

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **240201**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **429602**

(22) Data zgłoszenia: **14.10.2017**

(86) Data i numer zgłoszenia międzynarodowego:
14.10.2017, PCT/IB17/056386

(87) Data i numer publikacji zgłoszenia międzynarodowego:
19.04.2018, WO18/069897

(51) Int.Cl.

G01B 11/14 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

G01M 5/00 (2006.01)

(54) **Układ pomiarowy i sposób pomiaru przemieszczeń elementów konstrukcji**

(30) Pierwszeństwo:

15.10.2016, PL, 419127

(43) Zgłoszenie ogłoszono:

15.06.2020 BUP 13/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:

28.02.2022 WUP 09/22

(73) Uprawniony z patentu:

**SENSE MONITORING
SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Sanok, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**ARTIOM KOMARDIN, Kraków, PL
PRZEMYSŁAW MAREK GAŁĄZKA,
Osowiec, PL**

(74) Pełnomocnik:

rzec. pat. Marek Bury

PL 240201 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ pomiarowy, służący do realizacji sposobu pomiaru przemieszczeń pionowych konstrukcji i sposób pomiaru, mający swoje zastosowanie podczas monitoringu konstrukcji dachów obiektów wielkopowierzchniowych, obciążeń próbnych mostów lub innego rodzaju monitoringu tego typu.

Przemieszczenia pionowe konstrukcji, a zwłaszcza ugięcia ustrojów konstrukcyjnych są jednym z kryteriów bezpieczeństwa konstrukcji. Podczas obliczeń statycznych wyznacza się graniczne wartości ugięć (tzw. stan graniczny użytkowania). Przekroczenie granicznej wartości ugięć jest niedopuszczalne i może skutkować katastrofą budowlaną, komunikacyjną lub zawaleniem w kopalni.

Ugięcia konstrukcji, obok naprężeń (gęstości sił przekrojowych) jest miarodajnym wyznacznikiem wyczerpania ustroju konstrukcyjnego w wyniku działającego obciążenia zewnętrznego. Korzystny jest miarodajny pomiar ugięć konstrukcji w trakcie jej użytkowania, celem określenia jej aktualnego stanu bezpieczeństwa.

Cykliczny pomiar wartości ugięć może być powiązany z systemem monitoringu oraz wczesnego ostrzegania np. w celu ewakuacji obiektu lub konieczności odśnieżania dachu.

Jednym z wielu źródeł obciążeń działających na konstrukcję jest śnieg. Przyrosty ugięć od tego obciążenia wynoszą najczęściej kilka lub kilkanaście milimetrów, co wymaga stosownej precyzji pomiarów.

Znane są proste systemy kontrolujące, polegające na pomiarze ugięć elementów konstrukcyjnych w środku ich rozpiętości, niekiedy uzupełnione o pomiary przemieszczeń punktów podparcia monitorowanego elementu. Przemieszczenia takie mierzone są najczęściej za pomocą przyrządów geodezyjnych, takich jak: tachimetry, dalmierze lub hydroniwelatory. Z niemieckiego opisu patentowego DE102009031452 znane jest rozwiązanie, w którym pionowe ugięcie wyznacza się śledząc odległość pomiędzy stożkową lub schodkową tarczą a urządzeniem pomiarowym zawierającym laserowy dalmierz. Z niemieckiego dokumentu DE102006045263 znane jest rozwiązanie do wyznaczania ugięcia pionowego z wykorzystaniem wypoziomowanej wiązki laserowej oraz detektora wykrywającego obecność przeszkody lub pionowej skali pozwalającej na odczyt przemieszczenia. Z artykułu Park, Hyo & Son, Sewook & Choi, Se Woon & Kim, Yousok. (2013). Wireless Laser Range Finder System for Vertical Displacement Monitoring of Mega-Trusses during Construction. Sensors (Basel, Switzerland), doi: 10.3390/s130505796 znane jest zastosowanie dalmierzy bezprzewodowych do monitorowania konstrukcji.

Ze zgłoszenia polskiego wynalazku nr 393402 znany jest sposób monitorowania składowej pionowej przemieszczenia wybranych punktów oraz składowej pionowej zmiany ugięcia w tych punktach elementów konstrukcji obiektu budowlanego, zwłaszcza elementów konstrukcji dachu lub ich osłon czy części, polegający na tym, że mierzy się odległość, korzystnie pionową, każdego z monitorowanych punktów elementów konstrukcji od stałego elementu lub stałego podłoża, po czym oblicza się wartość składowej pionowej przemieszczenia każdego z monitorowanych punktów, które nastąpiło od momentu inicjacji monitorowania, po czym dla każdego z monitorowanych elementów konstrukcji wyznacza się wartość składowej pionowej zmiany ugięcia w monitorowanym punkcie, która nastąpiła od momentu inicjacji monitorowania. Wynalazek dotyczy również systemu do realizacji tego sposobu.

Znane jest także polskie zgłoszenie wynalazku pod nr 381670. Wynalazek ten dotyczy sposobu monitorowania konstrukcji przede wszystkim konstrukcji dachów hal przemysłowych, magazynowych, usługowych, użytkowych oraz wczesnego ostrzegania przed przekroczeniem stanów granicznych użytkowania i nośności. Sposób charakteryzuje się tym, że na elementach konstrukcyjnych montuje się czujniki rejestrujące stany elementów konstrukcyjnych, czujniki te łączy się z systemem przetwarzania, przekazywania i wizualizacji danych z czujników tak, aby przed przekroczeniem stanów granicznych uruchamiał się alarm.

Polskie zgłoszenie wynalazku nr 381578 ujawnia sposób polegający na kierowaniu promienia świetlnego poniżej belek konstrukcji dachowej. Ugięcie się co najmniej jednej belki ze specjalną przesłoną ponad dopuszczalną założoną wartość powoduje, że przerywa się przebieg strumienia świetlnego i włącza się alarm dźwiękowy i wizualny. Urządzenie składa się z nadajnika i odbiornika promieni świetlnych, zainstalowanych pod dachem na przeciwległych krańcach obiektu monitorowanego. Na belkach zamontowane są przesłony, usytuowane w linii prostej powyżej promienia świetlnego. Odbiornik przyłączony jest do urządzenia alarmującego.

Japoński opis wynalazku nr 8093230 ujawnia sposób monitorowania deformacji konstrukcyjnych dachu z zastosowaniem układu wielu dalmierzy laserowych. Układ jest sprzężony z systemem ostrzegania. Dalmierze laserowe mierzą wzajemne odległości elementów konstrukcyjnych dachu.

Znane jest także międzynarodowe zgłoszenie patentowe nr WO/2001/061301 zgodnie z którym zebrane dane pomiarowe są przekazywane do jednostki przetwarzania danych, w której dane te są analizowane w celu uzyskania informacji dotyczących odkształcenia w różnych punktach pomiarowych konstrukcji. Dane pomiarowe są gromadzone i przetwarzane w czasie rzeczywistym.

Rozwiązania będące w stanie techniki służą do prowadzenia pomiarów zarówno w systemie nieciągłym, kiedy wykrywane jest osiągnięcie pewnego stanu ugięcia konstrukcji, jak i w systemie ciągłym, polegającym na stałym monitoringu zmiany wielkości. Rozwiązania te wykorzystują dedykowane oprogramowanie komputerowe, które przetwarza zebrane dane i dokonuje ich archiwizacji.

W znanych rozwiązaniach osiągnięcie pewnego stanu ugięcia konstrukcji lub zmiana określonej wielkości generują sygnał alarmowy w postaci wizualnej lub dźwiękowej. Sygnał ten informuje występującym zagrożeniu bezpieczeństwa konstrukcji obiektów budowlanych, a co za tym idzie pozwala na podjęcie odpowiednich czynności zaradczych, na przykład poprzez zdjęcie śniegu z dachu.

Zastosowanie znanych w stanie techniki rozwiązań wymaga rozstawienia urządzeń przez osoby wyposażone w wysokie kwalifikacje jest dość złożone. Miarodajny odczyt wielkości odkształcenia wynika z konfiguracji układu pomiarowego i niekiedy wymaga zastosowania dodatkowych obliczeń. Jest to kłopotliwe w sytuacji, gdy system pomiarowy jest zastosowany w trudnodostępnym miejscu, a wymaga ręcznego skontrolowania. Takie sytuacje zdarzają się zwłaszcza przy zastosowaniu transmisji radiowej do przekazywania wyników pomiarów z ciasnych miejsc z dużą liczbą przeszkód, takich jak strychy, przestrzenie pod mostami, czy kopalnie. W takich miejscach łatwo dochodzi do zakłóceń transmisji radiowej i odczyt sygnału pomiarowego musi zostać przeprowadzony przez człowieka.

Również rozstawianie systemu pomiarowego w trudnodostępnych miejscach może być bardzo kłopotliwe jeżeli wymaga wyznaczania i spisywania parametrów oraz skomplikowanego pozycjonowania jego elementów.

Celem wynalazku jest zapewnienie systemu pomiarowego i sposobu pomiaru, tak dostosowanych, żeby elementy systemu mogły być łatwo i szybko rozmieszczane w konstrukcji poddawanej pomiarowi a kontrola działania i/lub awaryjny odczyt przez człowieka prowadzony łatwo bez konieczności przetwarzania wyświetlanych danych. Celem wynalazku jest ponadto ograniczenie wymaganej częstotliwości awaryjnych odczytów.

Układ pomiarowy według wynalazku służy do pomiaru przemieszczeń elementów konstrukcji wyposażony w urządzenie pomiarowe z jednostką centralną oraz, połączoną z nią, pamięcią do zapamiętywania wyników pomiaru, modułem komunikacji do przekazywania wyników pomiaru, wyświetlaczem i z dalmierzem laserowym. Urządzenie pomiarowe i tarcza pomiarowa są przystosowane do mocowania naprzeciw siebie, jedno na elemencie konstrukcji podlegającym przemieszczeniu, drugie zaś na elemencie referencyjnym konstrukcji tak, że dalmierz laserowy ma zasadniczo poziomą oś pomiaru skierowaną na tarczę pomiarową, która zawiera powierzchnię mającą kształt stożka o zasadniczo pionowej osi obrotu. Zgodnie z wynalazkiem urządzenie pomiarowe jest wyposażone w układ samopoziomujący, przystosowany do mocowania do elementów konstrukcji oraz cyfrowy inklinometr połączony z jednostką centralną i środki do generowania alarmu w razie gdy wskazanie cyfrowego inklinometru odbiega od poziomu bardziej niż 2° . Stożkowa powierzchnia tarczy pomiarowej ma kąt rozwarcia mieszczący się w zakresie od 80° do 100° , przy czym ta tarcza pomiarowa jest zaopatrzona w układ samopionujący. Zastosowanie stożkowej powierzchni tarczy umożliwia oświetlanie jej z wielu kierunków i ogranicza problem właściwego ustawienia kąta tarczy do osi pomiaru do problemu ustalenia pionu. Układy samopoziomujący i samopionujący rozwiązują problem relacji osi stożka względem osi pomiarowej. Przy kącie rozwarcia stożka w zakresie 80° do 100° różnica odległości zmierzonych w poziomie odpowiada pionowemu odkształceniu badanej konstrukcji z budowlaną tolerancją tj. poniżej 20%.

Korzystnie tarcza pomiarowa jest dodatkowo wyposażona w libellę umieszczoną tak, że wskazuje poziom gdy oś obrotu stożkowej powierzchni jest ustawiona pionowo. Zapewnienie libelli zmniejsza ryzyko nieprawidłowego montażu tarczy przez niewykwalifikowanego pracownika, a także pozwala na łatwą kontrolę, czy układ pomiarowy w czasie pracy nie uległ uszkodzeniu lub odkształceniu np. wskutek uderzenia lub potrącenia przez inny obiekt.

Korzystnie tarcza pomiarowa jest wyposażona w pierwszą libellę i drugą libellę ustawione prostopadle do siebie i do osi obrotu stożkowej powierzchni. Zastosowanie dwóch libelli ułatwia wieszanie tarczy i kontrolę poprawności pracy układu samopoziomującego.

Urządzenie pomiarowe korzystnie jest wyposażone w libellę umieszczoną tak, że wskazuje poziom gdy oś pomiarowa dalmierza laserowego urządzenia pomiarowego jest ustawiona poziomo.

Dzięki zastosowaniu inklinometru w razie potrącenia urządzenia pomiarowego i/lub awarii układu samopoziomującego można wygenerować alarm, który sprowadzi pracownika, który dokona naprawy. Takie rozwiązanie ogranicza częstotliwość koniecznych kontroli. Alarm może być wygenerowany na urządzeniu pomiarowym lub alternatywnie przekazany za pomocą modułu komunikacyjnego.

Moduł komunikacyjny urządzenia pomiarowego korzystnie stanowi radiowy układ nadawczo-odbiorczy pracujący ze zwielokrotnieniem z ortogonalnym podziałem częstotliwości (OFDM). Takie modulacje cechuje odporność na zaniki wielodrogowe występujące w zamkniętych pomieszczeniach obfitujących w przeszkody powodujące ugięcia i odbicia fal radiowych.

Korzystnie moduł komunikacyjny urządzenia pomiarowego stanowi moduł transmisji przewodowej. Prowadzenie kabli jest żmudne i kłopotliwe ale z reguły najbardziej niezawodne pod warunkiem, że kable nie przebiegają w ruchliwych miejscach gdzie mogą ulec uszkodzeniom mechanicznym.

Układ pomiarowy korzystnie jest wyposażony w drugie urządzenie pomiarowe o osi pomiarowej ustawionej w stosunku do osi pomiaru pierwszego urządzenia pomiarowego pod kątem mieszczącym się w zakresie od 60° do 90° . Zastosowanie dwóch urządzeń pomiarowych rozstawionych w ten sposób pozwala na detekcję odkształceń w pełnym zakresie kątów nawet wówczas, gdy odkształcenia przebiegają inaczej niż pionowo. Przy jednym urządzeniu pomiarowym istnieje taki niepionowy kierunek odkształceń, który może zostać niewykryty.

Stożkowa powierzchnia tarczy pomiarowej korzystnie jest zaopatrzona w podziałkę. Taka podziałka umożliwi człowiekowi odnotowanie położenia plamki lasera warunkach w których konstrukcja nie jest odkształcona a jej element nie jest przemieszczony i następnie dokonywanie awaryjnego odczytu na podstawie zmiany położenia plamki lasera na powierzchni stożkowej.

Sposób pomiaru przemieszczeń konstrukcji zgodny z wynalazkiem przeprowadza się, wykonując pomiar różnicy odległości poziomej pomiędzy elementem referencyjnym a elementem ruchomym konstrukcji w układzie pomiarowym obejmującym urządzenie pomiarowe zawierające dalmierz laserowy oraz tarczę pomiarową mającą stożkową powierzchnię, na którą dalmierz jest skierowany, przy czym urządzenie pomiarowe oraz tarczę pomiarową rozmieszcza się, odpowiednio, na elemencie konstrukcji podlegającym przemieszczeniu i na elemencie referencyjnym konstrukcji. Za pomocą dalmierza laserowego urządzenia pomiarowego wykonuje się pomiar odległości odniesienia, a następnie wykonuje się kolejne pomiary odległości, które przelicza się na wartość przemieszczenia pionowego i generuje się alarm gdy przemieszczenie to spełnia predefiniowane kryterium. Zgodnie z wynalazkiem, że sposób ten przeprowadza się za pomocą układu pomiarowego według wynalazku, przy czym tarczę utrzymuje się w pionie za pomocą układu samopionującego, urządzenie pomiarowe poziomuje się za pomocą układu samopoziomującego i wy poziomowanie urządzenia pomiarowego kontroluje się za pomocą inklinometru. Predefiniowane kryterium to z reguły przekroczenie wartości maksymalnej ale możliwe jest zastosowanie kryteriów bardziej złożonych uwzględniających czasowy przebieg odkształcania.

Korzystnie do realizacji sposobu, że stosuje się układ pomiarowy jak określono w zastrz. 8 a w predefiniowanym kryterium uwzględnia się różnicę wskazania pierwszego sensora odległości (1a) względem pierwszej wartości referencyjnej i różnicę wskazania drugiego sensora odległości względem drugiej wartości referencyjnej.

Zastosowanie rozwiązania według wynalazku pozwala na wykonanie pomiaru przemieszczeń elementów konstrukcji obiektu budowlanego, drogowego lub nawet kopalni, polegającego na tym, że mierzy się odległość poziomą pomiędzy punktem stałym konstrukcji, przykładowo słupem lub ścianą – o składowej ugięcia pionowego równej zero, stanowiącym bazę pomiarową, a punktem obserwowanym znajdującym się na uginającym się elemencie konstrukcji, przykładowo na dźwigarze dachowym.

Rozwiązanie według wynalazku umożliwia wykonywanie pomiaru przemieszczeń konstrukcji, zwłaszcza ugięć dźwigarów dachowych obiektów wielkopowierzchniowych, co pozwala na każdorazowe określanie stanu bezpieczeństwa konstrukcji w przypadku obciążeń zewnętrznych, zwłaszcza opadów śniegu.

Wyniki pomiarów mogą być przetwarzane, wizualizowane, archiwizowane, przesyłane za pomocą systemu monitoringu, w celu informowania użytkownika obiektu o aktualnym stanie wyężenia konstrukcji. Otrzymane informacje mogą służyć do zarządzania obiektem w zakresie bieżącej eksploatacji, przykładowo informować o konieczności odśnieżania dachu oraz do określania bezpieczeństwa osób i mienia, przykładowo do ogłoszenia konieczności ewakuacji budynku.

Przedmiot wynalazku został ukazany w przykładach wykonania na rysunku, na którym:

Fig. 1 przedstawia schematycznie przykład wykonania układu pomiarowego według wynalazku,

Fig. 2 przedstawia schematycznie alternatywny przykład wykonania układu pomiarowego według wynalazku;

Fig. 3, 4, i 5 ilustrują detekcję ugięcia pod ciężarem śniegu konstrukcji zaopatrzonej w układ według wynalazku w wariacie wykonania ukazanym na Fig. 1;

Fig. 6 ilustruje schematycznie geometrię pomiaru w przekroju pionowym zawierającym oś pomiaru, w wariacie wykonania układu pomiarowego ukazanym na Fig. 1;

Fig. 7 ilustruje schematycznie geometrię pomiaru w przekroju pionowym zawierającym oś pomiaru, w wariacie wykonania układu pomiarowego pokazanym na Fig. 2;

Fig. 8 przedstawia schematycznie przykład wykonania układu pomiarowego według wynalazku z dwoma urządzeniami pomiarowymi, w widoku z góry;

Fig. 9 przedstawia schemat blokowy urządzenia pomiarowego stosowanego w przykładzie wykonania układu pomiarowego według wynalazku, natomiast

Fig. 10 przedstawia tarczę układu pomiarowego według wynalazku.

Fig. 1 uwidacznia schematycznie układ pomiarowy służący do realizacji sposobu pomiaru przemieszczeń pionowych konstrukcji złożony z urządzenia pomiarowego 1a, wyposażonego w dalmierz laserowy wykonujący pomiar wzdłuż osi O1 oraz tarczy pomiarowej 3, ze stożkową powierzchnią 6 o pionowej osi obrotu O2. Urządzenie pomiarowe 1a, którego schemat blokowy pokazano na Fig. 9, jest wyposażone w jednostkę centralną 10, oraz połączone z nią: pamięć 11, dalmierz laserowy 13, układ samopoziomujący 2, wyświetlacz 14, inklinometr 15 oraz moduł komunikacji 12, umożliwiający przesyłanie wyniku pomiaru do niezależnego serwera. Oś pomiarowa O1 dalmierza 13 urządzenia pomiarowego przebiega przez stożkową powierzchnię 6 tarczy pomiarowej. Fig. 1 ilustruje pomiar w płaszczyźnie pionowej wyznaczonej przez poziomą oś pomiaru O1 oraz pionową oś obrotu O2 stożkowej powierzchni 6. Urządzenie pomiarowe 1a jest zamocowane za pośrednictwem układu samopoziomującego 2 do nieruchomego elementu referencyjnego A. Ten element może stanowić część konstrukcji poddawanej pomiarowi ugięcia lub należeć, tak jak na Fig. 1, do niezależnego od niej nieruchomego obiektu. Tarcza pomiarowa 3 jest zamocowana do ruchomego elementu B konstrukcji 4 podlegającej pomiarowi ugięcia za pośrednictwem układu samopionującego 5. Kąt rozwarcia stożkowej powierzchni 6 mieści się w zakresie od 80° do 100° , dzięki temu wskazanie dalmierza różni się nie więcej niż o 20% od faktycznego ugięcia mierzonego za pomocą układu pomiarowego.

Fig. 2 pokazuje układ pomiarowy, w którym tarcza 3 jest zamocowana na elemencie referencyjnym A, zaś urządzenie pomiarowe 1a na elemencie ruchomym B. Schemat blokowy urządzenia pomiarowego 1a stosowanego w przykładach wykonania pokazanych na Fig. 1 i 2 ukazano na Fig. 9. Jest on wyposażony w jednostkę centralną 10, przystosowaną do wykonywania operacji arytmetycznych oraz operacji odczytu/zapisu z urządzeń peryferyjnych. Z jednostką centralną 10 jest połączony moduł nadawczo/odbiorczy 12, pamięć 11, wyświetlacz 13, dalmierz laserowy 13 oraz inklinometr 15.

Fig. 3, 4 i 5 ilustrują sposób według wynalazku w działaniu w układzie pomiarowym w konfiguracji omówionej powyżej w odniesieniu do Fig. 1, w warunkach uginania się konstrukcji dachu pod ciężarem śniegu. Fig. 3 pokazuje układ pomiarowy w konstrukcji wolnej od śniegu, wobec czego nie ugiętej. W takich warunkach za pomocą urządzenia pomiarowego 1a wykonuje się pomiar odległości l_0 pomiędzy referencyjnym elementem A, a ruchomym elementem B i zapisuje się w pamięci 11. Opcjonalnie wynik pomiaru można również wysłać do zewnętrznego serwera za pomocą przewodowego lub bezprzewodowego modułu komunikacyjnego. Wartość l_0 odległości zmierzonej w warunkach braku ugięcia stanowi pomiar odniesienia.

Na Fig. 4 uwidoczniono konstrukcję dachu ugiętą pod ciężarem zgromadzonego na niej śniegu. Wskutek przemieszczenia się tarczy 3 ku dołowi, wzdłuż pionowej osi O2, oś pomiaru O1 przemieszcza się po stożkowej powierzchni 6 i przebija ją na innej wysokości niż wcześniej. Wskazanie dalmierza laserowego 13 zmienia się z wartości l_0 zapisanej w pamięci 11 na mierzoną wartość l_m . Różnica pomiędzy l_0 a l_m jest proporcjonalna do wielkości przemieszczenia a stałą proporcjonalności jest tangens połowy kąta α rozwarcia stożkowej powierzchni 6 tarczy 3.

Na Fig. 5 pokazano większe ugięcie konstrukcji dachu wskutek zwiększenia się pokrywy śniegu. Ugięcie przekracza stan alarmowy. Za pomocą układu nadawczo-odbiorczego 12 urządzenia pomiarowego 1a wysyła się wynik pomiaru i/lub sygnał ostrzegawczy do zewnętrznej jednostki nie pokazanej na rysunku. Sygnał ostrzegawczy wyświetla się również na wyświetlaczu 14 urządzenia pomiarowego 1a. Kryterium wyzwolenia sygnału alarmowego może być zwykłe przekroczenie określonej wartości.

Kryterium to może też uwzględniać tempo zmian – wtedy alarm wyzwala się również przy niższych wartościach ugięcia w sytuacji gdy ugięcie przyrasta w czasie szybciej niż 10% wartości maksymalnej na dzień.

Fig. 6 prezentuje w postaci schematu matematycznego sposób pomiaru przemieszczeń pionowych konstrukcji w układzie pomiarowym zilustrowanym na Fig. 1. Na Fig. 6 ukazano schematycznie urządzenie pomiarowe 1a i powierzchnię 6 w przekroju płaszczyzną pionową wyznaczoną przez oś pomiaru O1 i oś obrotu O2 stożkowej powierzchni 6. W przykładzie tym urządzenie pomiarowe 1a jest zamocowane do elementu referencyjnego A. Najpierw mierzy się referencyjną odległość poziomą l_0 od elementu A do punktu C przecięcia stożkowej powierzchni 6 z osią pomiaru O1. Po wystąpieniu przemieszczeń k pionowych konstrukcji, przebiegających wzdłuż kierunku przemieszczenia, zaznaczonego strzałką, mierzy się odległość poziomą z punktu stałego A do punktu C' w którym po przemieszczeniu oś pomiarowa O1 przecina się z powierzchnią stożkową 6. W ten sposób uzyskuje się kolejną wartość odległości l_m . Następnie oblicza się różnicę X pomiędzy wartością referencyjną l_0 a wartością aktualnie mierzoną l_m . Różnica ta odpowiada przemieszczeniu konstrukcji z dokładnością do 20% dzięki temu, że kąt rozwarcia stożka powierzchni 6 mieści się w zakresie od 40° do 80°.

Fig. 7 przedstawia także w postaci schematu matematycznego sposób pomiaru przemieszczeń pionowych konstrukcji w układzie zilustrowanym na Fig. 2. W przykładzie tym tarcza pomiarowa zamocowana jest do bazy pomiarowej. Na Fig. 7 ukazano schematycznie urządzenie pomiarowe 1a i powierzchnię 6 tarczy pomiarowej 3 w przekroju płaszczyzną pionową wyznaczoną przez oś pomiaru O1 i oś obrotu O2 stożkowej powierzchni 6. Na początku mierzy się odległość poziomą pierwszego punktu ruchomego B konstrukcji 4 do punktu C przecięcia osi pomiarowej O1 z płaszczyzną stożkową 6 tarczy pomiarowej 3, wyznaczając tym samym wartość referencyjną odległości l_0 . Po wystąpieniu przemieszczeń pionowych konstrukcji, przebiegających wzdłuż kierunku przemieszczenia k, zaznaczonego strzałką, mierzy się odległość poziomą z punktu ruchomego B' do punktu C' przecięcia osi pomiarowej O2 z powierzchnią 6, wyznaczając tym samym aktualną wartość odległości l_m . Następnie oblicza się różnicę X pomiędzy wyznaczoną wartością końcową l_m a wyznaczoną wartością referencyjną l_0 . Różnica ta odpowiada przemieszczeniu konstrukcji z dokładnością do 20% dzięki temu, że kąt rozwarcia stożka powierzchni 6 mieści się w zakresie od 40° do 80°. W rezultacie pracownik kontrolujący pracę systemu może odczytać wartość l_m wprost z wyświetlacza urządzenia pomiarowego 1a.

Dzięki temu, że powierzchnia 6 tarczy 3 jest stożkowa powyższy sposób działa prawidłowo niezależnie od kierunku pomiaru – pod warunkiem, że oś pomiaru O1 jest pozioma, zaś oś obrotu O2 stożkowej powierzchni 6 tarczy 3 jest pionowa.

Urządzenie pomiarowe 1a jest mocowane do elementów konstrukcji za pośrednictwem układu samopoziomującego 2, zaś tarcza pomiarowa 3 jest mocowana do elementów konstrukcji za pośrednictwem układu samopionującego 7. W stanie techniki znane są liczne przykłady układów samopoziomujących oraz samopionujących, które znawca zna i może rutynowo zastosować. Urządzenia samopoziomujące są nawet integrowane w niektórych dalmierzach laserowych dostępnych na rynku. Podobnie jak jednostki logiczne, pamięć i układy komunikacji przewodowej lub bezprzewodowej.

W alternatywnym przykładzie wykonania stosuje się urządzenie pomiarowe 1a z prostym dalmierzem bez układu samopoziomującego i zewnętrznym układem samopoziomującym jak ujawniono w amerykańskim dokumencie patentowym US 20120128406. Układ samopoziomujący ujawniony w tym dokumencie można zastosować również jako układ samopionujący poprzez zamocowanie go do podstawy stożkowej powierzchni 6.

Ponieważ właściwa praca układów samopoziomujących i samopionujących ma wpływ na wartości o krytycznym znaczeniu dla bezpieczeństwa korzystne jest wyposażenie tarczy pomiarowej 3 w libellę kołową lub, jeszcze lepiej pierwszą liniową libellę 6a i drugą ustawioną do niej prostopadle libellę 6b, obie prostopadle do osi O2 obrotu stożkowej powierzchni 6. W ten sposób możliwe jest późniejsze okresowe kontrolowanie orientacji tarczy przez pracowników. Libelle stanowią też ułatwienie przy montażu, dzięki czemu można powierzyć montaż mniej wykwalifikowanym osobom.

Libellę liniową można również zastosować przy urządzeniu pomiarowym 1a. Należy ją wówczas ustawić wzdłuż osi pomiarowej O1 dalmierza laserowego 10. Korzystniejszym rozwiązaniem jest jednak zaopatrzenie urządzenia pomiarowego 1a w inklinometr cyfrowy 15 połączony z jednostką centralną 10 oraz zapewnić środki do generowania sygnału alarmowego za pośrednictwem układu nadawczo-odbiorczego 12 i/lub wyświetlacza 14 w razie gdy wskazanie inklinometru odbiega od poziomu.

Przewodowy układ nadawczo-odbiorczy 12 w większości sytuacji jest najbardziej niezawodnym rozwiązaniem. Jednak nie we wszystkich konstrukcjach można prowadzić przewody i nie we wszystkich

konstrukcjach przewody stanowią medium transmisyjne najbardziej odporne na zakłócenia i narażenia środowiskowe. W takiej sytuacji rozwiązaniem jest łączność radiowa. Ze względu na przeszkody występujące w radiowym środowisku propagacyjnym charakterystycznym dla konstrukcji budowli, inżynierii lądowej czy kopalni zasadne jest zastosowanie modulacji odpornej na zaniki wielodrogowe, takiej jak modulacja ze zwielokrotnieniem z ortogonalnym podziałem częstotliwości (OFDM), np. w standardzie IEEE 802.11g.

Bezpieczeństwo wykrycie przemieszczeń, zwłaszcza w przypadku przemieszczeń złożonych skierowanych niekoniecznie w kierunku pionowym można uzyskać stosując dwa urządzenia pomiarowe: pierwsze 1a i drugie 1b. Wówczas ustawia się je tak aby ich osie pomiaru O1 i O1' tworzyły kąt ostry β , mieszczący się w zakresie od 60 do 90°. Taki układ pomiarowy jest łatwo zamontować dzięki temu, że powierzchnia 6 jest symetryczna względem osi symetrii O2. Układ pomiarowy w takiej konfiguracji ukazano na Fig. 8.

W okresie występowania znaczących obciążeń zmiennych, np. podczas nawałnicy lub w okresie zimowym, pomiary powinny być wykonywane w odstępach czasu adekwatnych do przyrostu obciążeń i czasu reakcji na podjęcie ewakuacji lub odśnieżania obiektu i aby aktualne wartości przemieszczeń były porównywalne z wartością przemieszczenia dopuszczalnego – maksymalnego – w systemie informatycznym monitoringu, który w sposób automatyczny przesyła do użytkownika lub administratora obiektu komunikaty o aktualnym poziomie bezpieczeństwa konstrukcji obiektu budowlanego.

Możliwe jest przesyłanie danych o wynikach pomiarów do serwera analizującego wyniki dla wielu punktów tego samego obiektu konstrukcyjnego. Komunikacja między serwerem a urządzeniami pomiarowymi może odbywać się drogą elektroniczną przewodową lub bezprzewodową. W tym drugim przypadku stosuje się układ nadawczo odbiorczy 12 pracujący z modulacją OFDM.

Zapewnienie pionowej podziałki na powierzchni 6 tarczy pomiarowej 3 wprowadza możliwość jeszcze jednego rodzaju awaryjnego odczytu. Plamka lasera dalmierza jest widoczna na powierzchni 6. Dzięki zapewnieniu podziałki wystarczy notować położenie plamki przy okresowych kontrolach. Dzięki temu można wykryć odkształcenie konstrukcji nawet jeżeli system elektroniczny zawiedzie. Przykład tarczy pomiarowej 3 z podziałką 6c naniesioną na stożkowej powierzchni 6 ukazano na Fig. 10. Tarcza pomiarowa 3 ukazana na Fig. 10 jest ponadto zaopatrzona w dwie libelle 6a i 6b ustawione prostopadle do siebie nawzajem i do pionowej osi O2 obrotu stożkowej powierzchni 6. Tarcza ta ma także prosty układ samopionujący 5 przystosowany do mocowania do elementów konstrukcji połączeniem śrubowym.

Rozwiązanie według wynalazku pozwala na prowadzenie monitoringu w obiektach użyteczności publicznej o dużym natężeniu ruchu takich jak galerie handlowe, hale targowe i wystawowe, w obiektach sportowych takich jak baseny gdzie pomiar pionowy do tafli wody jest niemożliwy, stadionach zamkniętych nawet w trakcie imprezy sportowej, czy w obiektach, gdzie sufit jest zabudowany warstwą izolacji.

Wynalazek może mieć zastosowanie w obiektach w których zachodzi nieuporządkowany ruch np. w sklepach o częstej zmianie ekspozycji, halach logistycznych i przeładunkowych, budynkach produkcyjnych o zmiennym układzie urządzeń, a także kopalniach, czy strukturach inżynierii lądowej.

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ pomiarowy służący do pomiaru przemieszczeń elementów konstrukcji wyposażony w urządzenie pomiarowe (1a) z jednostką centralną (10) oraz, połączoną z nią, pamięcią (11) do zapamiętywania wyników pomiaru, modułem komunikacji (12) do przekazywania wyników pomiaru, wyświetlaczem (14) i z dalmierzem laserowym (13), przy czym urządzenie pomiarowe (1a) i tarcza pomiarowa (3) są przystosowane do mocowania naprzeciw siebie, jedno na elemencie (B) konstrukcji (4) podlegającym przemieszczeniu, drugie zaś na elemencie referencyjnym (A) konstrukcji (4) tak, że dalmierz laserowy (13) ma zasadniczo poziomą oś pomiaru (O1) skierowaną na tarczę pomiarową (3), która zawiera powierzchnię (6) mającą kształt stożka o zasadniczo pionowej osi obrotu (O2), **znamienny tym**, że urządzenie pomiarowe (1a) jest wyposażone w układ samopionujący (2), przystosowany do mocowania do elementów konstrukcji (4) oraz cyfrowy inklinometr (15) połączony z jednostką centralną (10) i środki do generowania alarmu w razie gdy wskazanie cyfrowego inklinometru (15) odbiega od poziomu bardziej niż 2°, natomiast stożkowa powierzchnia (6) tarczy pomiarowej (3) ma

- kąt rozwarcia mieszczący się w zakresie od 80° do 100° , przy czym ta tarcza pomiarowa (3) jest zaopatrzona w układ samopionujący (5).
2. Układ pomiarowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że tarcza pomiarowa (3) jest dodatkowo wyposażona w libellę (6a, 6b) umieszczoną tak, że wskazuje poziom gdy oś (O2) obrotu stożkowej powierzchni (6) jest ustawiona pionowo.
 3. Układ pomiarowy według zastrz. 2, **znamienny tym**, że tarcza pomiarowa jest wyposażona w pierwszą libellę (6a) i drugą libellę (6b) ustawione prostopadłe do siebie i do osi obrotu (O2) stożkowej powierzchni (6).
 4. Układ pomiarowy według zastrz. 1 albo 2 albo 3, **znamienny tym**, że urządzenie pomiarowe (1a) jest wyposażone w libellę umieszczoną tak, że wskazuje poziom gdy oś pomiarowa dalmierza laserowego (13) urządzenia pomiarowego (1a) jest ustawiona poziomo.
 5. Układ pomiarowy według dowolnego z zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że moduł komunikacyjny (12) urządzenia pomiarowego (1a) stanowi radiowy układ nadawczo-odbiorczy pracujący ze zwielokrotnieniem z ortogonalnym podziałem częstotliwości (OFDM).
 6. Układ pomiarowy według dowolnego z zastrz. od 1 do 4, **znamienny tym**, że moduł komunikacyjny (12) urządzenia pomiarowego (1a) stanowi moduł transmisji przewodowej.
 7. Układ pomiarowy według dowolnego z zastrz. od 1 do 6, **znamienny tym**, że jest wyposażony w drugie urządzenie pomiarowe (1b) o osi pomiarowej (O1') ustawionej w stosunku do osi pomiaru (O1) pierwszego urządzenia pomiarowego (1a) pod kątem mieszczącym się w zakresie od 60° do 90° .
 8. Układ pomiarowy według dowolnego z zastrz. od 1 do 7, **znamienny tym**, że stożkowa powierzchnia (6) tarczy pomiarowej (3) jest zaopatrzona w podziałkę.
 9. Sposób pomiaru przemieszczeń konstrukcji, który przeprowadza się, wykonując pomiar różnicy odległości poziomej pomiędzy elementem referencyjnym a elementem ruchomym konstrukcji (4) w układzie pomiarowym obejmującym urządzenie pomiarowe (1a) zawierające dalmierz laserowy (13) oraz tarczę pomiarową (3) mającą stożkową powierzchnię (6), na którą dalmierz jest skierowany, przy czym urządzenie pomiarowe (1a) oraz tarczę pomiarową (3) rozmieszcza się, odpowiednio, na elemencie (B) konstrukcji (4) podlegającym przemieszczeniu i na elemencie referencyjnym (A) konstrukcji (4), zaś za pomocą dalmierza laserowego (13) urządzenia pomiarowego (1a) wykonuje się pomiar odległości odniesienia (l_0), a następnie wykonuje się kolejne pomiary odległości (l_m), które przelicza się na wartość przemieszczenia pionowego i generuje się alarm gdy przemieszczenie to spełnia predefiniowane kryterium, **znamienny tym**, że sposób ten przeprowadza się za pomocą układu pomiarowego jak określono w dowolnym z zastrz. od 1 do 8, przy czym tarczę (3) utrzymuje się w pionie za pomocą układu samopionującego (5), urządzenie pomiarowe (1a) poziomuje się za pomocą układu samopoziomującego (2) i wypoziomowanie urządzenia pomiarowego (1a) kontroluje się za pomocą inklinometru (15).
 10. Sposób pomiaru przemieszczeń konstrukcji według zastrz. 9, **znamienny tym**, że stosuje się układ pomiarowy jak określono w zastrz. 7 a w predefiniowanym kryterium uwzględnia się różnicę wskazania pierwszego sensora odległości (1a) względem pierwszej wartości referencyjnej i różnicę wskazania drugiego sensora odległości (1b) względem drugiej wartości referencyjnej.

Rysunki

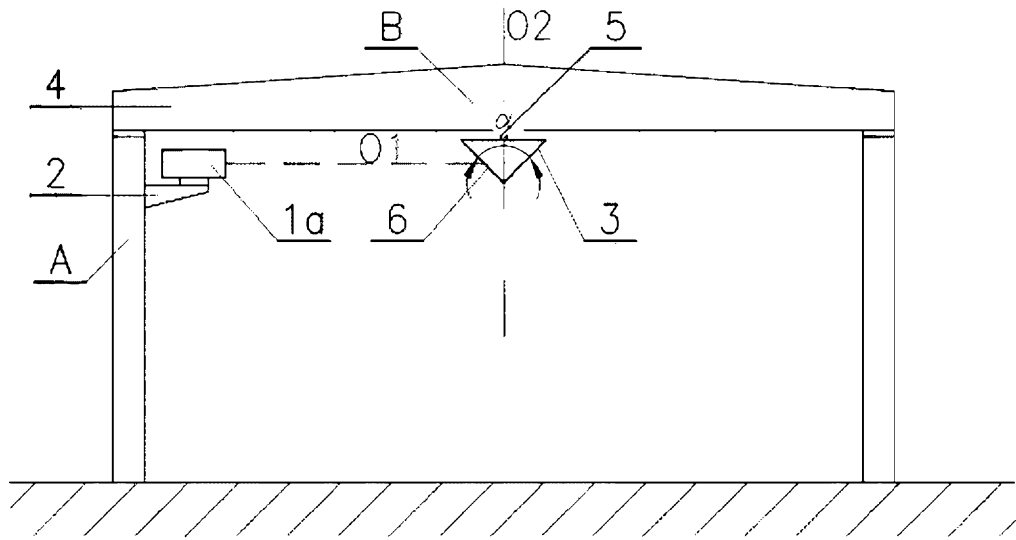


Fig. 1

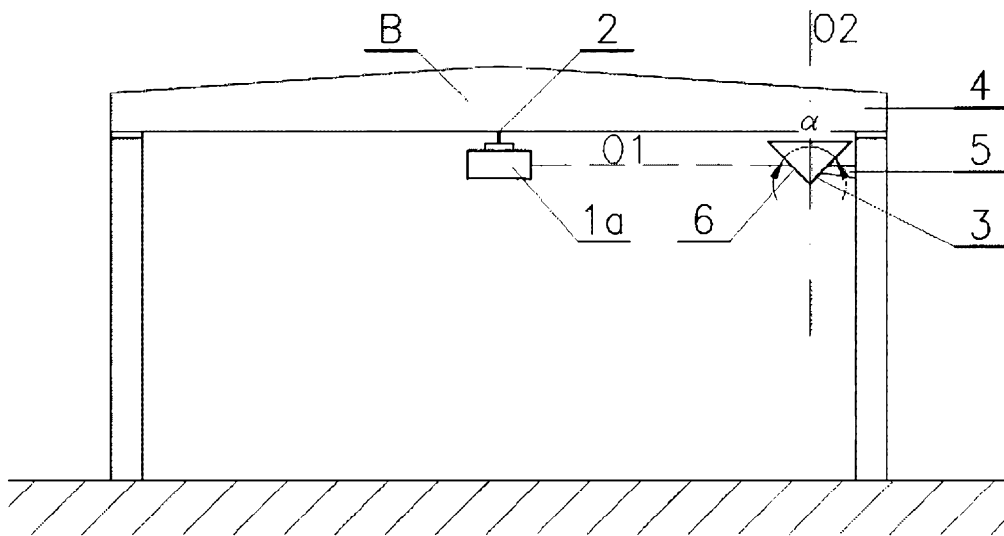


Fig. 2

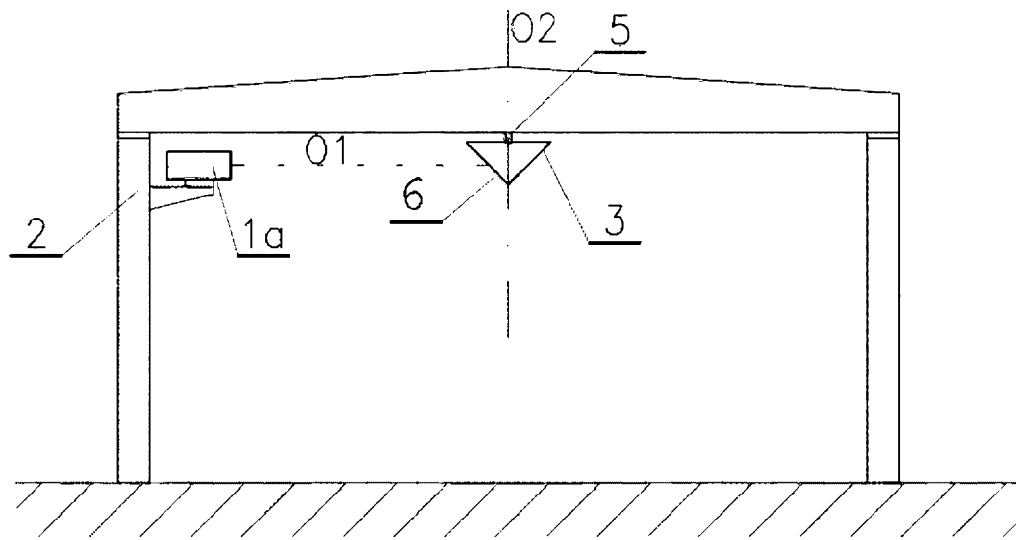


Fig. 3

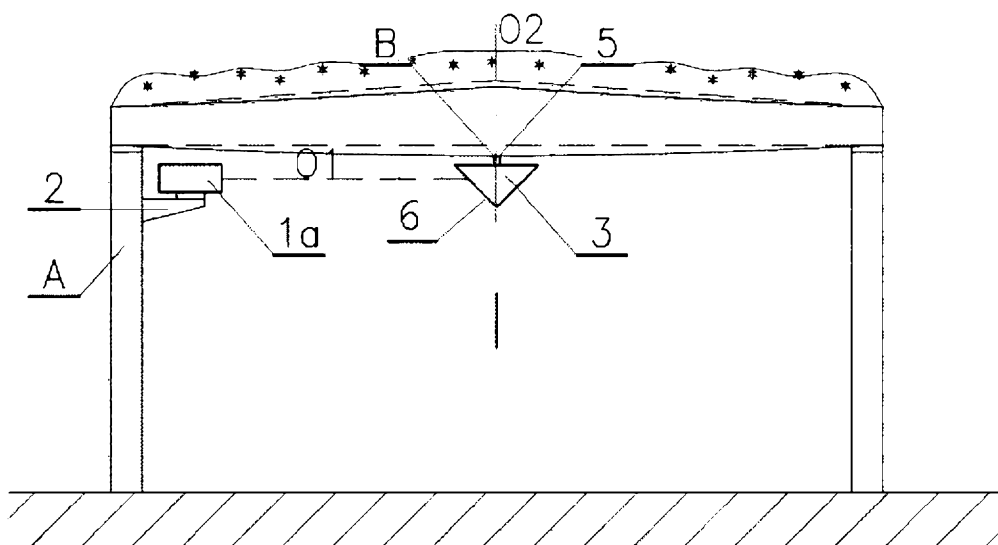


Fig. 4

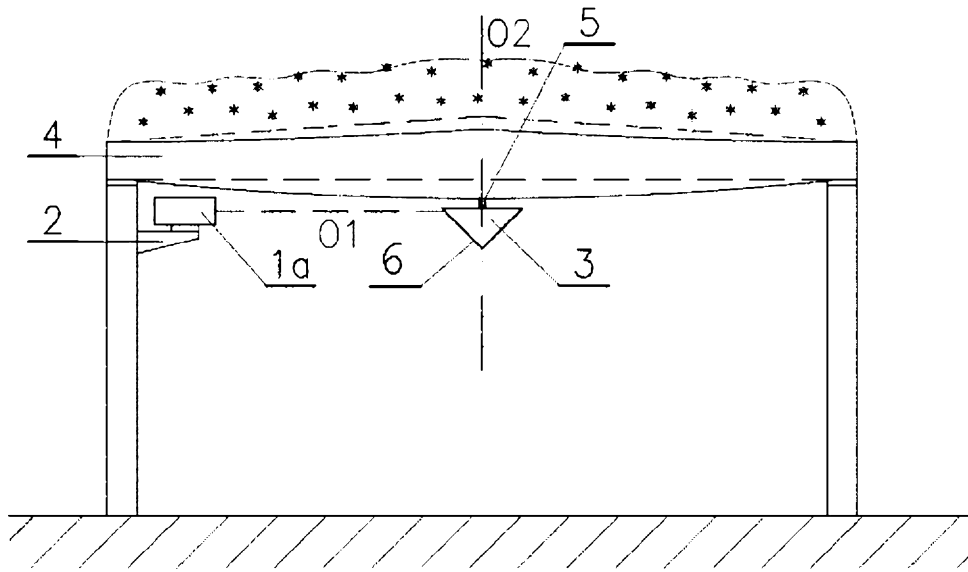


Fig. 5

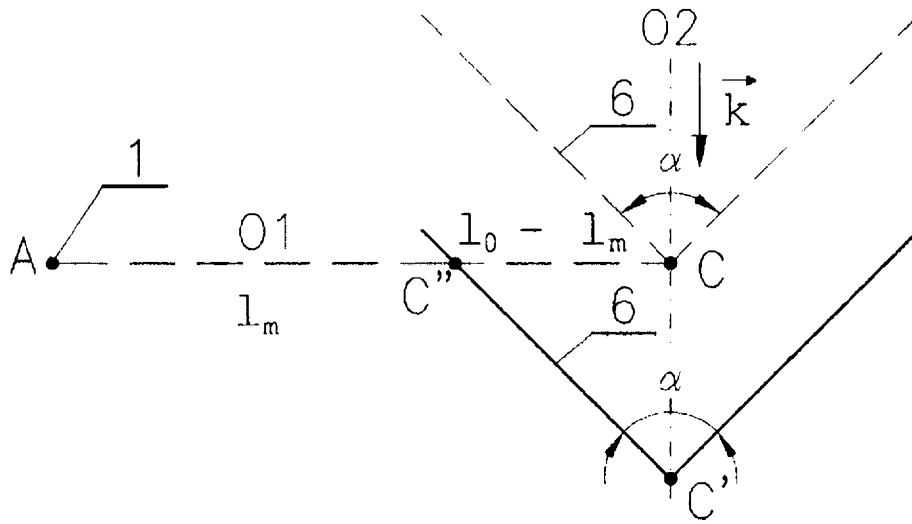


Fig. 6

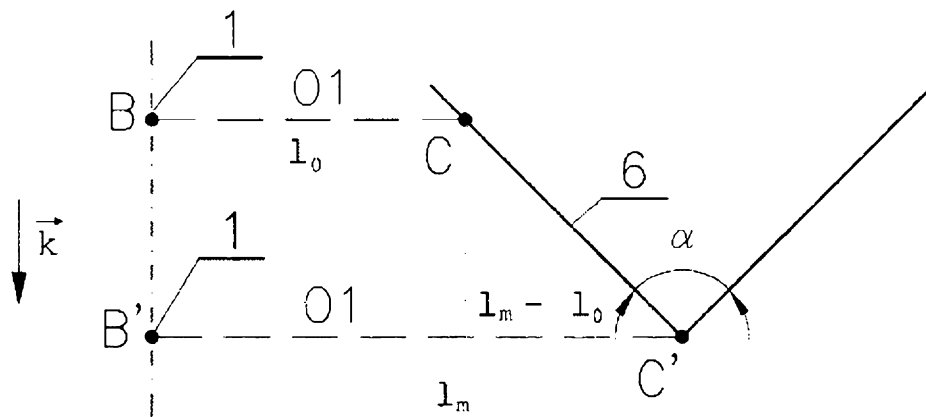


Fig. 7

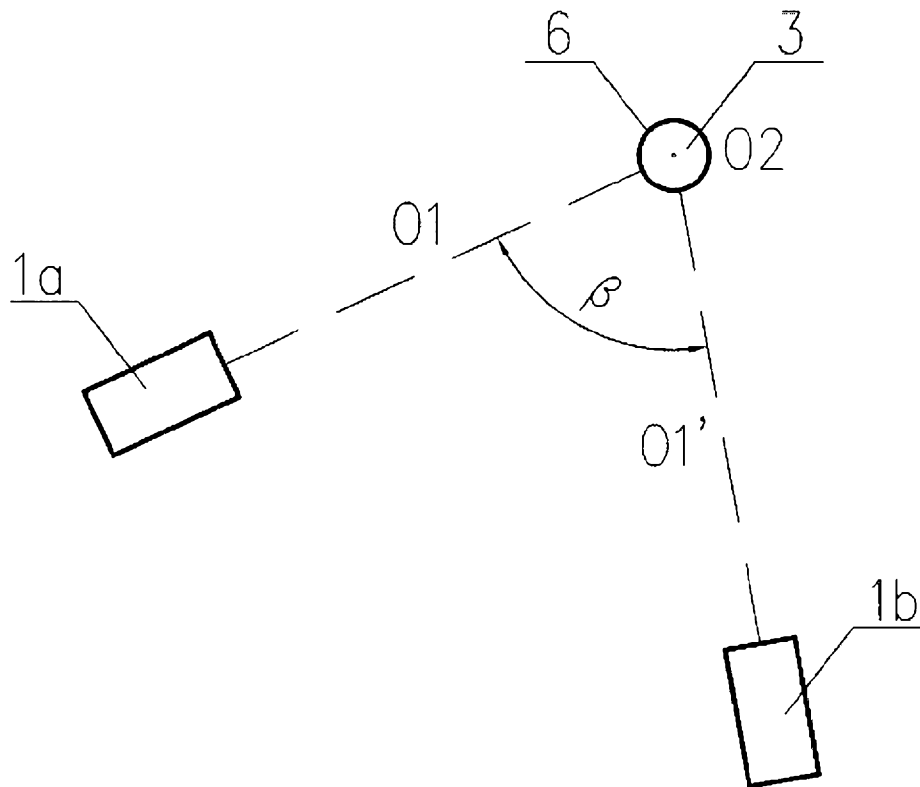


Fig. 8

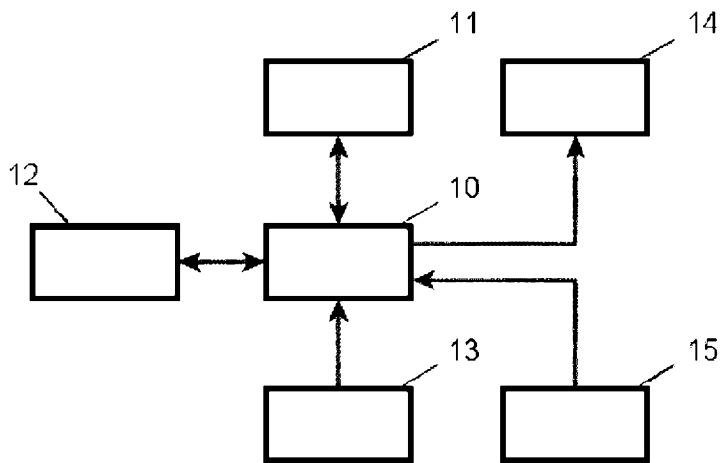


Fig. 9

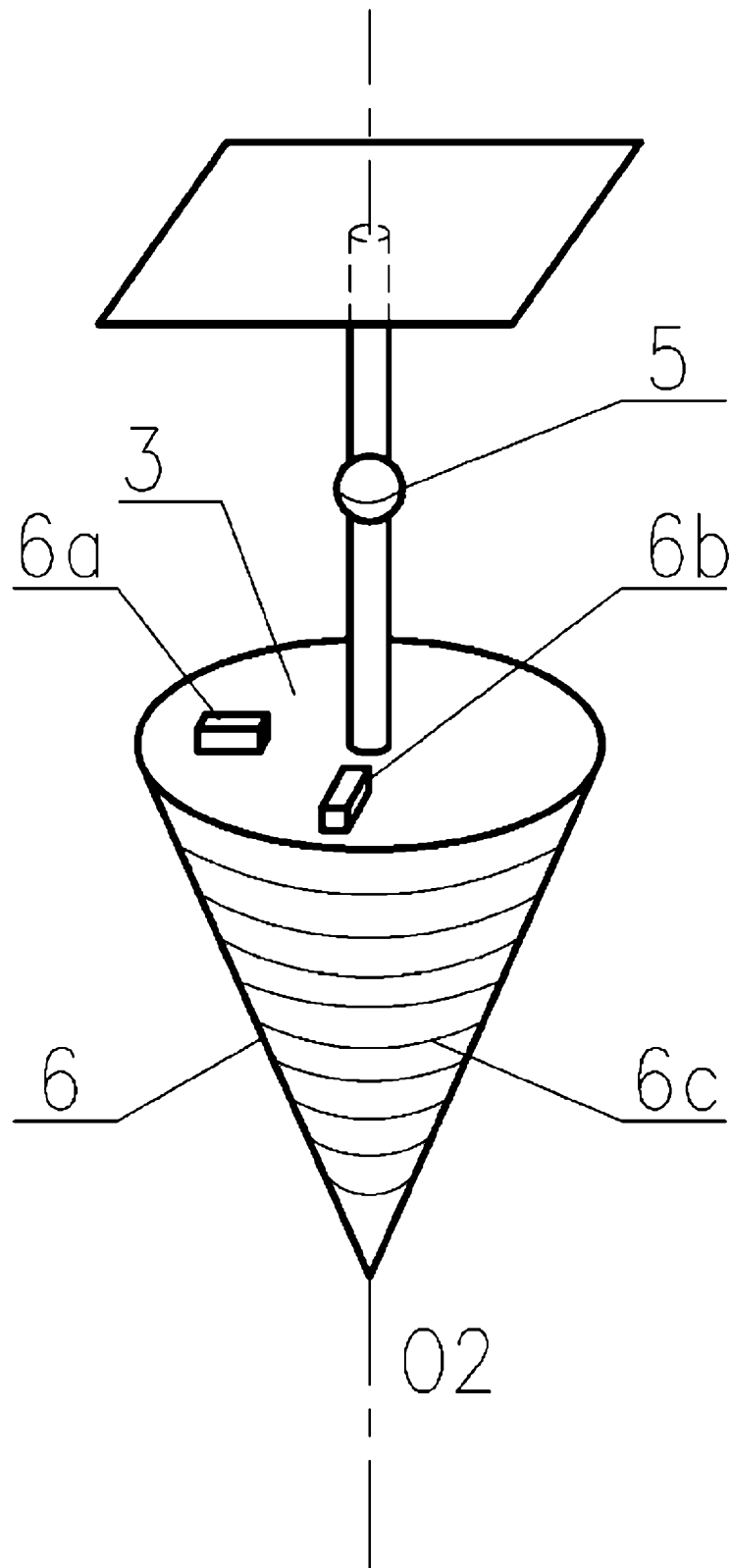


Fig. 10