



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 101962

(13) U

(51) МПК

G01C 19/38 (2006.01)

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 03321**

(22) Дата подання заявки: **09.04.2015**

(24) Дата, з якої є чинними  
права на корисну  
модель: **12.10.2015**

(46) Публікація відомостей  
про видачу патенту: **12.10.2015, Бюл.№ 19**

(72) Винахідник(и):

**Федоров Володимир Миколайович (UA),  
Штефан Наталя Іллівна (UA)**

(73) Власник(и):

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ  
ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ",  
пр. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)**

## (54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАПРЯМКУ МЕРИДІАНА МАЯТНИКОВИМ ГІРОКОМПАСОМ

### (57) Реферат:

Спосіб визначення напрямку меридіана маятниковим гірокомпасом включає попереднє визначення напрямку меридіана за допомогою негіроскопічного вимірювача, орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку, розаретування чутливого елемента гірокомпаса, вимір кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в фіксовані моменти часу. Після орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку здійснюють миттєвий, імпульсний розгін ротора гірокомпаса до максимальної кутової швидкості, забезпечують неконтактний підвіс чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса, а точний напрямок меридіана знаходять, мінімізуючи неспівпадання виміряних кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в фіксовані моменти часу та обрахованих відповідних кутів повороту його математичної моделі, заданої рівнянням

$$\ddot{\alpha} + 2\dot{H}H^{-1} \cdot \dot{\alpha} + U_r mgIH^{-1} \cdot \alpha = -MmgIH^{-2} - 2U_b \dot{H}H^{-1},$$

де  $\alpha$  - кут відхилення головної осі гірокомпаса від напрямку меридіана,  $H = H_m e^{-\lambda t}$  - кінетичний момент гірокомпаса;  $H_m$  - максимальне значення кінетичного моменту гірокомпаса,  $\lambda$  - показник затухання експоненти в законі зміни кінетичного моменту,  $t$  - поточний час,  $M$  - неконтрольований зовнішній момент навколо вертикальної осі чутливого елемента гірокомпаса;  $mgI$  - маятниковість гірокомпаса;  $U_r$  та  $U_b$  - горизонтальна та вертикальна складові швидкості обертання Землі.

UA 101962 U



Корисна модель належить до галузі приладобудування та може бути використана при визначенні напрямку географічного меридіана наземними маятниковими гірокомпасами.

Відомий "Спосіб визначення напрямку меридіана маятниковим гірокомпасом" (Воронков Н.Н., Кутырев В.В., Ашимов Н.М., Гироскопическое ориентирование. М, "Недра", 1980, с. 284-293), який включає попереднє визначення напрямку меридіана за допомогою будь-якого з негіроскопічних вимірювачів, наприклад магнітного компаса, орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку, розгін ротора гірокомпаса до номінальної кутової швидкості, розаретування чутливого елемента гірокомпаса, вимір кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в фіксовані моменти часу з одночасною підтримкою кутової швидкості обертання ротора сталою величиною, обрахування точного напрямку меридіана за наведеною формулою.

Недоліком цього способу є те, що напрямок меридіана ототожнюється з положенням рівноваги коливань чутливого елемента. Наявність неконтрольованого зовнішнього моменту навколо вертикальної осі чутливого елемента призводить до зміщення положення рівноваги коливань, яке і є похибкою знаходження напрямку меридіана.

Найбільш близьким аналогом є "Спосіб визначення меридіана маятниковим гірокомпасом" (А.С. СРСР №1035423, кл. G01C 19/38, опубл. 15.08.1983), який включає попереднє визначення напрямку меридіана за допомогою будь-якого з негіроскопічних вимірювачів, наприклад магнітного компаса, орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку, розгін ротора гірокомпаса до початкової кутової швидкості, розаретування чутливого елемента гірокомпаса, вимір кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в фіксовані моменти часу одночасно зі зміною кутової швидкості обертання ротора за лінійним законом, обрахування точного напрямку меридіана.

Недоліком цього способу є недостатня точність, зумовлена наявністю механічного зв'язку між чутливим елементом та корпусом гірокомпаса, яка є необхідною для забезпечення лінійного закону зміни кутової швидкості обертання ротора під час виміру кутів повороту чутливого елемента, а також складність конструкції гірокомпаса, що реалізує цей спосіб, за рахунок наявності елементів, які дозволяють змінювати кутову швидкість ротора за лінійним законом.

В основу корисної моделі поставлено задачу підвищення точності визначення напрямку меридіана за рахунок забезпечення відсутності механічного зв'язку між чутливим елементом та корпусом гірокомпаса, а також спрощення конструкції гірокомпаса за рахунок відмови від будь-якого керування - в тому числі лінійного - швидкістю обертання його ротора під час виміру кутів повороту чутливого елемента.

Поставлена задача вирішується тим, що згідно зі способом визначення напрямку меридіана маятниковим гірокомпасом, після орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в південному напрямку здійснюють імпульсний, миттєвий розгін ротора до максимальної кутової швидкості, забезпечують неконтактний підвіс чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса, а точний напрямок меридіану знаходять, мінімізуючи неспівпадання виміряних кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса та обрахованих відповідних кутів повороту його математичної моделі, заданої рівнянням

$$\ddot{\alpha} + 2\dot{H}H^{-1} \cdot \dot{\alpha} + U_r mgl H^{-1} \cdot \alpha = -M mgl H^{-2} - 2U_b \dot{H} H^{-1},$$

де  $\alpha$  - кут відхилення головної вісі гірокомпаса від напрямку меридіана,  $H = H_m e^{-\lambda t}$  - кінетичний момент гірокомпаса;  $H_m$  - максимальне значення кінетичного моменту гірокомпаса,  $\lambda$  - показник затухання експоненти в законі зміни кінетичного моменту,  $t$  - поточний час,  $M$  - неконтрольований зовнішній момент навколо вертикальної осі чутливого елемента гірокомпаса;  $mgl$  - маятниковість гірокомпаса;  $U_r$  та  $U_b$  - горизонтальна та вертикальна складові швидкості обертання Землі.

Спосіб визначення напрямку меридіана маятниковим гірокомпасом полягає в наступному.

За допомогою будь-якого негіроскопічного вимірювача, наприклад - магнітного компаса, попередньо визначають напрямок меридіана, встановлюють головну вісь гірокомпаса в північному напрямку, після чого імпульсно, миттєво, наприклад за допомогою порохових газів, піропатроном розганяють ротор гірокомпаса до максимальної кутової швидкості, забезпечують неконтактний підвіс чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса і розаретують його. Чутливий елемент починає рухатись в горизонтальній площині, при цьому кінетичний момент його зменшується за законом "падаючої" експоненти. Факт відсутності механічного зв'язку між чутливим елементом та корпусом гірокомпаса приносить подвійний ефект. По-перше, суттєво зменшується рівень збурень, що передаються від корпусу гірокомпаса чутливому елементу і, як наслідок, збільшується точність визначення напрямку меридіана. По-друге, відпадає

необхідність передачі струму до чутливого елемента, що суттєво спрощує конструкцію гірокомпаса, крім того, чутливий елемент в процесі роботи не нагрівається, а це зменшує рівень неконтрольованого зовнішнього моменту навколо його вертикальної вісі, що призводить до збільшення точності визначення меридіана.

Порівнюючи кути повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса, виміряні в фіксовані моменти часу, з обрахованими в ті ж моменти часу кутами повороту його математичної моделі, яка враховує експоненціальний характер зменшення швидкості обертання ротора гірокомпаса, мінімізують функцію, що характеризує їх неспівпадання. Параметри руху математичної моделі - початкові умови та величина неконтрольованого зовнішнього моменту навколо вертикальної осі чутливого елемента, - що відповідають мінімуму неспівпадання реального руху гірокомпаса та руху його математичної моделі, ідентифікуються окремо, отже точний напрямок меридіана в цьому випадку не містить помилки, зумовленої наявністю неконтрольованого зовнішнього моменту навколо вертикальної вісі чутливого елемента гірокомпаса.

Суть корисної моделі пояснюється кресленням, де зображений гірокомпас, де: 1 - негіроскопічний вимірювач попереднього напрямку меридіана, наприклад - магнітний компас, 2 - корпус гірокомпаса, 3 - двигун повороту корпусу гірокомпаса в азимуті, 4 - головна вісь гірокомпаса, 5 - чутливий елемент гірокомпаса, 6 - аретир, 7 - ротор, 8 - піропатрон, 9 - неконтактний підвіс, 10 - слідкуючий корпус, 11 - двигун повороту слідкуючого корпусу 10 відносно корпусу 2 гірокомпаса, 12 - датчик кута відносного положення чутливого елемента 5 та слідкуючого корпусу 10, 13 - датчик кута повороту чутливого елемента 5 (слідкуючого корпусу 10) відносно корпусу 2 гірокомпаса.

Спосіб здійснюють наступним чином.

За сигналом негіроскопічного вимірювача напрямку меридіана, наприклад - магнітного компаса 1, який є попереднім вимірювачем напрямку меридіана, корпус 2 гірокомпаса розвертають за допомогою двигуна 3 в азимуті таким чином, щоб головна вісь 4 гірокомпаса була спрямована на північ. В цей час чутливий елемент 5 гірокомпаса зафіксовано аретиром 6 відносно корпусу 2 гірокомпаса. В цьому зааретованому положенні ротор 7 розганяють за допомогою піропатрона 8 до максимальної кутової швидкості. Після цього приводять в дію неконтактний (наприклад - магнітний) підвіс 9, розаретують чутливий елемент 5, який починає повертатися в горизонтальній площині. Разом з чутливим елементом 5 відносно корпусу 2 гірокомпаса повертається і слідкуючий корпус 10. Цей поворот здійснюється двигуном 11 за допомогою сигналу з датчика 12 кута відносного положення чутливого елемента 5 та слідкуючого корпусу 10. Кути повороту чутливого елемента 5 (слідкуючого корпусу 10) відносно корпусу 2 гірокомпаса вимірюють датчиком 13 в фіксовані моменти часу. Після закінчення процесу отримання інформації з гірокомпаса виконують аретування чутливого елемента 5. Далі здійснюють процедуру мінімізації неспівпадання виміряних кутів повороту чутливого елемента 5 відносно корпусу 2 гірокомпаса та обрахованих відповідних кутів повороту його математичної моделі, в результаті якої отримують точний напрямок меридіана.

Використання способу, який пропонується, дозволяє підвищити точність визначення напрямку географічного меридіана маятниковим гірокомпасом на нерухомій відносно Землі основі, оскільки реальний рух гірокомпаса порівнюється з рухом його математичної моделі, яка враховує особливості, зумовлені наявністю неконтрольованого зовнішнього моменту навколо вертикальної осі чутливого елемента. Запропоноване забезпечення неконтактного підвісу чутливого елемента також сприяє підвищенню точності визначення меридіана і спрощення конструкції гірокомпаса.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

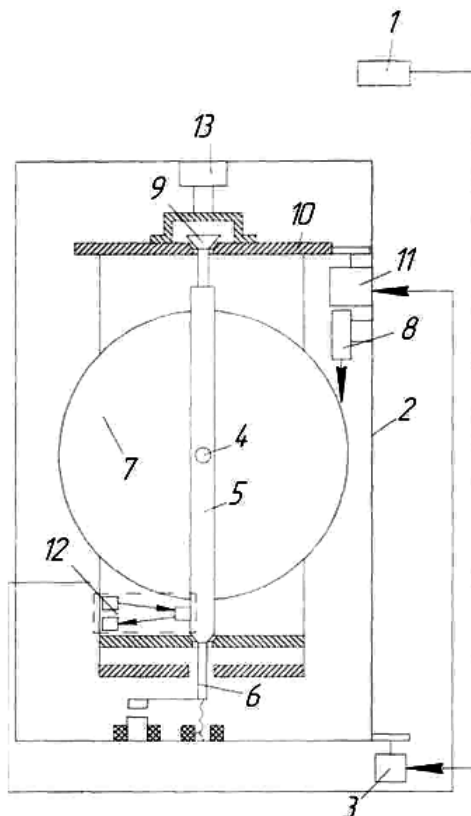
Спосіб визначення напрямку меридіана маятниковим гірокомпасом, що включає попереднє визначення напрямку меридіана за допомогою негіроскопічного вимірювача, орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку, розаретування чутливого елемента гірокомпаса, вимір кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в фіксовані моменти часу, який **відрізняється** тим, що після орієнтування головної осі чутливого елемента гірокомпаса в північному напрямку здійснюють миттєвий, імпульсний розгін ротора гірокомпаса до максимальної кутової швидкості, забезпечують неконтактний підвіс чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса, а точний напрямок меридіана знаходять, мінімізуючи неспівпадання виміряних кутів повороту чутливого елемента відносно корпусу гірокомпаса в

фіксовані моменти часу та обрахованих відповідних кутів повороту його математичної моделі, заданої рівнянням

$$\ddot{\alpha} + 2\dot{H}H^{-1} \cdot \dot{\alpha} + U_r mglH^{-1} \cdot \alpha = -MmglH^{-2} - 2U_b \dot{H}H^{-1},$$

де  $\alpha$  - кут відхилення головної осі гірокомпаса від напрямку меридіана,  $H = H_m e^{-\lambda t}$  - кінетичний момент гірокомпаса;  $H_m$  - максимальне значення кінетичного моменту гірокомпаса,  $\lambda$  - показник затухання експоненти в законі зміни кінетичного моменту,  $t$  - поточний час,  $M$  - неконтрольований зовнішній момент навколо вертикальної осі чутливого елемента гірокомпаса;  $mgl$  - маятниковість гірокомпаса;  $U_r$  та  $U_b$  - горизонтальна та вертикальна складові швидкості обертання Землі.

10



Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601