

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **231354**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **409800**

(51) Int.Cl.
B60C 23/06 (2006.01)
G01M 17/02 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **15.10.2014**

(54) **Czujnik do pomiaru przemieszczeń, zwłaszcza elementów ogumienia
względem obręczy koła jezdnego**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
17.08.2015 BUP 17/15

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.02.2019 WUP 02/19

(73) Uprawniony z patentu:
POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:
PIOTR DUDZIŃSKI, Wrocław, PL
JAKUB CHOŁODOWSKI, Chwałęcice, PL

PL 231354 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest czujnik do pomiaru przemieszczeń, zwłaszcza elementów ogumienia koła jezdnego względem obręczy, przeznaczony w szczególności do pomiaru deformacji ogumienia koła samochodowego i jego przemieszczania się względem obręczy w procesie jego interakcji z dowolnym podłożem.

W amerykańskich opisach patentowych US 7,493,807 i US 7,543,491 jako czujniki do pomiaru składowej promieniowej lub poprzecznej deformacji ogumienia pneumatycznego koła jezdnego przedstawiono różnego pomysłu kondensatory nanoszone na powierzchnię wewnętrzną ogumienia. Odkształcając się wraz z oponą, zmienia ulega ich pojemność, co odnotować można przy pomocy specjalnych układów pomiarowych.

Z dokumentu patentowego US 5,749,984 oraz pracy Jingang Yi; A Piezo-Sensor-Based "Smart Tire" System for Mobile Robots and Vehicles Vehicles; IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, vol. 13, No. 1, ss. 95 – 103, 2008 znane jest wykorzystanie w formie czujników deformacji opon cienkiej folii polimerowych materiałów piezoelektrycznych. Czujniki tego typu wchodząc i wychodząc ze strefy styku ogumienia z nawierzchnią, generują sygnały napięciowe. Monitoring ich przebiegu umożliwia wyznaczenie cięciwy koła jezdnego, którą przybliżyć można długość strefy styku koła z nawierzchnią, a w dalszej kolejności oszacowanie ugięcia ogumienia w kierunku promieniowym.

Wymienione dotąd czujniki nie wymagają stosowania jakiegokolwiek punktu odniesienia, co upraszcza strukturę układu pomiarowego. Do szacowania przemieszczeń powierzchni ogumienia służą jednak wówczas skomplikowane modele obliczeniowe wymagające eksperymentalnego wyznaczenia dodatkowych parametrów, m.in. ciśnienia w ogumieniu lub współczynników opisujących sztywność opony.

Ponadto przedstawiony w rozprawie doktorskiej Erdogan G.; New Sensors and Estimation Systems for the Measurement of Tire-Road Friction Coefficient and Tire Slip Variables; A dissertation submitted to the Faculty Graduate School of The University of Minnesota, 2009 inny czujnik piezoelektryczny do pomiaru deformacji ogumienia w kierunku poprzecznym, mocowany jedynie na powierzchni walcowej opony nie zapewniał wystarczającej selektywności pomiaru szukanej składowej. Konieczną była zmiana jego konstrukcji, w tym wprowadzenie punktu odniesienia zlokalizowanego na powierzchni obręczy koła lub w pobliżu stopki opony.

Problemem dotyczącym z kolei czujników o zmiennej pojemności elektrycznej wykazany w pracy Matsuzaki R., Keathing T., Todoroki A., Hiraoka N.; Rubber-based strain sensor fabricated using photolithography for intelligent tires; Sensors and Actuators A 148, ss. 1 – 9, 2008 jest niska trwałość połączenia pomiędzy oponą a elektrodami kondensatora pomiarowego, nawet w przypadku zastosowania do ich wytworzenia materiałów polimerowych o module Younga bliskim modułowi sztywności mieszanki oponiarskiej. Rozwiązaniem o umiarkowanej niezawodności jest cienkowarstwowy kondensator nanoszony na powierzchnię elastomeru metodą fotolitografii i napyłania.

Innym pomysłem, przedstawionym w pracach Matsuzaki R., Todoroki A., Kobayashi H., Shimamura Y.; Passive wireless strain monitoring of a tire using capacitance and electromagnetic induction change; Adv. Composite Mater., vol. 14, No. 2, ss. 147 – 164, 2005 oraz Matsuzaki R., Todoroki A.; Passive wireless strain monitoring of actual tire using capacitance-resistance change and multiple spectral features; Sensors and Actuators A 126, ss. 277 – 286, 2006 jest natomiast szacowanie deformacji ogumienia na podstawie pojemności kondensatora utworzonego pomiędzy drutami opasania ogumienia oraz rezystywności karkasu. W pracach tych wskazano niemniej na wysoki stopień trudności pomiaru pojemności elektrycznych o niewielkich, szybko zmieniających się wartościach. Przedstawiono w nich jednak istotną zaletę czujników pojemnościowych, tzn. możliwość wykonania na ich bazie bezprzewodowego, w pełni pasywnego czujnika.

Sensorem pasywnym może być również czujnik piezoelektryczny działający w oparciu o zjawisko powierzchniowej fali akustycznej, którego przykład adaptacji do pomiaru deformacji ogumienia przedstawiono w artykule Pohl A., Steindl R., Reindl L.; The "Intelligent Tire" Utilizing Passive SAW Sensors – Measurement of Tire Friction; IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, vol. 48, No. 6, ss. 1041 – 1046, 1999.

Znane są ponadto układy czujnikowe dedykowane do jednoczesnego pomiaru co najmniej dwóch składowych deformacji ogumienia. Zaliczają się do nich układy oparte o matryce czujników półprzewodnikowych CCD opisane w dokumencie patentowym US 8,037,744 oraz pracach Green R. W.; A Non-contact Method for Sensing Tire Contact Patch Deformation Using a Monocular Vision System and

Speckled Image Tracking; A thesis submitted to the Graduate Faculty of Auburn University, Alabama, 2011 i Hiraoka N., Matsuzaki R., Todoroki A.; Current monitoring of in-plane and out-of-plane displacement of tire Using Digital Image Correlation method; Journal of Solid Mechanics and Materials Engineering, vol. 3., no. 11, 2009. W obydwu przypadkach pomiar przemieszczeń powierzchni ogumienia względem obręczy koła odbywa się przez analizę zestawu zdjęć powierzchni opony pokrytej specjalnym wzorem. Mimo że w układach pomiarowych istnieje punkt odniesienia w postaci najmniej jednej kamery CCD umieszczonej wewnątrz lub na zewnątrz przestrzeni ograniczonej oponą i obręczą koła, problem wciąż stanowi wysoki z punktu widzenia obliczeniowego poziom komplikacji algorytmu analizy materiału zdjęciowego. Algorytmy te wykazują także czułość na wady instrumentów optycznych, np. stosowanych soczewek. Oba układy zapewniają jednak dużą liczbę możliwych do wyznaczenia składowych deformacji ogumienia, łącznie z obrotami powierzchni opony względem obręczy koła.

Do jednoczesnego pomiaru trzech składowych przemieszczenia wybranego punktu powierzchni opony względem obręczy koła przeznaczony jest półprzewodnikowy analogowy światłoczuły czujnik pozycji (ang. Position Sensing Device – PSD) zaadaptowany w sposób przedstawiony w pracy doktorkiej Tuononen A.; Optical position detection to measure tyre carcass deflections and implementation for vehicle state estimation; Doctoral Dissertation, Helsinki University of Technology, 2009. Głowica pomiarowa zbudowana w oparciu o czujnik PSD, model Hamamatsu s5990-01, wprowadzana do wnętrza koła jezdnego za pośrednictwem hermetycznego kołnierza-śluzi pozwala na wyznaczenie przemieszczeń wybranego punktu powierzchni karkasu w trzech kierunkach, śledząc ruch przytwierdzonego do niego punktowego źródła światła o szerokokątnym snopie. Problemem w tym przypadku jest trudność oszacowania dokładności pomiaru przy pomocy skonstruowanego układu. Pierwotny zakres pomiarowy czujnika PSD jest bowiem mniejszy od zakresu ruchów powierzchni wewnętrznej ogumienia w trakcie interakcji z podłożem. Wymaga on zatem rozszerzenia przez zastosowanie dodatkowego układu instrumentów optycznych.

Ponadto z opisu patentowego US 6,550,320 i artykułu naukowego Yilmazoglu O., Brandt M., Sigmund J., Gene E., Hartnagel H.L.; Integrated InAs/GaSb 3d magnetic field sensors for “the intelligent tire”; Sensors and Actuators A 94, ss. 59 – 63, 2001 znane jest wykorzystanie czujników pola magnetycznego, magnetorezystancyjnych bądź hallotronowych, do wielokierunkowego pomiaru deformacji opon. Śledzony przy pomocy czujników obraz pola jest generowany za sprawą magnetycznych struktur wytworzonych we wnętrzu struktury specjalnie przygotowanych opon, odpowiednio ferromagnetycznego pasa z naprzemiennie wytworzonymi różnoimiennymi domenami magnetycznymi lub magnesu trwałego o kształcie pastylki. Choć skomplikowane z punktu widzenia algorytmu obliczeniowego wymagającego doświadczalnego wyznaczenia parametrów związanych ze sztywnością opony, korzystne jest rozwiązanie pierwsze. Badanie zachowania magnetycznego pasa z pozycji elementów zawieszenia, gdzie umieszczone są czujniki pola magnetycznego, zwalnia bowiem z konieczności odbioru sygnału pomiarowego z elementów obrotowych.

Istota czujnika według wynalazku polega na tym, że ma hermetycznie zamkniętą śluzę montażową, zintegrowaną z obręczą koła, wpuszczoną promieniowo przez obręcz koła do wnętrza opony, śluzę montażową przykrywa zaś pokrywa górna, do górnej zaś części śluzi montażowej przymocowane są elementy mocujące zespołu podstawy, wspierające przegub o co najmniej dwóch stopniach swobody, z którym połączony jest i przez które zgodnie z osią śluzi montażowej przechodzi liniowy czujnik położenia z wysuwnym trzpieniem, znajdujący się w obudowie, przy czym jeden z końców liniowego czujnika położenia jest wyposażony w końcówkę pomiarową, która dotyka punktu na powierzchni wewnątrz opony i jest ruchoma wraz z tą powierzchnią we wszystkich trzech osiach, x, y, z, zorientowanych odpowiednio w kierunku: stycznym, poprzecznym, i promieniowym do obręczy koła, zaś ruch obudowy liniowego czujnika położenia jest sprzęgnięty z ruchem dwóch czujników położenia kąтового, zamocowanych nieruchomo względem pokrywy górnej, prostopadle do siebie w osiach x i y, leżących w płaszczyźnie prostopadłej do osi z wysuwnego trzpienia liniowego czujnika położenia.

Korzystnie, przegub jest łożyskiem kulistym.

Korzystnie, przegub jest przegubem krzyżakowym, najkorzystniej przegubem Cardana.

W wariantcie wynalazku obudowa liniowego czujnika położenia połączona jest z przegubem przez osadzoną na niej współosiowo tuleję bazową przechodzącą przez przegub i ponadto głowicę montażową przytwierdzoną do obudowy liniowego czujnika położenia od strony końcówki pomiarowej i połączoną gwintowo z tuleją bazową.

Korzystnie, głowica montażowa zamknięta jest podstawą dolną, przez którą na zewnątrz przechodzi trzpień liniowego czujnika położenia wraz z końcówką pomiarową, przy czym na trzpieniu pomiędzy końcówką pomiarową a podstawą dolną osadzona jest sprężyna naciskowa.

Korzystnie, głowica montażowa jest blokowana w wybranym położeniu względem tulei bazowej za pomocą wkrętów dociskowych.

Korzystnie, końcówka pomiarowa ma postać miniaturowej kuli współpracującej z dopasowaną czaszą utwierdzoną na powierzchni badanej.

W wariacie wynalazku końcówka pomiarowa ma postać stożkowego ostrza opierającego się na powierzchni badanej.

Korzystnie, w elementach mocujących symetrycznie dookoła liniowego czujnika położenia zamocowane są cztery łożyska toczne, w których osadzone są cztery wałeczki obrotowe, przy czym pary naprzeciwległych wałeczków stanowią mocowanie i oś obrotu dla dwóch ramion obrotowych, rozpiętych pomiędzy tymi wałeczkami, przy czym ramiona posiadają podłużne otwory, stanowiące prowadnice ruchu dla liniowego czujnika położenia, jedno w osi x, drugie w osi y.

Korzystnie, pary naprzeciwległych łożysk tocznych wraz z podpartymi w nich wałeczkami osadzone są w elementach mocujących w ten sposób, że osie obrotu ramion obrotowych przecinają się w środku obrotu przegubu.

Korzystnie, jeden z wałeczków obrotowych każdej pary jest sprzęgnięty z czujnikiem położenia kąowego.

W wariacie wynalazku, jeden z wałeczków każdej pary jest sprzęgnięty z jednym z czujników położenia kąowego poprzez przekładnię, korzystnie co najmniej jednostopniową przekładnię zębatą multiplikującą.

W wariacie wynalazku, każdy z czujników położenia kąowego wyposażony jest w obrotowy wałeczek wejściowy o nieograniczonym zakresie ruchu obrotowego.

Korzystnie, liniowy czujnik położenia i czujniki położenia kąowego są analogowymi czujnikami potencjometrycznymi.

W alternatywnym wariacie wynalazku, liniowy czujnik położenia jest transformatorowym indukcyjnościowym przetwornikiem położenia LVDT.

Czujnik według wynalazku jest układem opracowanym głównie z myślą o prowadzeniu badań doświadczalnych ogumienia w warunkach stanowiska laboratoryjnego umożliwiającego symulację pracy koła napędzanego lub wleczonego, poddanego zróżnicowanemu obciążeniu, poruszającego się po różnych nawierzchniach. Pozwoli dogłębnie zidentyfikować zachowanie ogumienia, w szczególności w początkowych chwilach ruchu. Dzięki zastosowaniu precyzyjnych czujników położenia liniowego i kąowego pozwala on na prowadzenie z dużą dokładnością pomiarów przemieszczenia wybranego punktu powierzchni deformowanego w wyniku przyłożonego obciążenia ogumienia koła jezdne. Zaletą czujnika jest m.in. fakt, że dzięki integracji wybranych czujników w parach kinematycznych charakteryzuje się компактowymi wymiarami i zwartą budową. Z uwagi na możliwość korekcji wysunięcia czujnika położenia liniowego wzdłuż osi tulei bazowej wykorzystywany może być do badania wielu typów ogumienia. Wzajemna orientacja poszczególnych par kinematycznych mechanizmu głównego sprawia, iż pomiar przemieszczeń jest realizowany wprost w sferycznym układzie współrzędnych, a więc uzyskane wyniki nie muszą być poddawane skomplikowanym transformacjom. Na dużą dokładność wyników pomiarów wpływ ma ponadto zastosowanie przekładni multiplikujących w strukturze mechanizmów przenoszących wychylenie tulei bazowej względem dwóch prostopadłych względem siebie osi na wałki wejściowe czujników położenia kąowego. Pozwala to na pełne wykorzystanie zakresu pomiarowego tych czujników. Wyciągnięte z badań wnioski przyczynić się mogą do aktualizacji, rozwoju i uszczegółowienia opracowanych dotąd obliczeniowych modeli teoretycznych ogumienia. Wyniki pomiarów mogą być ponadto użyteczne w wyznaczaniu parametrów związanych ze sztywnością ogumienia, na których modele te bazują. Umożliwią także wyspecyfikowanie wymagań względem opon pracujących w różnych warunkach i przyczynią się do opracowania modeli ogumienia nowej generacji. Hybrydowy czujnik może również stanowić bazę rozwojową podczas budowy analogicznego układu pomiarowego nowej generacji – jeszcze bardziej zminiaturyzowanego, realizującego pomiar metodą częściowo lub całkowicie bezdotykową.

Przedmiot wynalazku w przykładach wykonania uwidoczniiony jest na rysunku, którego fig. 1 przedstawia rzut aksonometryczny czujnika, fig. 2 ukazuje układ zawieszenia czujnika, fig. 3 przedstawia pneumatyczne koło jezdne, z zamontowanym hybrydowym czujnikiem, natomiast fig. 4 przedstawia przekrój czujnika w trakcie badania odkształcenia opony.

Przykład 1

Czujnik ma hermetycznie zamkniętą śluzę montażową 1, zintegrowaną z obręczą koła 2, wpuszczoną promieniowo przez obręcz koła 2 do wnętrza opony 3, śluzę montażową 1 przykrywa zaś pokrywa górna 4, do górnej zaś części śluzы montażowej 1 przymocowane są elementy mocujące 5 zespołu podstawy 6, wspierające przegub 7 będący łożyskiem kulistym, z którym połączony jest i przez który zgodnie z osią śluzы montażowej 1 przechodzi liniowy czujnik położenia z wysuwym trzpieniem 8, znajdujący się w obudowie 9, przy czym jeden z końców liniowego czujnika położenia jest wyposażony w końcówkę pomiarową 10, która dotyka punktu na powierzchni wewnątrz opony 3 i jest ruchoma wraz z tą powierzchnią we wszystkich trzech osiach, x, y, z, zorientowanych odpowiednio w kierunku: stycznym, poprzecznym i promieniowym do obręczy koła 2, zaś ruch obudowy 9 liniowego czujnika położenia jest sprzęgnięty z ruchem dwóch czujników położenia kąтового 11, 12, zamocowanych nieruchomo względem pokrywy górnej 4 na elementach mocujących 5 zespołu podstawy 6, prostopadle do siebie w osiach x i y, leżących w płaszczyźnie prostopadłej do osi z wysuwego trzpienia 8 liniowego czujnika położenia. Obudowa 9 liniowego czujnika położenia połączona jest z przegubem 7 przez osadzoną na niej współosiowo tuleję bazową 13 przechodzącą przez przegub 7, ponadto głowica montażowa 14 przytwierdzona jest do obudowy 9 liniowego czujnika położenia od strony końcówki pomiarowej 10 i połączona jest gwintowo z tuleją bazową 13. Regulację wysuwu czujnika położenia liniowego realizuje się poprzez obracanie głowicą montażową 14 wokół osi tulei bazowej 13. Głowica montażowa 14 jest blokowana w wybranym położeniu względem tulei bazowej 13 za pomocą wkrętów dociskowych 15. Głowica montażowa 14 zamknięta jest podstawą dolną 16, przez którą na zewnątrz przechodzi trzpień 8 liniowego czujnika położenia wraz z końcówką pomiarową 10, przy czym na trzpieniu 8 pomiędzy końcówką pomiarową 10 a podstawą dolną 16 osadzona jest sprężyna naciskowa 17. Końcówka pomiarowa 10 ma postać stożkowego ostrza, opierającego się na powierzchni badanej. Wysuwny trzpień 8 współpracuje za pośrednictwem łożyska liniowego ślizgowego z prowadnicą liniową. W elementach mocujących 5 symetrycznie dookoła liniowego czujnika położenia, będącego analogowym czujnikiem potencjometrycznym, zamocowane są cztery łożyska toczne 18, w których osadzone są cztery wałeczki obrotowe 19, przy czym pary naprzeciwległych wałeczków 19 stanowią mocowanie i oś obrotu dla dwóch ramion obrotowych 20 rozpiętych pomiędzy tymi wałeczkami, przy czym ramiona obrotowe 20 posiadają podłużne otwory 21, stanowiące prowadnice ruchu dla liniowego czujnika położenia, jedno w osi x, drugie w osi y. Pary naprzeciwległych łożysk tocznych 18 wraz z podpartymi w nich wałeczkami obrotowymi 19 osadzone są w elementach mocujących 5 w ten sposób, że osie obrotu ramion obrotowych 20 przecinają się w środku obrotu pierścienia wewnętrznego łożyska przegubowego 7 względem jego panewki. Jeden z wałeczków obrotowych 19 każdej pary jest sprzęgnięty z jednym z czujników położenia kąтового 11, 12, przy czym wałeczek 19 obracający się w płaszczyźnie normalnej do osi y jest sprzęgnięty z obrotowym wałeczkiem wejściowym 22 czujnika położenia kąтового 11, o nieograniczonym zakresie ruchu obrotowego, poprzez trójstopniową przekładnię zębatą 23 multiplikującą w stosunku 32 : 1, zaś wałek obracający się w płaszczyźnie normalnej do osi x z obrotowym wałeczkiem wejściowym 24 drugiego czujnika położenia kąтового 12, o nieograniczonym zakresie ruchu obrotowego, poprzez zębatą przekładnię multiplikującą jednostopniową 25 o przełożeniu 7,5 : 1, tak, że wykorzystane są w pełni zakresy pomiarowe obu czujników położenia kąтового 11, 12, będących analogowymi czujnikami potencjometrycznymi.

Przykład 2

Czujnik jak w przykładzie 1 z tą różnicą, że przegub 7 jest przegubem Cardana.

Przykład 3

Czujnik jak w przykładzie 1 albo 2, z tą różnicą, że końcówka pomiarowa 10 ma postać miniaturowej kuli współpracującej z dopasowaną czaszą utwierdzoną na powierzchni badanej wewnątrz opony 3.

Przykład 4

Czujnik jak w przykładach 1, 2 lub 3, z tym, że jeden z wałków 19 każdej pary jest sprzęgnięty z czujnikiem położenia kąтового 11, 12 bezpośrednio z obrotowym wałeczkiem wejściowym 22, 24 czujnika położenia kąтового 11, 12.

Przykład 5

Czujnik jak w przykładach 1, 2, 3 lub 4, z tą różnicą, że liniowy czujnik położenia jest transformatorowym indukcyjnościowym przetwornikiem położenia LVDT.

Zastrzeżenia patentowe

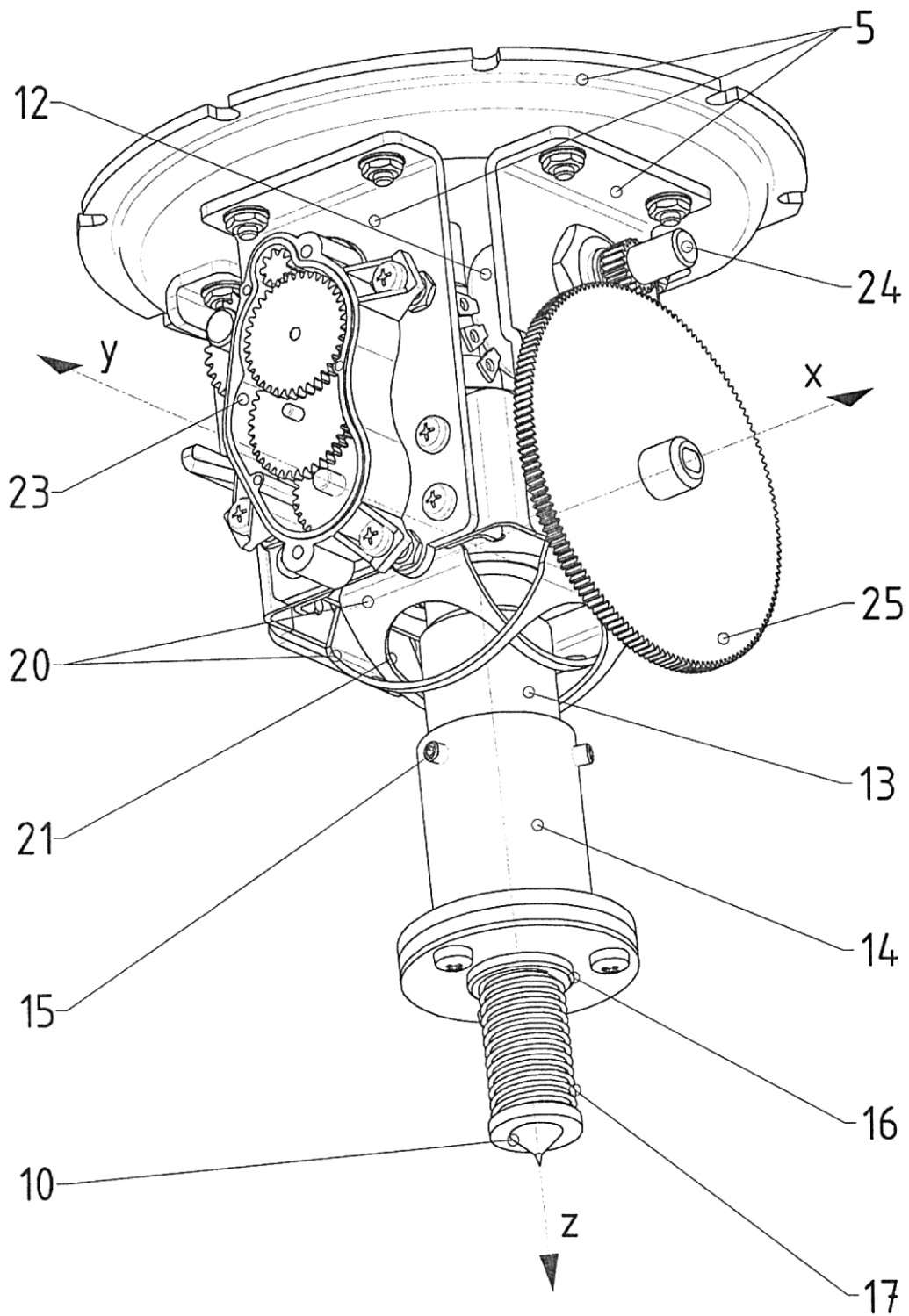
1. Czujnik do pomiaru przemieszczeń, zwłaszcza elementów ogumienia względem obręczy koła jezdnego, który ma hermetycznie zamkniętą śluzę montażową, zintegrowaną z obręczą koła, wpuszczoną promieniowo przez obręcz koła do wnętrza opony, **znamienny tym**, że śluzę montażową (1) przykrywa pokrywa górna (4), do górnej zaś części śluzы montażowej (1) przy-mocowane są elementy mocujące (5) zespołu podstawy (6), wspierające przegub (7) o co najmniej dwóch stopniach swobody, z którym połączony jest i przez który zgodnie z osią śluzы montażowej przechodzi liniowy czujnik położenia z wysuwym trzpieniem (8), znajdujący się w obudowie (9), przy czym jeden z końców liniowego czujnika położenia jest wyposażony w końcówkę pomiarową (10), która dotyka punktu na powierzchni wewnątrz opony (3) i jest ruchoma wraz z tą powierzchnią we wszystkich trzech osiach, x, y, z, zorientowanych odpowiednio w kierunku: stycznym, poprzecznym, i promieniowym do obręczy koła (2), zaś ruch obudowy (9) liniowego czujnika położenia jest sprzęgnięty z ruchem dwóch czujników położenia kąтового (11, 12), zamocowanych nieruchomo względem pokrywy górnej (4), prostopadłe do siebie w osiach x i y, leżących w płaszczyźnie prostopadłej do osi z wysuwego trzpienia (8) liniowego czujnika położenia.
2. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przegub (7) jest łożyskiem kulistym.
3. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że przegub (7) jest przegubem krzyżakowym.
4. Czujnik według zastrz. 3, **znamienny tym**, że, przegub (7) jest przegubem Cardana.
5. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że obudowa (9) liniowego czujnika położenia połączona jest z przegubem (7) przez osadzoną na niej współosiowo tuleję bazową (13) przechodzącą przez przegub (7) i ponadto głowicę montażową (14) przytwierdzoną do obudowy (9) liniowego czujnika położenia od strony końcówki pomiarowej (10) i połączoną gwintowo z tuleją bazową (13).
6. Czujnik według zastrz. 5, **znamienny tym**, że głowica montażowa (14) zamknięta jest podstawą dolną (16), przez którą na zewnątrz przechodzi trzpień (8) liniowego czujnika położenia wraz z końcówką pomiarową (10), przy czym na trzpieniu (8) pomiędzy końcówką pomiarową (10) a podstawą dolną (16) osadzona jest sprężyna naciskowa (17).
7. Czujnik według zastrz. 5, **znamienny tym**, że głowica montażowa (14) jest blokowana w wybranym położeniu względem tulei bazowej (13) za pomocą wkrętów dociskowych (15).
8. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że końcówka pomiarowa (10) ma postać miniaturowej kuli współpracującej z dopasowaną czaszą utwierdzoną na powierzchni badanej.
9. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że końcówka pomiarowa (10) ma postać stożkowego ostrza opierającego się na powierzchni badanej.
10. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że w elementach mocujących (5) symetrycznie dookoła liniowego czujnika położenia zamocowane są cztery łożyska toczne (18), w których osadzone są cztery wałeczki obrotowe (19), przy czym pary naprzeciwległych wałeczków (19) stanowią mocowanie i oś obrotu dla dwóch ramion obrotowych (20), rozpiętych pomiędzy tymi wałeczkami, przy czym ramiona obrotowe (20) posiadają podłużne otwory (21), stanowiące prowadnice ruchu dla liniowego czujnika położenia, jedno w osi x, drugie w osi y.
11. Czujnik według zastrz. 10, **znamienny tym**, że pary naprzeciwległych łożysk tocznych (18) wraz z podpartymi w nich wałeczkami obrotowymi (19) osadzone są w elementach mocujących (5) w ten sposób, że osie obrotu ramion obrotowych (20) przecinają się w środku obrotu przegubu (7).
12. Czujnik według zastrz. 10, **znamienny tym**, że jeden z wałeczków obrotowych (19) każdej pary jest sprzęgnięty z jednym z czujników położenia kąтового (11, 12).
13. Czujnik według zastrz. 10, **znamienny tym**, że jeden z wałeczków obrotowych (19) każdej pary jest sprzęgnięty z jednym z czujników położenia kąтового (11, 12) poprzez co najmniej jednostopniową przekładnię zębatą multiplikującą.
14. Czujnik według zastrz. 10, **znamienny tym**, że każdy z czujników położenia kąowego (11, 12) wyposażony jest w obrotowy wałeczek wejściowy (22, 24) o nieograniczonym zakresie ruchu obrotowego.

15. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że liniowy czujnik położenia i czujniki położenia kąтового (11, 12) są analogowymi czujnikami potencjometrycznymi.
16. Czujnik według zastrz. 1, **znamienny tym**, że liniowy czujnik położenia jest transformatorowym indukcyjnościowym przetwornikiem położenia LVDT.

Wykaz oznaczeń na rysunku

- | | | |
|--------|---|--|
| 1 | – | śluza montażowa |
| 2 | – | obwód koła |
| 3 | – | opona |
| 4 | – | pokrywa górna |
| 5 | – | elementy mocujące |
| 6 | – | zespół podstawy |
| 7 | – | przegub |
| 8 | – | trzcina liniowego czujnika położenia |
| 9 | – | obudowa liniowego czujnika położenia |
| 10 | – | końcówka pomiarowa |
| 11, 12 | – | czujnik położenia kąтового |
| 13 | – | tuleja bazowa |
| 14 | – | głowica montażowa |
| 15 | – | wkręt dociskowy |
| 16 | – | podstawa dolna |
| 17 | – | sprężyna naciskowa |
| 18 | – | łożysko toczne |
| 19 | – | wałeczek obrotowy |
| 20 | – | ramię obrotowe |
| 21 | – | otwór ramienia obrotowego |
| 22, 24 | – | wałeczek wejściowy czujnika położenia kąтового |
| 23, 25 | – | przekładnia multiplikująca |

Rysunki



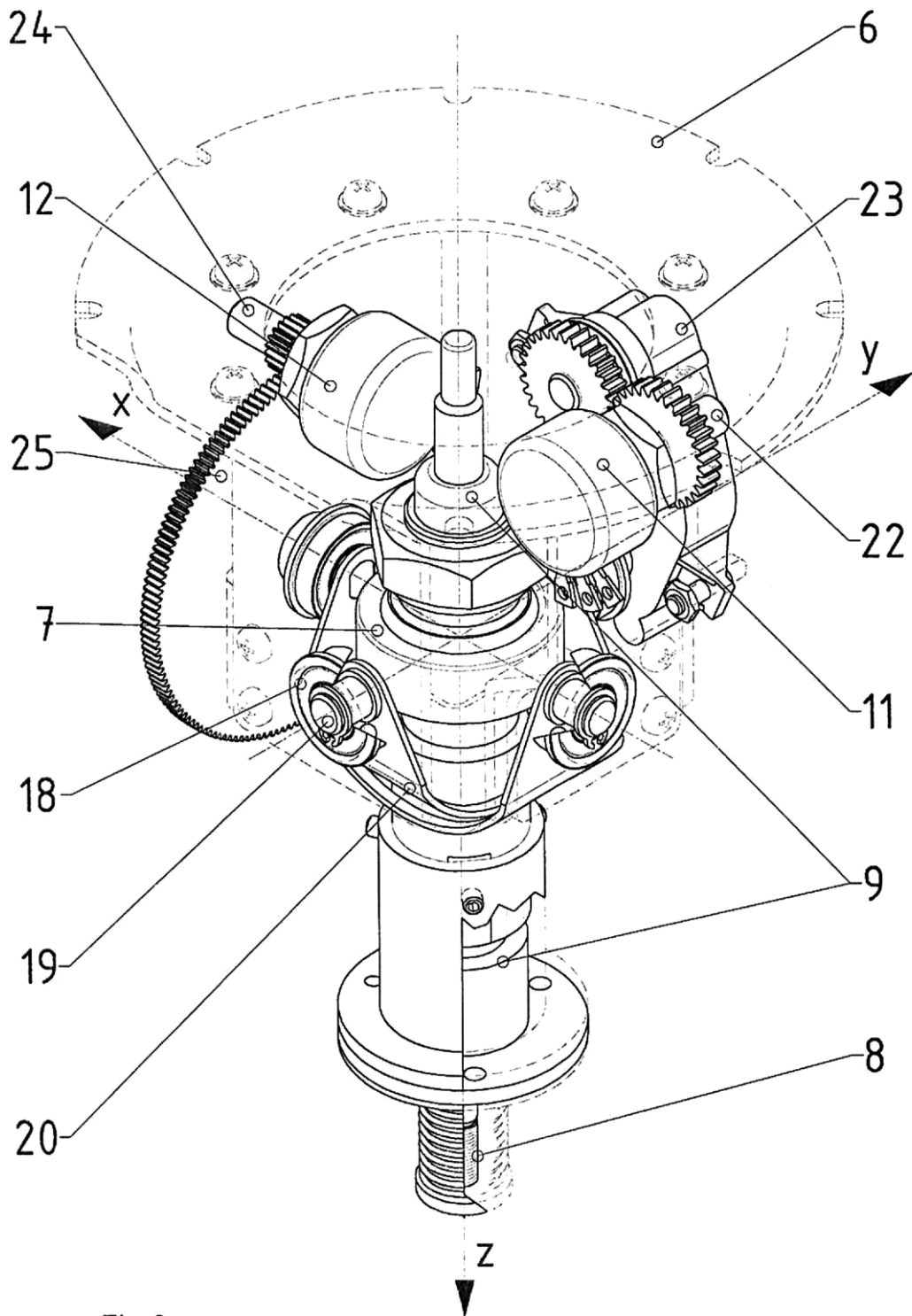


Fig. 2

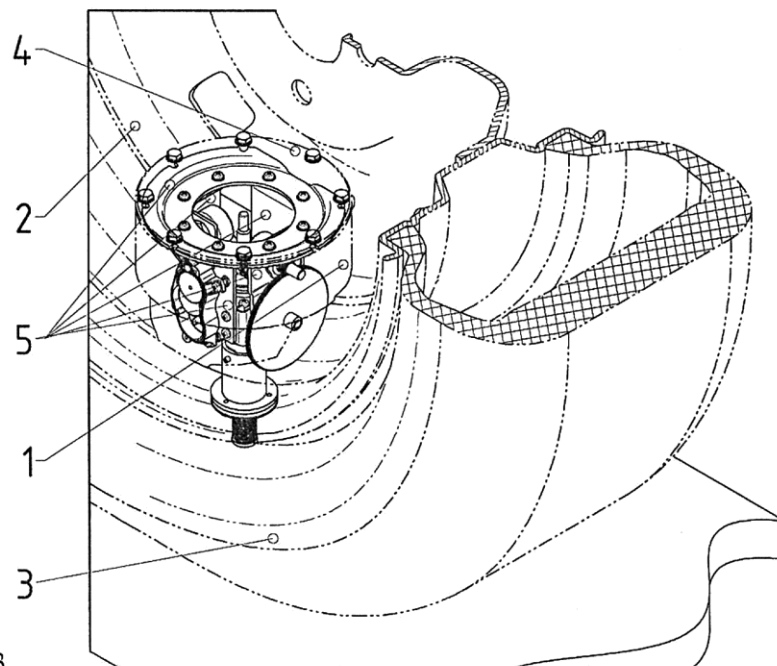


Fig. 3

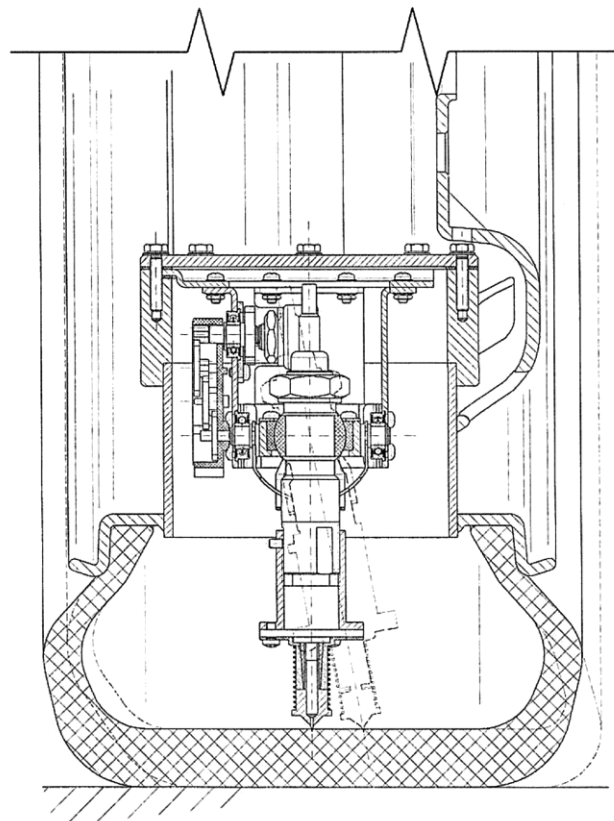


Fig. 4