



УКРАЇНА

(19) UA (11) 91315 (13) C2
(51) МПК (2009)
G01B 11/26
G01P 21/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(54) СПОСІБ ВИСТАВЛЕННЯ ОСЕЙ ЧУТЛИВОСТІ АКСЕЛЕРОМЕТРІВ

1

2

(21) а200911277

(22) 06.11.2009

(24) 12.07.2010

(46) 12.07.2010, Бюл.№ 13, 2010 р.

(72) БЕЗВЕСІЛЬНА ОЛЕНА МИКОЛАЇВНА, ПОД-
ЧАШИНСЬКИЙ ЮРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ТКАЧЕ-
НКО СВІТЛАНА СЕРГІЇВНА, ОСТАПЧУК АННА
АНАТОЛІЙВНА, КОНДРАТЮК ЖАННА МИХАЙЛІВ-
НА, КИРИЧУК ЮРІЙ ВОЛОДИМИРОВИЧ

(73) ЖИТОМИРСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛО-
ГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(56) SU 1839863, G01P21/00, 20.06.2006

SU 1840665, G01P21/00, 20.09.2008

UA 84801, G01P21/00, 25.11.2008

SU 1086389, G01P21/00, 15.04.1984

SU 1840732, G01P15/00, 27.07.2008

SU 1839886, G01P15/00, 27.05.2006

SU 1839841, G01P21/00, 10.08.2005

БЕЗВЕСІЛЬНА О.М. Виставка вимірювальних осей
акселерометрів// Вісник ЖДТУ. - 2007. - № 3 (42). -
С. 46-55

(57) Спосіб виставлення осей чутливості аксе-
лерометрів, який включає встановлення акселе-
рометра на гіростабілізовану платформу з орієнтаці-
єю його в просторі за допомогою риски, що

нанесена на корпус акселерометра та вказує на-
прямок його осі чутливості, який **відрізняється**
тим, що на гіростабілізовану платформу додатково
встановлюють два акселерометри, орієнтуючи їх
осі чутливості паралельно координатним осям
тривимірної системи координат, пов'язаної з гірос-
табілізованою платформою, за допомогою риски,
нанесених на корпус кожного з акселерометрів,
далі гіростабілізовану платформу з трьома аксе-
лерометрами встановлюють на обертовий стіл
кутовимірювального пристрою, за допомогою яко-
го визначають відхилення трьох взаємно перпен-
дикулярних осей чутливості акселерометрів від
координатних осей тривимірної системи координ-
нат, потім визначають відхилення від вертикально-
го та горизонтального положення кожної з рисков,
нанесених на корпуси акселерометрів, шляхом
формування відеокамерою зображення цих рисков,
подачі отриманих зображень в електронну обчис-
лювальну машину (ЕОМ) та їх лінійної апроксима-
ції, після чого за допомогою ЕОМ формують попра-
вки, які використовують для корекції
просторового положення осей чутливості акселе-
рометрів.

Винахід належить до галузі вимірювальної те-
хніки і може бути використаний для підвищення
точності вимірювання прискорень в системах інер-
ціальної навігації та в гравіметричних системах.

Для будь-якої навігаційної або гравіметричної
системи точність вимірювань прискорень визнача-
ється точністю виставлення осі чутливості елеме-
нта-вимірювача прискорень (акселерометра). В
реальних умовах роботи під дією різних дестабілі-
зуючих факторів вісь чутливості акселерометра
відхиляється від напрямку дії вектора прискорень,
що вимірюється. Тому акселерометр вимірює не
істинне значення повного вектору прискорень, а
його проекцію на вісь чутливості. В результаті ви-
никають похибки вимірювань прискорень і, як на-
слідок, знижується точність навігаційної або граві-
метричної системи.

Наприклад, під час монтажу акселерометра на
гіростабілізовану платформу (ГСП) можуть вини-
кати похибки виставлення осі чутливості, які тех-
нологічно усунути неможливо. Величина цих похи-
бок досягає (1...5) кутових хвилин [1, 2]. Оскільки
вимоги до точності навігаційних та гравіметричних
систем постійно збільшуються, то вказані похибки
необхідно компенсувати. Для компенсації похибок
використовують виставлення осі чутливості аксе-
лерометра шляхом орієнтації його осі заданим
чином у тривимірному просторі.

Найбільш близьким за сукупністю суттєвих
ознак до способу винаходу є спосіб виставлення
осей чутливості акселерометрів [1, С.46-55], що
обраний за прототип.

Спільними суттєвими ознаками способу-
прототипу і способу винаходу є те, що вони вклю-

(13) C2

(11) 91315

(19) UA

чають встановлення акселерометра на гіростабілізовану платформу з орієнтацією його в просторі за допомогою риски, що нанесена на корпус акселерометра та вказує напрямом його осі чутливості.

Проте, на відміну від способу винаходу, в способі-прототипі вісь чутливості кожного з акселерометрів виставляється окремо. Це виконується шляхом орієнтації заданим чином кожного з акселерометрів у тривимірному просторі за допомогою риски при встановленні цих акселерометрів на ГСП.

При цьому мають місце похибки, що виникають під час встановлення і закріплення акселерометрів на ГСП. Ці похибки суттєво знижують як точність виставлення осі чутливості кожного з акселерометрів окремо, так і точність забезпечення взаємного розташування осей чутливості трьох акселерометрів, які повинні бути взаємно перпендикулярними. В способі-прототипі відсутні заходи, спрямовані на компенсацію вказаних похибок.

Таким чином, спосіб-прототип має низьку точність виставлення в тривимірному просторі осей чутливості акселерометрів і, як наслідок, виникає суттєве зниження точності вимірювання прискорень в інерціальній навігаційній системі або в гравіметричній системі.

В основу винаходу поставлена задача удосконалення способу виставлення осей чутливості акселерометрів, щоб забезпечити підвищення точності виставлення в тривимірному просторі осей чутливості акселерометрів і, як наслідок, суттєве підвищення точності вимірювання прискорень в інерціальній навігаційній системі або точності вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння гравіметричною системою.

Поставлена задача вирішується шляхом того, що на ГСП встановлюють ще два акселерометри, орієнтуючи їх осі чутливості паралельно координатним осям тривимірної системи координат, пов'язаної з ГСП, за допомогою риски, нанесених на корпус кожного з акселерометрів, далі ГСП з трьома акселерометрами встановлюють на обертовий стіл кутовимірювального пристрою, за допомогою якого визначають відхилення трьох взаємно перпендикулярних осей чутливості акселерометрів від координатних осей тривимірної системи координат, потім визначають відхилення від вертикального та горизонтального положення кожної з риски, нанесених на корпуси акселерометрів, шляхом формування відеокамерою зображення цих риски, подачі отриманих зображень в електронну обчислювальну машину (ЕОМ) та їх лінійної апроксимації, після чого за допомогою ЕОМ формують поправки, які використовують для корекції просторового положення осей чутливості акселерометрів.

Підвищення точності виставлення осі чутливості кожного з акселерометрів окремо в способі винаходу забезпечується шляхом того, що визначають відхилення від вертикального та горизонтального положення кожної з риски, нанесених на корпуси акселерометрів. При цьому риска вказує напрямом осі чутливості акселерометра, а відеокамера та ГСП мають задану високоточну орієнтацію в тривимірному просторі. Для підвищення точ-

ності визначення кутового положення риски використовується лінійна апроксимація її зображення, наприклад за методом найменших квадратів [3]. Така апроксимація забезпечує суттєве підвищення точності вимірювань координат об'єктів та кутових величин. Таким чином, забезпечується високоточне визначення відхилення осі чутливості кожного з акселерометрів від вертикального та горизонтального положення з подальшим формуванням поправок, що використовуються для корекції просторового положення осей чутливості акселерометрів.

Підвищення точності взаємного розташування осей чутливості трьох акселерометрів забезпечується шляхом того, що на ГСП встановлюють три акселерометри, орієнтуючи їх осі чутливості паралельно координатним осям тривимірної системи координат, пов'язаної з ГСП, за допомогою риски, нанесених на корпус кожного з акселерометрів. ГСП встановлюють на обертовий стіл кутовимірювального пристрою, за допомогою якого визначають відхилення трьох взаємно перпендикулярних осей чутливості акселерометрів від координатних осей тривимірної системи координат. При цьому кутовимірювальний пристрій, наприклад, з кільцевим лазером забезпечує високоточне визначення взаємного розташування трьох акселерометрів на ГСП. На цій основі ЕОМ обчислює поправки, що використовуються для корекції просторового положення осей чутливості акселерометрів.

Таким чином, спосіб винаходу забезпечує підвищення точності виставлення у тривимірному просторі осей чутливості акселерометрів і, як наслідок, суттєве підвищення точності вимірювання прискорень в інерціальній навігаційній системі або точності вимірювання аномалій прискорення сили тяжіння гравіметричною системою.

Спосіб винаходу виконують в такій послідовності:

1. На ГСП встановлюють три акселерометри, орієнтуючи їх осі чутливості паралельно координатним осям тривимірної системи координат, пов'язаної з ГСП. Ця дія виконується за допомогою риски, нанесених на корпус кожного з акселерометрів.

2. ГСП з трьома акселерометрами встановлюють на обертовий стіл кутовимірювального пристрою, за допомогою якого визначають відхилення трьох взаємно перпендикулярних осей чутливості акселерометрів від координатних осей тривимірної системи координат. Вказані відхилення характеризують похибки взаємного розташування осей чутливості трьох акселерометрів, що повинні бути взаємно перпендикулярними.

3. Визначають відхилення від вертикального та горизонтального положення кожної з риски, нанесених на корпус акселерометрів. Ця дія виконується шляхом формування відеокамерою зображення цих риски, подачі отриманих зображень в ЕОМ та їх лінійної апроксимації. Вказані відхилення характеризують похибки виставлення осі чутливості кожного акселерометра в площині, перпендикулярній осі оптичної системи відеокамери.

4. За допомогою ЕОМ формують поправки, які використовують для корекції просторового поло-

ження осей чутливості акселерометрів, визначені в п. 2 і п. 3. Корекція просторового положення осей чутливості та їх виставлення може виконуватися шляхом корекції просторового положення ГСП (виставлення осей чутливості за допомогою технічних засобів) та/або шляхом корекції результатів вимірювань прискорень в ЕОМ (алгоритмічне виставлення осей чутливості).

Спосіб винахід пояснюється кресленням, де зображено пристрій, що реалізує цей спосіб. Пристрій містить: три акселерометри 1x, 1y, 1z з нанесеними на їх корпуси рисками, ГСП 2, кутівимірювальний пристрій, ЕОМ 13 та відеокамеру 14. Кутівимірювальний пристрій містить кільцевий лазер 3, обертовий стіл 4, електродвигун 5, блок 6 керування електродвигуном, фотоелектричний автоколіматор 7, блок 8 прив'язки, блок 9 селекції імпульсів, перший та другий лічильники 10 і 11, пристрій 12 зв'язку з ЕОМ,

Пристрій працює наступним чином.

Три акселерометри 1x, 1y, 1z з нанесеними на їх корпуси рисками встановлено на ГСП 2, що має горизонтальне положення у тривимірному просторі. Осі чутливості акселерометрів їх і 1y мають горизонтальне положення у тривимірному просторі, акселерометру 1z - вертикальне положення. При цьому осі чутливості акселерометрів 1x, 1y, 1z є взаємно перпендикулярними та виставлені з похибками γ , θ , ψ , які необхідно компенсувати.

ГСП 2 з акселерометрами 1x, 1y, 1z та кільцевий лазер 3 встановлені на обертовому столі 4 таким чином, щоб акселерометри 1x, 1y, 1z знаходились в зоні дії автоколіматора 7 та відеокамери 14. Обертовий стіл 4 обертається з постійною кутвою швидкістю за допомогою електродвигуна 5. Керування електродвигуном 5 здійснюється за допомогою блока 6 керування електродвигуном.

Відхилення осей чутливості акселерометрів 1x, 1y, 1z від взаємно перпендикулярного положення визначають за допомогою методу лазерної гоніометрії [4, С.17-21]. Для цього під час повороту обертового стола 4 за допомогою автоколіматора 7 визначають зовнішній кут між корпусами акселерометрів.

Біля ГСП 2 встановлено фотоелектричний автоколіматор 7, закріплений так, що його оптична вісь знаходиться перпендикулярно граням корпусів акселерометрів 1x, 1y, 1z. При обертанні акселерометрів 1x, 1y, 1z на обертовому столі 4 від грані кожного корпусу акселерометрів 1x, 1y, 1z на виході фотоелектричного автоколіматора 7 отримують електричні імпульси, що надходять на вхід блоку 9 селекції імпульсів. Необхідний сигнал селекції першої грані корпусу акселерометра 1z

отримують від блоку 8 прив'язки. Цей сигнал також надходить на вхід блоку 9 селекції імпульсів. За цим сигналом блок 9 селекції імпульсів виділяє імпульс, сформований фотоелектричним автоколіматором 7 від першої грані акселерометра 1z. Цим імпульсом вмикається перший лічильник 10, який підраховує число періодів сигналу, що надходить від кільцевого лазера 3. Імпульс від наступної грані, що належить корпусу акселерометра 1y, вмикає перший лічильник 10 та вмикає другий лічильник 11. Тим самим закінчується підрахунок числа періодів сигналу кільцевого лазера 3, що відповідає вимірюваному куту між гранями акселерометрів 1z і 1y.

Надходження імпульсів від фотоелектричного автоколіматора 7 вмикає один (перший або другий) з лічильників 10 і 11 та вмикає інший. Інформація з першого та другого лічильників 10 і 11 через пристрій 12 зв'язку з ЕОМ надходить у ЕОМ 13. ЕОМ 13 обробляє ці дані та формує поправки, які використовують для корекції просторового положення осей чутливості акселерометрів 1x, 1y, 1z.

За допомогою відеокамери 14 формують зображення рисок на корпусах акселерометрів 1x, 1y, 1z. Зображення рисок містять вимірювальну інформацію про відхилення осей чутливості в площині, перпендикулярній осі оптичної системи відеокамери 14. Зображення рисок надходять у ЕОМ 13, яка виконує лінійну апроксимацію цих зображень за методом найменших квадратів та формує поправки. Ці поправки також використовуються для корекції просторового положення осей чутливості акселерометрів 1x, 1y, 1z.

Таким чином, забезпечується високоточне виставлення осей чутливості трьох акселерометрів 1x, 1y, 1z у тривимірному просторі і, як наслідок, підвищується точність інерціальної навігаційної системи або точність гравіметричної системи.

Література:

1. Безвесільна О.М. Виставка вимірювальних осей акселерометрів // Вісник ЖДТУ. - 2007. - №3 (42). - С.46-55.
2. Безвесільна О.М. Вимірювання прискорень. Підручник. - К.: Либідь, 2001. - 264с.
3. Яцук В.О., Малачівський П.С. Методи підвищення точності вимірювань: Підручник. - Львів: Видавництво "Бескид Біт", 2008. - 368с.
4. Безвесільна О.М., Киричук Ю.В., Ткаченко С.С. Аналіз похибки вимірювання кутів з використанням методу калібрування // Восточноевропейский журнал передовых технологий. - 2008. - №6/5 (36). - С.17-21.

