



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **100762**

(13) **U**

(51) МПК

G01B 7/004 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 01424**

(22) Дата подання заявки: **19.02.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.08.2015**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.08.2015, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Дергунов Олексій Володимирович (UA),
Куц Юрій Васильович (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,**

пр. Комарова, 1, м. Київ, 03680 (UA)

(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ДЕФЕКТОСКОПА ПРИ СКАНУВАННІ ПОВЕРХОНЬ ОБ'ЄКТІВ

(57) Реферат:

Спосіб визначення координат вимірювального перетворювача дефектоскопа при скануванні поверхонь об'єктів полягає в тому, що поточні координати перетворювача визначають за способом інерційної навігації. В якому також за допомогою оптичного матричного сенсора переміщення отримують значення поточних переміщень в системі координат, зв'язаній з площиною об'єкта, кути орієнтації перетворювача в просторі отримують за допомогою інерційних датчиків - акселерометра, гіроскопа та компаса, за допомогою мікропроцесорного пристрою визначають поточні координати вимірювального перетворювача дефектоскопа в системі координат, зв'язаній з об'єктом.

UA 100762 U

Корисна модель належить до вимірювальної техніки і може застосовуватись в інформаційно-діагностичних системах для визначення координат вимірювального перетворювача при скануванні об'єктів складної форми, при автоматизованому неруйнівному контролю для визначення координат дефектів під час сканування об'єктів контролю.

Відомі способи визначення координат вимірювального перетворювача дефектоскопа (ВПД) при ручному скануванні об'єктів в задачах неруйнівного контролю (НК) [1]. Їх умовно можна поділити на три групи: оптичні, механічні та радіохвильові. Способи першої групи полягають в оснащенні ВПД точковим джерелом світла, яке сприймається однією або декількома цифровими відеокамерами, розташованими у відповідний спосіб у визначених координатах в зоні проведення контролю (лабораторії), та визначенні координат точкового джерела світла за допомогою програмного аналізу зображень, отриманих з цих відеокамер. Такі способи мають суттєві обмеження на їх застосування за межами обладнаних лабораторій, а точність визначення координат залежить від умов освітлення. Способи другої групи полягають в механічному зв'язку датчика НК із основою в вибраній системі координат (наприклад, столом, на якому проводиться контроль) за допомогою поворотних механізмів із перетворювачами кут повороту - цифровий код. За отриманими кутами визначають координати положення датчика НК. Спосіб також не передбачає можливості проведення випробувань за межами обладнаної лабораторії. Способи третьої групи (методи триангуляції) полягають у розміщенні навколо місця проведення контролю джерел радіосигналів, а на датчику НК - приймача радіосигналу і за часом запізнення прийнятих сигналів від різних джерел визначають координати приймача (або навпаки - на датчик НК монтується передавач, а навколо розміщують декілька приймачів). Такі способи складніші у застосуванні та мають недостатню роздільну здатність для їх широкого використання в координатних вимірюваннях для НК.

Також відомий, виражений за прототип, спосіб визначення координат на основі інерційної навігаційної системи (ІНС) [1,2] який полягає в наступному:

1) використовуючи датчик напруженості магнітного поля Землі, визначають магнітний азимут ВПД (кут рискання);

2) використовуючи датчики прискорення, визначають проекції сумарного прискорення на осі, зв'язаної з об'єктом контролю (ОК);

3) вважаючи, що основною складовою визначеного сумарного прискорення є прискорення вільного падіння, визначають кути нахилу ВПД відносно горизонту (кути крену та тангажу);

4) використовуючи датчики кутових швидкостей, також визначають кути крену, тангажу та рискання;

5) коригують результати вимірювання кутів, використовуючи комплементарний фільтр або фільтр Калмана;

6) використовуючи скориговані кути крену та тангажу та проекції сумарного прискорення, визначають прискорення руху ВПД;

7) визначають швидкість ВПД та відстань, на яку переміщено ВПД шляхом інтегрування визначеного прискорення руху ВПД;

8) враховуючи отриману відстань та напрям руху, знаходять поточні координати ВПД.

Недоліки вказаного способу полягають у наступному. По-перше, похибка визначення прискорення залежить від похибки визначення кутів нахилу об'єкта. По-друге, похибка визначення відстані суттєво збільшується за рахунок подвійного інтегрування прискорення. Наприклад, похибка визначення кута нахилу в $0,5^\circ$ призведе до накопичення похибки визначення відстані до 5 м за 10 хвилин роботи такої навігаційної системи. Ці недоліки можуть бути зменшені шляхом калібрування датчиків, фільтрації їх показів та корекції показів інерційної навігаційної системи показами інших типів навігаційних систем (супутникової чи радіолокаційної). Проте, в задачах визначення координат під час сканування поверхонь ОК такі шляхи не можуть бути застосовані.

В основу корисної моделі поставлена задача удосконалення способу визначення координат на основі ІНС шляхом використання нової технології визначення переміщення, що дозволить замінити процедуру подвійного інтегрування прискорення в ІНС та підвищити точність визначення координат ВПД в інформаційно-діагностичних системах при скануванні поверхонь ОК.

Поставлена задача вирішується тим, що поточні координати перетворювача визначають за способом інерційної навігації, в якому згідно з корисною моделлю, за допомогою оптичного матричного сенсора переміщення отримують значення поточних переміщень в системі координат, зв'язаній з площиною об'єкта, кути орієнтації перетворювача в просторі отримують за допомогою інерційних датчиків - акселерометра, гіроскопа та компаса, за допомогою

мікропроцесорного пристрою визначають поточні координати вимірювального перетворювача дефектоскопа в системі координат, зв'язаній з об'єктом.

Використання заявлених датчиків накладає певні обмеження на роботу з пристроєм що реалізує запропонований спосіб. А саме, виникає необхідність постійного контакту пристрою із поверхнею об'єкта контролю. Проте зменшується можливість накопичення похибки визначення переміщення, яка характерна для інерційних навігаційних систем. Використання ІНС модифікованої за запропонованим способом для визначення координат під час сканування об'єктів в НК дозволяє підвищити автономність та мобільність систем НК по відношенню до інших способів визначення координат.

Заявлений спосіб реалізується таким чином.

Використовуючи оптичний матричний сенсор, знаходять відносні переміщення S_x' та S_y' на поверхні ОК. Поверхня ОК розглядається як площина з декартовими координатами X' та Y' . За допомогою інерційних датчиків навігаційної системи (акселерометрів, гіроскопів, датчика напруженості магнітного поля) за відомими алгоритмами ІНС знаходять кути нахилу плати датчиків α , β , γ в глобальній системі координат (відносно горизонту та напрямку на північ). Враховуючи отримані поточні мікропереміщення ВПД по поверхні ОК, знаходять вектор переміщення в системі координат, зв'язаній з поверхнею ОК – $\vec{S}' = (S_x', S_y', S_z')$. Використовуючи кути нахилу α , β , γ , знаходять вектор переміщення в глобальній системі координат шляхом повороту вектора \vec{S}' на кути нахилу:

$\vec{S} = \vec{S}' \cdot M(\alpha, \beta, \gamma)$, $S_x = S_x' \cdot M_x(\alpha)$, $S_y = S_y' \cdot M_y(\beta)$, $S_z = S_z' \cdot M_z(\gamma)$, де M - відповідні матриці поворотів навколо осей X , Y та Z системи координат.

$$M_x(\alpha) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\alpha) & -\sin(\alpha) \\ 0 & \sin(\alpha) & \cos(\alpha) \end{pmatrix}, M_y(\beta) = \begin{pmatrix} \cos(\beta) & 0 & \sin(\beta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\beta) & 0 & \cos(\beta) \end{pmatrix}, M_z(\gamma) = \begin{pmatrix} \cos(\gamma) & -\sin(\gamma) & 0 \\ \sin(\gamma) & \cos(\gamma) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}.$$

Поточні значення координат знаходять шляхом інтегрування отриманого значення переміщення по відповідних осях: $x=x_0+S_x$; $y=y_0+S_y$; $z=z_0+S_z$.

Знаходження переміщення за допомогою запропонованої технології забезпечує зменшення накопичення похибки визначення координат в системах інерційної навігації при скануванні поверхонь об'єктів за рахунок відсутності подвійного інтегрування аналітично визначеного прискорення.

Приклад. Реалізацію запропонованого способу втілено в експериментальному модулі визначення координат для систем НК, структурну схему апаратної частини якого показано на кресленні. Як інерційні датчики використано інтегральний інерційний датчик MPU-6050, який складається з трьохосьового акселерометра, трьохосьового гіроскопа, 12-бітного АЦП та мікропроцесорного модуля для керування датчиком. Функцію компаса виконує цифровий датчик напруженості магнітного поля HMC5883L. Оптичний матричний сенсор ADNS-2051 використовується в комбінації з сумісною оптичною лінзою HDNS-2100 та модулем світлодіодного підсвічування HDNS-2020. Всі елементи побудовані в інтегральному виконанні, що несуттєво впливає на масогабаритні характеристики перетворювачів НК. Експериментальним шляхом було отримано граничну похибку визначення координат по всіх осях, що не перевищувала 3,5 мм на плоскій поверхні розміром 300×400 мм, що підтверджує досягнення технічного результату при здійсненні заявленого способу.

Джерела інформації:

1) Маєвський С.М. Координатна реєстрація в дефектоскопії /С.М. Маєвський, К.М. Серий. - Львів: ФМІ ім. Г.В. Карпенка НАН України, 2011. – 116 с.

2) Пат. 2193754 Российская Федерация, МПК7 G01C 21/10. Инерциальная навигационная система [Текст] /Берман З.М., Вайсгант И.Б., Канушин В.М., Короленко А.В., Тупысев В.А., Шарыгин Б.Л.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное унитарное предприятие "Центральный научно-исследовательский институт "Электронприбор". - № 2001117539/28; заявл. 19.06.2001; опубл. 27.11.2002, Бюл. № 33 - 4 с.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення координат вимірювального перетворювача дефектоскопа при скануванні поверхонь об'єктів, який полягає в тому, що поточні координати перетворювача визначають за способом інерційної навігації, який **відрізняється** тим, що за допомогою оптичного матричного сенсора переміщення отримують значення поточних переміщень в системі координат, зв'язаній

з площиною об'єкта, кути орієнтації перетворювача в просторі отримують за допомогою інерційних датчиків - акселерометра, гіроскопа та компаса, за допомогою мікропроцесорного пристрою визначають поточні координати вимірювального перетворювача дефектоскопа в системі координат, зв'язаній з об'єктом.

