścianki pozwala na regulację jej położenia kąтового.

Korzystnie, w każdej z rozłącznych części obudowy wykonany jest pryzmatyczny rowek mocujący służący do wygodnego i precyzyjnego zamocowania jej na linie, na której zamocowany jest podnoszony ładunek, którego odchylenie od pionu chcemy monitorować. Korzystnie, obudowa jest wykonana ze stali nierdzewnej, co umożliwia uzyskanie wystarczająco precyzyjnej i trwałej prostopadłości odpowiednich ścian, lub z innego stopu metali o dużej wytrzymałości mechanicznej oraz odporności na korozję, np. odpowiedniego stopu aluminium, miedzi lub tytanu.

Korzystnie, zespół justerski jest wykonany z materiału z grupy obejmującej stopy aluminium, tytanu, brązu, mosiądzu i stal. Materiały te zapewniają dobrą sprężystość i odporność na wielokrotne odkształcenia mechaniczne.

Korzyść przyrządu polega na tym, że dzięki jego konstrukcji zachowujemy precyzję wskazań czujnika odchylenia od pionu z trójosiowym akcelerometrem elektromechanicznym. Znane sposoby zamocowania czujnika do liny lub ładunku nie pozwalały na łatwe i precyzyjne ustawienie orientacji czujnika, co powodowało utratę dokładności jego wskazań. Przyrząd według wynalazku umożliwia precyzyjne ustawienie, eliminujące błędy wyjustowania wszystkich trzech osi czułości stosowanego akcelerometru MEMS, w efektywny i trwały sposób. Przedmiot wynalazku został ukazany w przykładzie wykonania na rysunku, na którym:

fig. 1 przedstawia przyrząd zamocowany do liny obciążonej ładunkiem, gdy ładunek jest w pozycji neutralnej;

fig. 2 przedstawia ładunek w pozycji odchylonej;

fig. 3 przedstawia przyrząd według przykładu wykonania wynalazku; natomiast

fig. 4 przedstawia sam zespół justerski przeznaczony do zastosowania w tym przykładzie wykonania wynalazku z zaznaczonymi wkrętami regulacyjnymi.

Przykład wykonania przyrządu do monitorowania odchylenia od pionu zawiera dwuczęściową obudowę (2) zawierającą dwie rozłączne części (2a) i (2b). W każdej z nich wykonany jest pryzmatyczny rowek mocujący, służący do wygodnego i precyzyjnego zamocowania części na linii (1), na której zamocowany jest podnoszony ładunek, którego odchylenie od pionu chcemy monitorować. Części (2a, 2b) obudowy są skręcane ze sobą za pomocą dwóch wkrętów (4), dzięki którym uchwyt można stabilnie zacisnąć na linii (1).

Obie części obudowy mają zasadniczo prostopadłościenny kształt, przy czym w jednej z części (2b) jest utworzona otwarta z trzech stron komora. W komorze umiejscowiony jest zespół justerski (3) wraz z czujnikiem odchylenia od pionu (9). Według korzystnego przykładu wykonania, czujnik (9) odchylenia od pionu z trójosiowym akcelerometrem elektromechanicznym wyposażony jest w poziomice cieczową (8) oraz w obudowę posiadającą powierzchnie bazowe niezbędne do precyzyjnego zamocowania czujnika w uchwycie wynalazku.

Zespół justerski (3) zawiera ściankę montażową (3c), pierwszą ściankę roboczą (3e) połączoną ze ścianką montażową (3c) pod kątem alfa, zgodnie z przykładem wykonania będącym kątem w przybliżeniu prostym, i mającą wzdłuż łączenia przewężenie (3a) grubości, oraz drugą ściankę roboczą (3d) prostopadłą do ścianki montażowej (3c) i połączoną z pierwszą ścianką roboczą (3e) pod kątem beta, zgodnie z przykładem wykonania będącym kątem w przybliżeniu prostym i mającą wzdłuż łączenia przewężenie (3b) grubości. Do drugiej ścianki roboczej (3d) jest zamocowany czujnik (9) odchylenia od pionu. Czujnik (9) mocowany jest do elementu justerskiego 3 za pomocą dwóch wkrętów (6), przechodzących przez ściankę zewnętrzną zespołu (3d).

W przykładzie wykonania kąt alfa wynosi 92 stopnie. Zgodnie z innym przykładem wykonania kąt alfa wynosi 100 stopni. Zgodnie z najbardziej korzystnym przykładem wykonania kąt alfa wynosi 95 stopni.

W przykładzie wykonania kąt beta wynosi 92 stopnie. Zgodnie z innym przykładem wykonania kąt beta wynosi 100 stopni. Zgodnie z najbardziej korzystnym przykładem wykonania kąt beta wynosi 95 stopni.

Zespół justerski (3) jest przymocowany do wewnętrznej ściany komory utworzonej części (2b) obudowy (2) za pomocą dwóch wkrętów (5), przechodzących przez część montażową (3c) zespołu justerskiego (3).

Przewężenia (3a) i (3b) ułatwiają wywołanie odkształceń sprężystych ścianek roboczych (3d, 3e) uchwytu w odpowiednim zakresie kątowym. Dzięki przewężeniom możliwe jest łatwe odkształcanie tych ramion w dwóch zasadniczo prostopadłych płaszczyznach, w każdej z tych płaszczyzn ramiona uginają się na zasadzie działania sprężyny płaskiej. W efekcie, przewężenia (3a) i (3b) ułatwiają sprężyste przemieszczanie drugiej ścianki (3d) względem części montażowej (3c), a tym samym możliwe jest poziomowanie czujnika (9) poprzez zmianę orientacji kątowej drugiej ścianki (3d) zespołu justerskiego (3) względem części (2b) obudowy, w której jest osadzona.

W dwóch zasadniczo prostopadłych ścianach komory zamocowane są, poprzez ich wkręcenie w nagwintowane otwory przelotowe w obudowie, dwa wkręty regulacyjne: pierwszy wkręt regulacyjny (7a) od strony pierwszej ścianki roboczej (3e) i drugi wkręt regulacyjny (7b) od strony drugiej ścianki roboczej (3d).

Położenie kątowe drugiej ścianki (3d) zespołu justerskiego (3) względem obudowy (2) regulują wkręty regulacyjne (7a) i (7b). Poziomą orientację czujnika (9) odchylenia od pionu przymocowanego do drugiej ścianki (3d) zespołu justerskiego (3) uzyskuje się poprzez wkręcanie lub wykręcanie wkrętów regulacyjnych (7a) oraz (7b), aż do momentu, gdy poziomica (8) czujnika (9) wskaże jego poziomą orientację, odpowiadającą pionowej orientacji liny. W efekcie, justowanie umożliwia precyzyjne ustawienie czujnika (9) odchylenia od pionu względem liny (1), tzn. doprowadzenie do takiej orientacji obudowy czujnika (9), że jej ściany są równoległe lub prostopadłe do liny (1).

Jak pokazano na Fig. 3 pierwszy wkręt regulacyjny (7a) opiera się o drugą ściankę (3d) zespołu justerskiego (3), natomiast drugi wkręt regulacyjny (7b) jest zorientowany do niego zasadniczo prostopadle i naciska na pierwszą ściankę (3e) stanowiącą ramię poziome zespołu justerskiego (3). Taka konfiguracja zapewnia możliwość regulacji orientacji kątowej czujnika odchylenia od pionu (9) wokół dwóch zasadniczo prostopadłych osi poziomych.

Zespół justerski (3) to element monolityczny, wykonany z metalu o odpowiedniej sprężystości, np. stali, duraluminium. Zespół justerski jest korzystnie wykonany z materiału wybranego z grupy obejmującej stopy aluminium, tytanu, brązu, mosiądzu i stali, zwłaszcza stal sprężynową. Materiały te zapewniają dobrą sprężystość i odporność na wielokrotne odkształcenia mechaniczne.

Parametry metrologiczne przyrządu według przykładu wykonania wynalazku:

- zakres pomiarowy: do ± 90 stopni w dowolnej płaszczyźnie pionowej,
- błąd pomiarowy bicia osiowego ok. 1 stopień kątowy,
- sygnały wyjściowe w postaci napięć analogowych zmiennych w zakresie ok. 1–3 V,
- wymiary gabarytowe przyrządu: 89x76x63 mm,
- objętość przyrządu: 110 cm sześciennych.

Sygnały wyjściowe generowane przez czujnik można przetwarzać na różne sposoby umożliwiające określenie maksymalnej wartości (chwilowej amplitudy) odchylenia od pionu takiego kołyszącego się ładunku. Układ sterowania i przetwarzania danych oraz układ zasilania przyrządu nie zostały pokazane na figurach.

Wskazania czujnika, odczytywane w skrajnych położeniach odchylającego się od pionu ładunku, służą do wyznaczenia rzeczywistego kąta, o jaki ładunek odchylił się od pionu, co zostało schematycznie przedstawione na Fig. 2. Także wskazanie czujnika, odczytywane w środkowym położeniu odchylającego się od pionu ładunku, przedstawionym na Fig. 1, może posłużyć do wyznaczenia rzeczywistego kąta, o jaki ładunek odchylił się od pionu.

Sposób wyznaczania maksymalnej wartości odchylenia od pionu podnoszonego ładunku polega na rejestrowaniu zmienności wartości trzech napięć wyjściowych z trójosiowego akcelometru wykorzystanego w czujniku (9) podczas kołysania się podnoszonego ładunku zawieszonego na linie (1) w określonym zakresie kątowym. Im większy jest ten zakres kątowy, tym większa jest amplituda zmienności rejestrowanych napięć wyjściowych z akcelometru.

Sposób monitorowania odchylenia od pionu podnoszonego ładunku polega na wykorzystaniu trójosiowego akcelometru elektromechanicznego typu MEMS, pracującego w warunkach quasi-dynamicznych (ładunek stale wykonuje ruch oscylacyjny (wahadłowy), jednak podczas pomiarów znajduje się w skrajnym położeniu, gdzie chwilowo jego prędkość spada do zera lub położeniu środkowym, gdzie chwilowo jego przyspieszenie liniowe spada do zera).

Wartość odchylenia od pionu można wyznaczyć na podstawie funkcji w postaci: $k_{\max} = \arccos \left[\frac{(U_{Z\min} + U_{Z\min} - U_{Z1\max} - U_{Z1\min})}{(U_{1\max} - U_{Z1\min})} \right]$ gdzie:

$U_{Z1\max}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "Z" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego +1 g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościennej obudowy czujnika (9)),

$U_{Z1\min}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "Z" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego -1 g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościennej obudowy czujnika (9)),

$U_{Z\min}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "Z" odpowiadające minimalnej wartości bezwzględnej zarejestrowanej składowej przyspieszenia w osi czułości "Z" podczas monitorowania odchylenia od pionu.

Możliwe jest także wyznaczenie wartości odchylenia od pionu na podstawie funkcji w postaci: $k_{\max} = \arcsin \left\{ \frac{[(U_{X\max} + U_{X\max} - U_{X1\max} - U_{X1\min})^2 / (U_{X1\max} - U_{X1\min})^2 + (U_{Y\max} + U_{Y\max} - U_{Y1\max} - U_{Y1\min})^2 / (U_{Y1\max} - U_{Y1\min})^2]^{1/2}}{2} \right\}$ gdzie:

$U_{X1\max}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "X" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego +1g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościennej obudowy czujnika (9)),

$U_{X1\min}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "X" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego -1g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościennej obudowy czujnika (9)),

$U_{X\max}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "X" odpowiadające maksymalnej wartości bezwzględnej zarejestrowanej składowej przyspieszenia w osi czułości "X" podczas monitorowania odchylenia od pionu

$U_{Y1\max}$ – napięcie wyjściowe akcelometru dla osi czułości "Y" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego +1g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościennej obudowy czujnika (9)),

UY1min – napięcie wyjściowe akcelerometru dla osi czułości "Y" odpowiadające działaniu przyspieszenia grawitacyjnego -1g ($g=9,81 \text{ m/s}^2$), wyznaczone podczas kalibrowania akcelerometru (np. przy wykorzystaniu prostopadłościenniej obudowy czujnika (9)),

UYmax – napięcie wyjściowe akcelerometru dla osi czułości "Y" odpowiadające maksymalnej wartości bezwzględnej zarejestrowanej składowej przyspieszenia w osi czułości "Y" podczas monitorowania odchylenia od pionu.

Możliwe jest także wyznaczenie wartości odchylenia od pionu na podstawie funkcji w postaci:

$$k_{\max} = \arcsin \left\{ \frac{[(UX_{\max} - UX_{1\max} - UX_{1\min})^2 + (UY_{\max} - UY_{1\max} - UY_{1\min})^2]^{1/2}}{(UZ_{\min} - UZ_{1\max} - UZ_{1\min})} \right\}$$

Możliwe jest także wyznaczenie wartości odchylenia od pionu na podstawie funkcji w postaci:

$$k_{\max} = \arccos \left\{ 1,5 - [(UZ_{\max} - UZ_{1\max} - UZ_{1\min}) / (UZ_{1\max} - UZ_{1\min})] / 2 \right\}$$

gdzie:

UZmax – napięcie wyjściowe akcelerometru dla osi czułości "Z" odpowiadające maksymalnej wartości bezwzględnej zarejestrowanej składowej przyspieszenia w osi czułości "Z" podczas monitorowania odchylenia od pionu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Przyrząd do monitorowania odchylenia od pionu podnoszonego ładunku zawierający obudowę (2), zespół justerski (3) oraz czujnik (9) odchylenia od pionu z trójosiowym akcelerometrem elektromechanicznym, **znamienny tym**, że obudowa (2) zawiera dwie rozłączne części (2a, 2b) tworzące uchwyt mocujący i ma zasadniczo prostopadłościenny kształt z komorą otwartą w przynajmniej jednej ścianie, przy czym w komorze zamocowany jest zespół justerski (3) zawierający ściankę montażową (3c) przymocowaną do obudowy (2), pierwszą ściankę roboczą (3e) połączoną ze ścianką montażową (3c) pod kątem alfa i mającą wzdłuż łączenia przewężenie (3a) grubości, oraz drugą ściankę roboczą (3d) zasadniczo prostopadłą do ścianki montażowej (3c) i połączoną z pierwszą ścianką roboczą (3e) pod kątem beta i mającą wzdłuż łączenia przewężenie (3b) grubości; przy czym do drugiej ścianki roboczej (3d) jest zamocowany czujnik (9) odchylenia od pionu, i przy czym w dwóch prostopadłych ścianach komory zamocowane są dwa elementy regulacyjne, pierwszy element regulacyjny (7b) od strony pierwszej ścianki roboczej (3e) i drugi element regulacyjny (7a) od strony drugiej ścianki roboczej (3d).
2. Przyrząd według zastrzeżenia 1, **znamienny tym**, że kąt alfa wynosi od 90 do 100 stopni i kąt beta wynosi od 80 do 100 stopni.
3. Przyrząd według zastrzeżenia 1 albo 2, **znamienny tym**, że elementy regulacyjne (7a, 7b) stanowią wkręty.
4. Przyrząd według któregośkolwiek z zastrz. 1–3, **znamienny tym**, że czujnik (9) zawiera poziomnicę.
5. Przyrząd według zastrzeżenia 4, **znamienny tym**, że poziomnica jest poziomnicą cieczową.
6. Przyrząd według któregośkolwiek z zastrz. 1–5, **znamienny tym**, że w każdej z rozłącznych części (2a, 2b) obudowy wykonany jest pryzmatyczny rowek mocujący.
7. Przyrząd według któregośkolwiek z zastrz. 1–6, **znamienny tym**, że obudowa (2) jest wykonana ze stali nierdzewnej lub materiału z grupy obejmującej stopy aluminium, tytanu, brązu i mosiądzu.
8. Przyrząd według któregośkolwiek z zastrz. 1–7, **znamienny tym**, że zespół justerski (3) jest wykonany z materiału z grupy obejmującej stopy aluminium, tytanu, brązu, mosiądzu i stal.

Rysunki

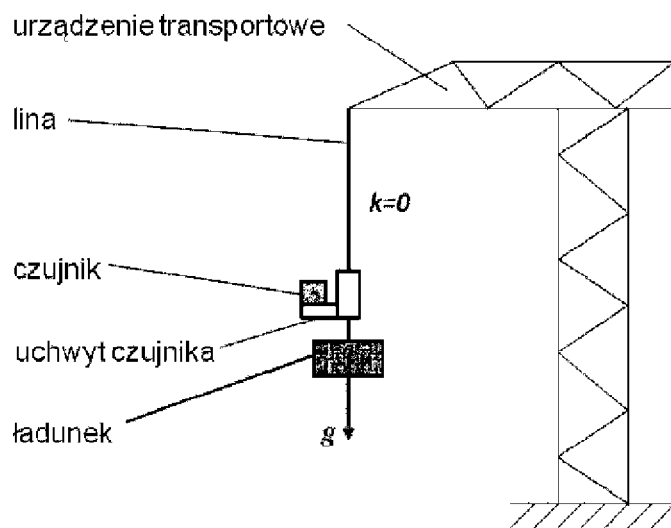


Fig. 1.

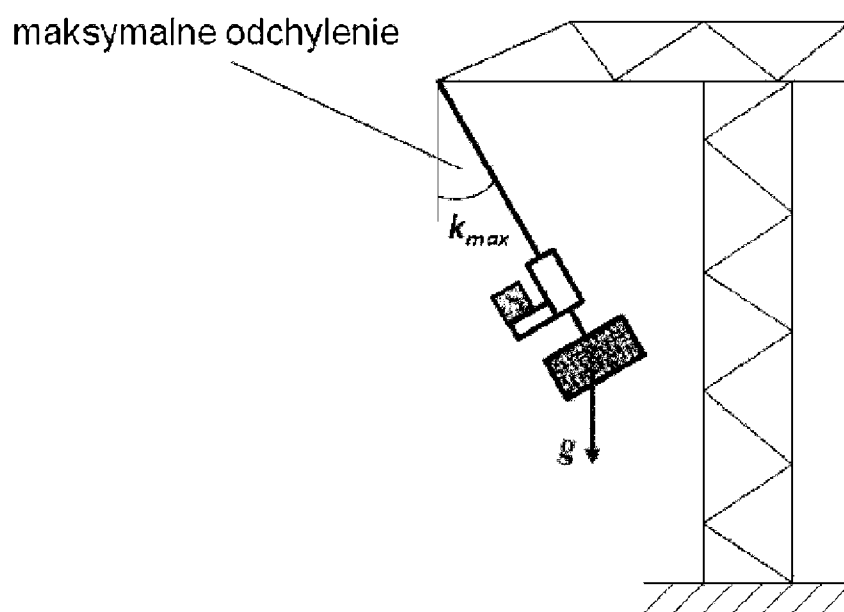


Fig. 2.

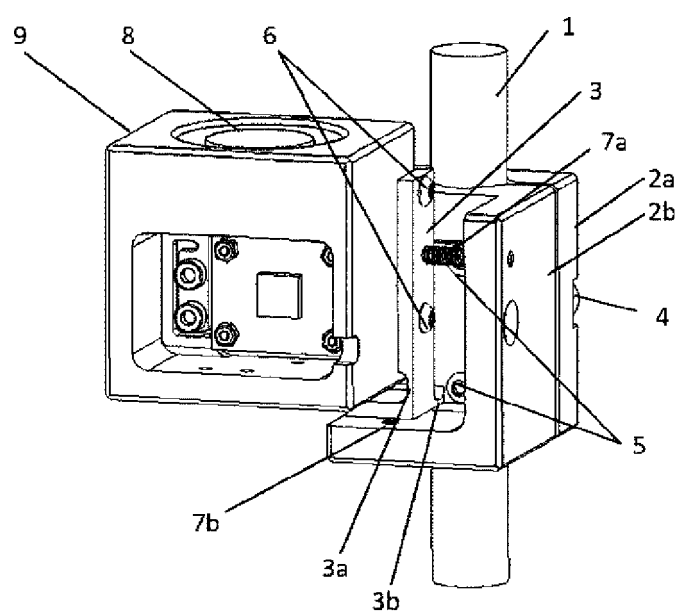


Fig. 3.

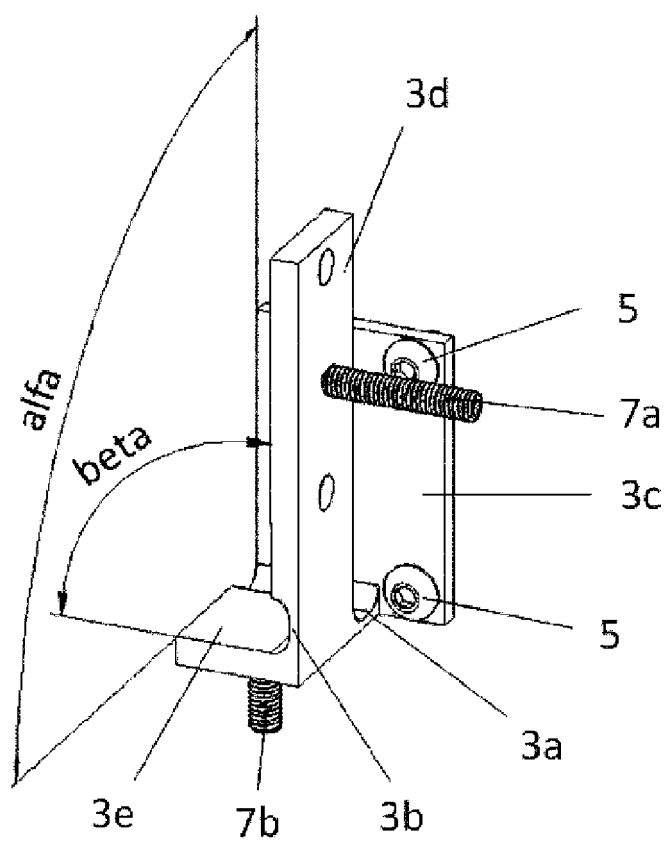


Fig. 4.