



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 81711

(13) C2

(51) МПК (2006)
B64C 13/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ НАВАНТАЖЕНОГО РЕЗЕРВУВАННЯ ВИМІРНИКІВ ТРИМІРНОГО РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

1

2

(21) a200606068

(22) 01.06.2006

(24) 25.01.2008

(72) БАНДУРА ІВАН МИКОЛАЙОВИЧ, UA, КОР-
ЖЕНКО ОЛЕКСІЙ ВАСИЛЬОВИЧ, UA

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ УНІВЕР-
СИТЕТ ІМ. М.Є.ЖУКОВСЬКОГО "ХАРКІВСЬКИЙ
АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ", UA

(56) US 5757641, 26.05.1998

WO 2006038669, 13.04.2006

WO 9635594, 14.11.1996

Андреев В.А. и др. Бесплатформенный инерциа-
льный блок системы управления автономного ко-
смического буксира ракеты носителя "Днепр",
ЦНИИ "Электронбор". // Гирокоспия и навигация.
- № 2(53). - 2006.

Жиравок А.Н. Основные понятия теории надежно-
сти. Соросовский образовательный журнал. -
2001. - т. 7. - №8. - С. 108-114.

(57) Спосіб навантаженого резервування вимір-
ників тримірного руху транспортних засобів, який
полягає у тому, що вимірюють проекції вектора на
три взаємно перпендикулярні напрямки, співпада-
ючі з осями керування транспортного засобу, й
логічно обробляють сигнали виміру, який **відріз-
няється** тим, що одночасно з виміром проекцій
вектора на осі керування транспортного засобу
вимірюють проекції вектора на чотири додаткові
осі, розраховують проекції вектора на осі керуван-
ня по вимірах на додаткові осі, розраховують про-
екції вектора на додаткові осі по вимірах проекцій
на осі керування, визначають несправні датчики по
осях керування шляхом порівняння обмірюваних і
розрахованих проекцій на ці осі, визначають не-
справні датчики по додаткових осях шляхом порі-
вняння обмірюваних і розрахованих проекцій на
додаткові осі.

Передбачуваний винахід використовується в
електровимірювальній техніці, авіакосмічній техні-
ці, системах електропостачання, електричних за-
лізницях.

Відомий спосіб не навантаженого (холодного)
резерву вимірників тримірного руху транспортних
засобів, заснований на тому, що вимірюють в кож-
ному каналі керування проекцію вектора за допо-
могою одного працюючого датчика й одного або
більше резервних (не навантажених) датчиків і
підключають резервні датчики після несправнос-
тей основного датчика [А.Н. Жиравок. Соросовс-
кий образовательный журнал. - 2001. - том 7.-№8.-
С112].

Недоліком такого способу є тимчасова
непрацездатність системи при відмові працюючого
датчика, через складність оперативного визначен-
ня несправності датчика і значного часу підготовки
резервного датчика (наприклад, через розгін гід-
ромотора при використанні гіроскопічних датчиків).
На окремих відповідальних ділянках руху не допус-
кається навіть тимчасова непрацездатність систе-

ми, тому що вона може привести до аварійної си-
туації.

Зазначений недолік усувається при викорис-
танні навантаженого (гарячого) резервування.

Відомий найбільш близький по технічній сут-
ності спосіб навантаженого резервування вимір-
ників тримірного руху транспортних засобів, засно-
ваний на тому, що вимірюють проекції вектора на
три взаємно-перпендикулярних напрямки, співпа-
даючих з осями керування транспортного засобу й
логічно обробляють сигнали виміру [А.Н. Жиравок.
Соросовский образовательный журнал. - 2001. -
том 7. - №8. - С113].

Недоліком цього способу є велика вага й енер-
госпоживання системи через велику кількість дат-
чиків для вимірювання проекцій вектора і невисока
надійність через непрацездатність системи при
несправності двох датчиків в одному каналі.

Задача запропонованого винаходу є підви-
щення надійності, зменшення ваги й енергоспожи-
вання блоку вимірників.

Поставлена задача досягається тим, що в
способі навантаженого резервування вимірників

(13) C2

(11) 81711

(19) UA

тримірного руху транспортних засобів, засновано-го на тому, що вимірюють проекції вектора на три взаємно-перпендикулярних напрямки, співпадаючих з осями керування транспортного засобу й логічно обробляють сигнали виміру, згідно з винаходом одночасно з виміром проекцій вектора на осі керування транспортного засобу, вимірюють проекції вектора на чотири додаткові осі, які розташовані усередині окремих квадрантів, утворених взаємно-перпендикулярними площинами, що проходять через осі керування транспортного засобу, розраховують проекції вектора на осі керування по вимірах проекцій на додаткові осі, розраховують проекції вектора на додаткові осі по вимірах проекцій на осі керування, визначають несправні датчики по осях керування шляхом обмірюваних і розрахованих проекцій на ці осі, визначають несправні датчики по додаткових осях шляхом порівняння обмірюваних і розрахованих проекцій на додаткові осі.

Сукупне застосування введених прийомів дозволило оперативно визначати несправні датчики й відключати їх при меншій кількості датчиків. Це істотно підвищує надійність, зменшує вагу і енергоспоживання блоку вимірників і дозволяє одержати істотний позитивний ефект.

Для пояснення запропонованого способу на Фіг.1 показане розташування датчиків тримірного руху. На Фіг.2 наведена блок-схема пристрою контролю датчиків.

У розгляд уведені дві системи координат: Ox_1, Ox_2, Ox_3 - права прямокутна, пов'язана із транспортним засобом, система координат, осі якої є осями керування транспортних засобів по трьох каналах керування й Oy_1, Oy_2, Oy_3 - косокутна, пов'язана із транспортним засобом, система координат, осі якої розташовані усередині окремих квадрантів, утворених взаємно-перпендикулярними площинами, що проходять через осі Ox_1, Ox_2, Ox_3 і не збігаються з останніми.

На кресленнях представлені основні датчики 1,2,3, осі чутливості яких спрямовані уздовж осей Ox_1, Ox_2, Ox_3 відповідно, додаткові датчики 4,5,6,7, осі чутливості яких спрямовані уздовж осей Oy_1, Oy_2, Oy_3 й Oy_4 відповідно, пристрій 8 контролю датчиків, зв'язки 9,10,11 по координатах, обмірюваних основними датчиками, зв'язки 12,13,14,15 по координатах, обмірюваних додатковими датчиками, зв'язки 16,17,18 по проекціях керованої координати на осі транспортного засобу, зв'язок 19 по командах на відключення несправних датчиків, пристрій 20 оцінки й порівняння, пристрій 21 визначення першого несправного датчика, пристрій 22 визначення другого несправного датчика, блок 23 формування проекцій керованої координати на осі керування транспортного засобу, зв'язок 24 по обмірюваних й оцінних проекціях керованої координати на осі керування транспортного засобу, зв'язок 25 по неузгодженостях між обмірюваними й оцінними проекціями керованої координати, зв'язок 26 по оцінним значенням координати першого несправного датчика, зв'язок 27 за інформацією про перший несправний датчик, зв'язок 28 за інформацією про другий несправний датчик.

Запропонований спосіб реалізується наступним чином.

У процесі руху транспортного засобу за допомогою датчиків 1,2,3,4,5,6,7 вимірюють проекції координат на їхні осі чутливості, сигнали про ці проекції по зв'язкам 9,10,11,12,13,14,15 надходять у пристрій 8.

В запропонованому способі пристрій 8 функціонує наступним чином. На підставі сигналів 9,10,11 в пристрої 20 визначають оцінні значення проекцій координат на осі чутливості додаткових датчиків, а на підставі сигналів 12,13,14,15 визначають по два оцінних значення проекцій координат на осі чутливості основних датчиків. Обмірювані й оцінні значення проекцій координат на осі чутливості основних датчиків надходять по зв'язку 24 у пристрій 23, в результаті при відсутності несправних датчиків формують сигнали 16,17,18 і не формують сигнал 19.

У даному способі в пристрої 20 порівнюють обмірювані й оцінні сигнали на всі осі чутливості датчиків.

У випадку нормального функціонування (при відсутності несправних датчиків) обмірювані значення проекцій координат збігаються з відповідними оцінними значеннями проекцій координат. При несправності одного з датчиків за допомогою пристрою 20 виробляють сигнали неузгодженості між обмірюваними й оцінними значеннями проекцій координат, які по зв'язку 25 надходять у пристрій 21. Пристрій 21 на підставі аналізу сигналів по зв'язку 25 визначає несправний датчик і по зв'язку 27 інформація про несправний датчик надходить у пристрої 22 й 23. Пристрій 23 виробляє сигнали 16,17,18 з урахуванням несправного датчика й виробляє сигнал 19 на відключення цього несправного датчика.

При несправності другого датчика за допомогою пристрою 20 виробляють сигнали, які по зв'язку 25 надходять у пристрій 22. Пристрій 22 на підставі аналізу сигналів по зв'язку 25 й 27 визначає другий несправний датчик і виробляє сигнали 26,28. Сигнал 26 надходить у пристрій 20, що з урахуванням цього сигналу виробляє сигнали 24. Сигнал 28 надходить у пристрій 23, що виробляє сигнали 16,17,18 з обліком другого несправного датчика й виробляє сигнал 19 на відключення цього датчика.

У відомих системах навантаженого резервування, коли осі чутливості основних і резервних датчиків збігаються з осями керування транспортного засобу, для забезпечення працездатності системи при несправності двох датчиків необхідно чотири комплекти датчиків, тобто дванадцять штук замість пропонованих семи. У порівнянні з відомим способом навантаженого резервування, який потребує три комплекти датчиків, запропонований спосіб має більше високу надійність через працездатність при несправності двох будь-яких датчиків.

Нижче наведено коротке математичне обґрунтування працездатності запропонованого способу при несправності двох датчиків. Для простоти припустимо, що напрямні косинуси осей Oy_1, Oy_2, Oy_3 й

Оу₄ 3 осями 0x₁, 0x₂, 0x₃ однакові й рівні $\frac{1}{\sqrt{3}}$. Для пропонованого розташування осей чутливості датчиків між проекціями координат на осі чутливості основних і додаткових датчиків існують наступні відносини.

$$\begin{aligned}\overline{\omega}y_1 &= \frac{1}{\sqrt{3}}(\omega x_1 + \omega x_2 + \omega x_3), \\ \overline{\omega}y_2 &= \frac{1}{\sqrt{3}}(\omega x_1 + \omega x_2 + \omega x_3), \\ \overline{\omega}y_3 &= \frac{1}{\sqrt{3}}(\omega x_1 - \omega x_2 - \omega x_3), \\ \overline{\omega}y_4 &= \frac{1}{\sqrt{3}}(\omega x_1 - \omega x_2 + \omega x_3)\end{aligned}\quad (1)$$

$$\begin{aligned}\overline{\omega}'y_1 &= \omega y_2 + \omega y_4 - \omega y_3, \\ \overline{\omega}'y_2 &= \omega y_3 + \omega y_1 - \omega y_4, \\ \overline{\omega}'y_3 &= \omega y_4 + \omega y_2 - \omega y_1, \\ \overline{\omega}'y_4 &= \omega y_1 + \omega y_3 - \omega y_2\end{aligned}\quad (2)$$

$$\begin{aligned}\overline{\omega}x_1 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_1 + \omega y_3), \\ \overline{\omega}x_2 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_1 - \omega y_4), \\ \overline{\omega}x_3 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_1 - \omega y_2),\end{aligned}\quad (3)$$

$$\begin{aligned}\overline{\omega}'x_1 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_2 + \omega y_4), \\ \overline{\omega}'x_2 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_2 - \omega y_3), \\ \overline{\omega}'x_3 &= 0,5\sqrt{3}(\omega y_4 - \omega y_3),\end{aligned}\quad (4)$$

де: $\omega x_1, \omega x_2, \omega x_3, \omega y_1, \omega y_2, \omega y_3, \omega y_4$, - обмірювані датчиками проекції координат на відповідні осі, $\overline{\omega}x_1, \overline{\omega}x_2, \overline{\omega}x_3, \overline{\omega}'x_1, \overline{\omega}'x_2, \overline{\omega}'x_3, \overline{\omega}y_1, \overline{\omega}y_2, \overline{\omega}y_3, \overline{\omega}y_4, \overline{\omega}'y_1, \overline{\omega}'y_2, \overline{\omega}'y_3, \overline{\omega}'y_4$ - оцінні значення проекцію координат на відповідні осі.

Співвідношення (1),(2),(3),(4) реалізуються в пристрої 20. Порівняння обмірюваних й оцінних значень дозволяє визначити наявність несправних датчиків. При

$$|\omega x_1 - \overline{\omega}x_1| \leq c, |\omega x_2 - \overline{\omega}x_2| \leq c, |\omega x_3 - \overline{\omega}x_3| \leq c, \quad (5)$$

$$|\omega x_1 - \overline{\omega}'x_1| \leq c, |\omega x_2 - \overline{\omega}'x_2| \leq c, |\omega x_3 - \overline{\omega}'x_3| \leq c \quad (6)$$

(де c - постійна, обумовлена погрешностями датчиків) всі датчики функціонують нормально й пристрій 23 по зв'язкам 16,17,18 видає сигнали $\omega x_1, \omega x_2, \omega x_3$.

Порушення однієї з умов (5) указує на несправність відповідного основного датчика. У цьому випадку пристрій 23 замість обмірюваного сигналу несправного датчика виробляє оцінне значення відповідного сигналу.

Порушення трьох умов у нерівностях (5),(6) указує на несправність додаткового датчика. Для визначення конкретного несправного додаткового датчика перевіряються умови

$$|\omega y_1 - \overline{\omega}y_1| \leq c, |\omega y_2 - \overline{\omega}y_2| \leq c, |\omega y_3 - \overline{\omega}y_3| \leq c, |\omega y_4 - \overline{\omega}y_4| \leq c, \quad (7)$$

Порушення однієї з умов (7) указує на несправність відповідного додаткового датчика. Після цього у формулах (3) і (4) замість обмірюваного значення використовується відповідне оцінне значення, розраховане по формулі (2).

У випадку несправності додаткового датчика пристрій 23 по колишньому видає обмірювані значення основних датчиків.

При несправності одного датчика виключається з розгляду та з умов у нерівностях (5),(6),(7), у якій використовується обмірюване значення несправного датчика.

При несправності другого датчика, визначення його проводиться аналогічно визначенню першого несправного датчика.

Таким чином, запропонований спосіб дозволяє визначити не менш двох несправних датчиків і забезпечити при цьому видачу інформації про проекції координат на осі керування транспортних засобів.

Застосування запропонованого способу дозволяє зменшити вагу й енергоспоживання системи за рахунок виключення двох датчиків і підвищити надійність через працездатність при несправностях двох будь-яких датчиків.

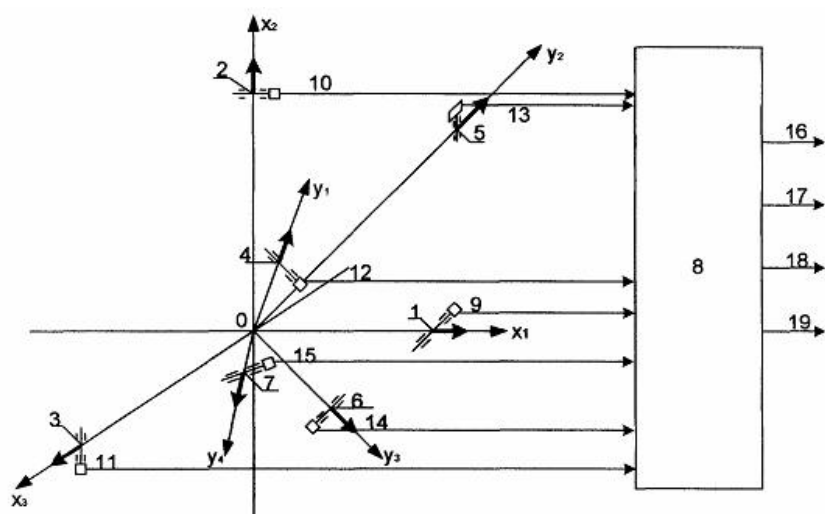


Fig. 1

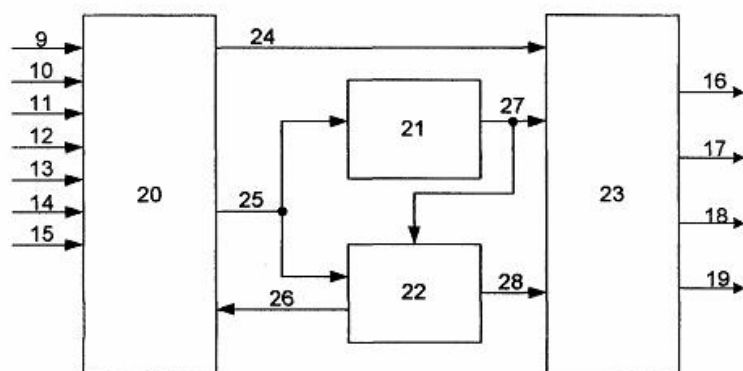


Fig. 2