



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2014141614/28, 15.10.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.10.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.10.2014

(45) Опубликовано: 10.03.2016 Бюл. № 7

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2525604 C1, 20.08.2014. SU 679875 A1, 15.08.1979. SU 394831 A1, 22.08.1973. US 2014253104 A1, 11.09.2014.

Адрес для переписки:

456770, Челябинская обл., г. Снежинск, ул. Васильева, 13, ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина", отдел интеллектуальной собственности, Кацману К.Б.

(72) Автор(ы):

Деев Сергей Антонович (RU),  
Любомирова Алена Владимировна (RU),  
Сумин Борис Викторович (RU),  
Файзуллин Олег Рамилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Российская Федерация, от имени которой выступает Государственная корпорация по атомной энергии "Росатом" (Госкорпорация "Росатом") (RU),  
Федеральное государственное унитарное предприятие "РОССИЙСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ЯДЕРНЫЙ ЦЕНТР - ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ ИМЕНИ АКАДЕМИКА Е.И. ЗАБАБАХИНА" (RU)

**(54) СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ ОБЪЕКТА, СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ВРАЩЕНИЕМ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к способу определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением. Способ определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением (ОСВ, заключается в том, что наблюдают изменение во времени физического параметра, функционально связанного с изменением углового положения ОСВ, определяют период вращения объекта, по которому вычисляют угловую скорость вращения объекта. Во время наблюдения изменения величины физического параметра фиксируют множество текущих значений выходного сигнала

измерителя физических параметров на интервале времени порядка полутора периодов. На зафиксированном множестве строят функцию регрессии из условия достижения минимума среднеквадратического отклонения невязки между значениями функции регрессии и множеством зафиксированных значений наблюдаемого физического параметра. За период вращения ОСВ принимают период изменения функции регрессии. Технический результат - высокоточное определение угловой скорости вращения ОСВ при малом времени наблюдения, порядка полутора периодов. 1 табл.



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2014141614/28, 15.10.2014

(24) Effective date for property rights:  
15.10.2014

Priority:

(22) Date of filing: 15.10.2014

(45) Date of publication: 10.03.2016 Bull. № 7

Mail address:

456770, CHeljabinskaja obl., g. Snezhinsk, ul.  
Vasileva, 13, FGUP "RFJATS-VNIITF im. akadem.  
E.I. Zababakhina", otdel intellektualnoj  
sobstvennosti, Katsmanu K.B.

(72) Inventor(s):

Deev Sergej Antonovich (RU),  
Ljubomirova Alena Vladimirovna (RU),  
Sumin Boris Viktorovich (RU),  
Fajzullin Oleg Ramilevich (RU)

(73) Proprietor(s):

Rossijskaja Federatsija, ot imeni kotoroj  
vystupaet Gosudarstvennaja korporatsija po  
atomnoj energii "Rosatom" (Goskorporatsija  
"Rosatom") (RU),  
Federalnoe gosudarstvennoe unitarnoe  
predprijatje "ROSSIJSKIJ FEDERALNYJ  
JADERNYJ TSENTR - VSEROSIJSKIJ  
NAUCHNO-ISSLEDOVATELSKIJ INSTITUT  
TEKHNICHESKOJ FIZIKI IMENI  
AKADEMIKA E.I. ZABABAKHINA" (RU)

(54) **METHOD TO DETERMINE ANGULAR SPEED OF ROTATION OF FACILITY STABILISED BY ROTATION**

(57) Abstract:

FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: method to determine an angular speed of rotation of a facility stabilised by rotation (FSR) consists in the fact that they observe the change of a physical parameter in time, which is functionally related to the variation of the angular position of the FSR, they determine the period of the facility rotation, by which they calculate the angular speed of the facility rotation. During observation of the change of the physical parameter value they fix many current values of output signals of the meter of physical parameters in the interval of time within the order of one and a half

periods. On the fixed set they build a function of regression on the condition of achievement of the minimum mean square deviation of a deficiency between the values of the regression function and multiple fixed values of the observed physical parameter. For the period of FSR they take the period of variation of the regression function.

EFFECT: high-accuracy detection of the angular speed of FSR rotation with small observation time, within the order of one and a half periods.

1 tbl

RU 2 577 175 C1

RU 2 577 175 C1

Изобретение относится к измерительной технике, а именно к способу определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением (ОСВ) и может быть использовано в бортовых системах управления движением аэробаллистических ОСВ.

5 При определении углового положения ОСВ путем интегрирования угловой скорости вращения накапливаемая ошибка при достигнутой в настоящее время точности измерения угловой скорости и значительном времени наблюдения ( $t > 10^3$  с) существенно превышает допустимую погрешность решения задач управления движением аэробаллистических объектов. При решении задач в области создания  
10 аэробаллистических объектов с управляемым движением данное положение определяет знание с высокой точностью угловой скорости вращения как объективную необходимость.

Повышение точности определения угловой скорости вращения ОСВ возможно путем перехода к наблюдению физического параметра, текущая величина которого  
15 функционально связана с угловым положением ОСВ, на основе которого определяется период вращения объекта и, соответственно, угловая скорость вращения ОСВ.

Известен способ определения угловой скорости вращения объекта [статья «Повышение точности определения угловой скорости быстровращающихся объектов», Гироскопия и навигация, Л.В. Водичева, Е.Л. Алиевская и др., С.-Петербург,  
20 Государственный научный центр Российской Федерации ОАО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2012 г, вып. 1 (76), стр. 27-41], заключающийся в том, что наблюдают изменение во времени физического параметра, функционально связанного с изменением углового положения ОСВ, определяют период вращения объекта и по периоду вращения вычисляют угловую скорость вращения объекта.

25 В данном способе в качестве физического параметра используют выходной синусоидальный сигнал с поперечного датчика угловой скорости (ДУС). При наблюдении выходного сигнала выделяют опорные точки перехода сигнала через «ноль» с учетом смены знака с измерением текущего значения времени в каждой опорной точке  $t_j, t_{j+1}$ . При этом опорные точки совпадают с моментами опроса ДУС, т.е. кратны  
30 частоте опроса ДУС. Последовательно измеряют длительность каждого  $j$ -го интервала между моментами перехода с учетом смены знака, а именно, периода вращения  $T_j$  по формуле  $T_j = t_{j+1} - t_j$ . За период вращения ОСВ принимают усредненное значение результатов измерений всех интервалов  $T_j$ . Усреднение производят согласно выражению:

35 
$$\hat{T} = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_j$$
, где  $J$  - общее количество измеренных  $T_j$ ;  $j$  - последовательность (1, 2, 3 и т.д.) всех измеренных  $T_j$ . А угловую скорость вращения  $\omega$  определяют по соотношению:

40 
$$\omega = \frac{2\pi}{\hat{T}}$$
. Длительность времени наблюдения сигнала по прототипу достигает порядка 200 периодов. По существу, данным способом определяют среднее значение угловой скорости вращения объекта на интервале всего времени наблюдения.

Данный способ наиболее близок по технической сущности к заявляемому и поэтому  
45 принят за прототип.

При использовании данного способа точность определения угловой скорости вращения существенно зависит от стабильности угловой скорости вращения ОСВ, частоты опроса ДУС и времени наблюдения сигнала.

Недостатком прототипа является то, что значительные времена наблюдения сигнала, необходимые для достижения требуемой точности определения периода вращения объекта, и вопрос состоятельности полученной оценки точности при нестабильности скорости вращения ограничивают возможность использования его при малом времени наблюдения сигнала, порядка полутора периода вращения.

Техническим результатом, на достижение которого направлено заявляемое изобретение, является обеспечение высокоточного определения угловой скорости вращения ОСВ при малом времени наблюдения, порядка полутора периодов.

Технический результат достигается тем, что в способе определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением (ОСВ), заключающемся в том, что наблюдают изменение во времени физического параметра, функционально связанного с изменением углового положения ОСВ, определяют период вращения объекта и по периоду вращения объекта вычисляют угловую скорость вращения объекта, согласно изобретению во время наблюдения изменения величины физического параметра фиксируют множество текущих значений выходного сигнала измерителя физических параметров на интервале времени порядка полутора периодов, на зафиксированном множестве строят функцию регрессии из условия достижения минимума среднеквадратического отклонения невязки между значениями функции регрессии и множеством зафиксированных значений наблюдаемого физического параметра, за период вращения ОСВ принимают период изменения функции регрессии, а угловую скорость вращения объекта определяют по соотношению:  $\omega=2\pi/T$ , где T - период изменения функции регрессии.

Отличия предложенного технического решения от известного, а именно:

- фиксация во время наблюдения изменения величины физического параметра множества текущих значений выходного сигнала измерителя физических параметров на интервале времени порядка полутора периодов,

- построение функции регрессии на зафиксированном множестве из условия достижения минимума среднеквадратического отклонения невязки между значениями функции регрессии и множеством зафиксированных значений наблюдаемого физического параметра,

- принятие за период вращения ОСВ периода изменения функции регрессии, по которому и вычисляют угловую скорость вращения объекта, дает возможность повысить точность определения угловой скорости вращения объекта при малых интервалах наблюдения сигнала, порядка полутора периода вращения.

Наличие в заявленном изобретении признаков, существенно отличающих его от прототипа, позволяет его считать соответствующим условию "новизна".

Новые признаки, которые содержит отличительная часть формулы изобретения, не выявлены в технических решениях аналогичного назначения. На этом основании можно сделать вывод о соответствии заявляемого изобретения условию «изобретательский уровень».

Способ осуществляется следующим образом.

При движении ОСВ наблюдают изменение во времени физического параметра, функционально связанного с изменением углового положения ОСВ (например, величины проекций вектора магнитной индукции на оси связанной системы координат объекта или величины угловой скорости по трем осям связанной системы координат объекта).

Во время наблюдения на интервале времени порядка полутора периодов вращения ОСВ фиксируют множество текущих значений выходного сигнала измерителя физических параметров.

На зафиксированном множестве строят функцию регрессии из условия достижения минимума среднеквадратического отклонения невязки между значениями функции регрессии и множеством зафиксированных значений наблюдаемого физического параметра.

5 За период вращения объекта принимают период изменения функции регрессии, а

угловую скорость вращения объекта определяют по соотношению:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , где  $T$  -

период изменения функции регрессии.

10 Практическая возможность достижения требуемого технического результата при использовании изобретения подтверждается данными, представленными в таблице.

Итерация	Период $T$ , с	Среднеквадратическое отклонение невязки, $\Delta \times 10^3$	Точность определенного периода
0	2,7	999,84	-
1	2,69	374,607	-
2	2,685	477,908	-
3	2,6925	427,176	-
4	2,6875	391,470	-
5	2,68875	374,350	-
6	2,689375	372,307min	$10^{-6}$
7	2,6890625	372,786	-

В графе итерация (0, 1, 2, 3 и т.д.) таблицы дана последовательность повторных пересчетов среднеквадратического отклонения при каждом новом (очередном) значении периода.

Данные таблицы наглядно демонстрируют динамику повышения точности определения периода функции регрессии с уменьшением среднеквадратического отклонения, а следовательно, и повышение точности определения угловой скорости вращения ОСВ, достигаемой при использовании предлагаемого способа.

Таким образом, представленные сведения свидетельствуют о выполнении при использовании заявляемого изобретения следующей совокупности условий:

- обеспечение высокоточного определения угловой скорости вращения ОСВ при малом времени наблюдения, порядка полутора периода;
- данный способ предназначен для определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением (ОСВ), и может быть использован в бортовых системах управления движением аэробаллистических ОСВ;
- для заявляемого способа в том виде, в котором он охарактеризован в формуле изобретения, подтверждена возможность его осуществления с помощью описанных в заявке и известных до даты приоритета средств и методов.

Следовательно, заявляемое изобретение соответствует условию «промышленная применимость».

## Формула изобретения

Способ определения угловой скорости вращения объекта, стабилизированного вращением (ОСВ), заключающийся в том, что наблюдают изменение во времени физического параметра, функционально связанного с изменением углового положения ОСВ, определяют период вращения объекта и по периоду вращения вычисляют угловую скорость вращения объекта, отличающийся тем, что во время наблюдения изменения величины физического параметра фиксируют множество текущих значений выходного сигнала измерителя физических параметров на интервале времени порядка полутора периодов, на зафиксированном множестве строят функцию регрессии из условия достижения минимума среднеквадратического отклонения невязки между значениями функции регрессии и множеством зафиксированных значений наблюдаемого физического параметра, за период вращения ОСВ принимают период изменения функции регрессии, а угловую скорость вращения объекта определяют по соотношению:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$ , где T - период изменения функции регрессии.

20

25

30

35

40

45