РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2626228

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ

Патентообладатель: ***федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)***

Авторы: ***Волковский Сергей Александрович (RU), Алейник Артем Сергеевич (RU), Стригалев Владимир Евгеньевич (RU)***

Заявка № **2016112489**

Приоритет изобретения **01 апреля 2016 г.**

Дата государственной регистрации в Государственном реестре изобретений Российской Федерации **24 июля 2017 г.**

Срок действия исключительного права на изобретение истекает **01 апреля 2036 г.**

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 626 228**(13) **C1**

(51) МПК
G01C 19/72 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2016112489, 01.04.2016**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.04.2016

Дата регистрации:
24.07.2017

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: **01.04.2016**

(45) Опубликовано: **24.07.2017** Бюл. № **21**

Адрес для переписки:
197101, Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49, Университет ИТМО, ОИСиНТИ

(72) Автор(ы):
Волковский Сергей Александрович (RU),
Алейник Артем Сергеевич (RU),
Стригалев Владимир Евгеньевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **US 5141316 A1, 25.08.1992. Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE v. 2837, 1996, pp. 46-60. RU 2522147 C1, 10.07.2014. RU 2444704 C1, 10.03.2012. SU 1674058 A1, 30.08.1991. RU 2512599 C1, 10.04.2014.**

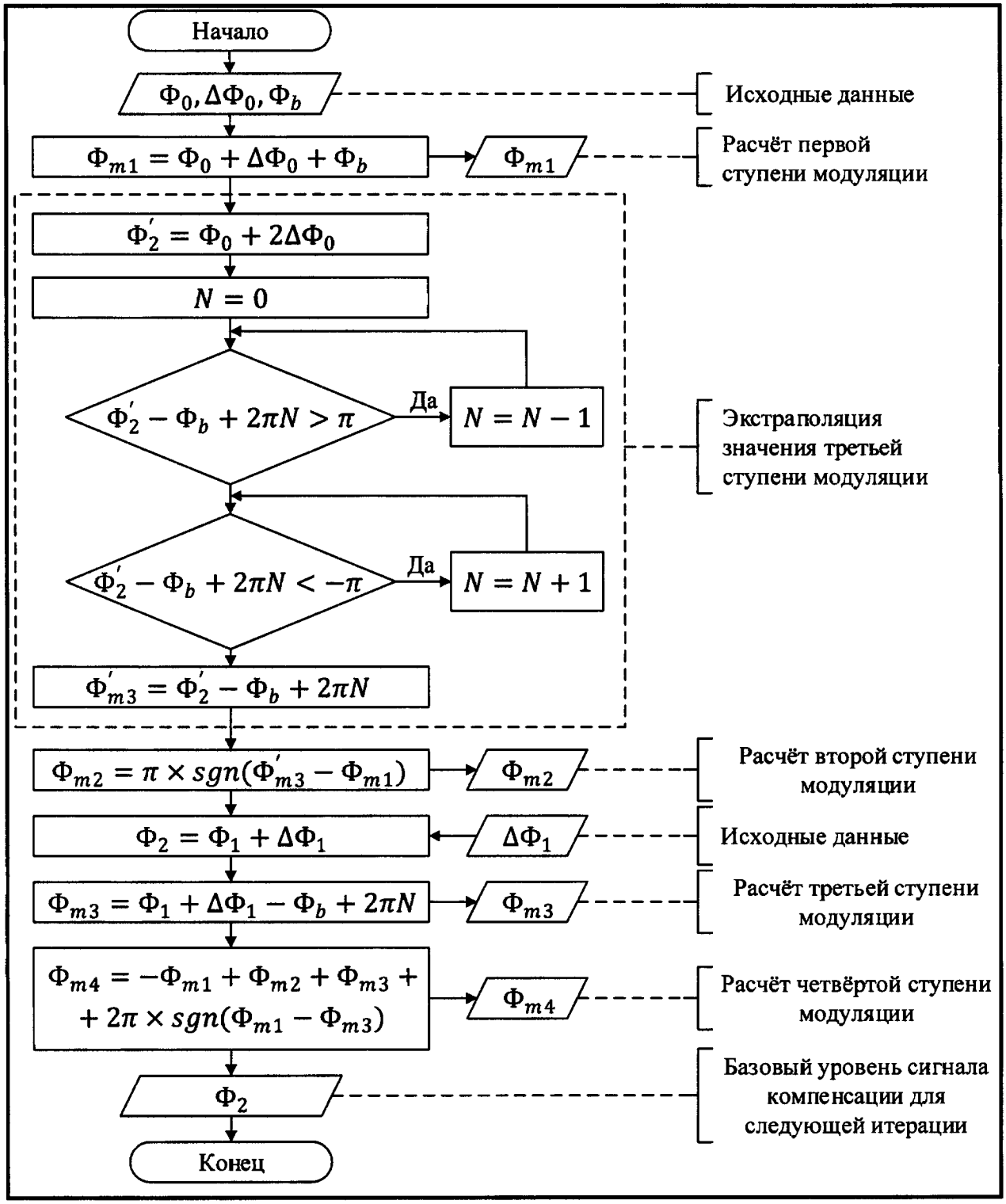
(54) СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано при создании волоконно-оптических гироскопов и других фазовых интерферометрических датчиков физических величин, построенных на основе интерферометра Саньяка. Технический результат - повышение точности. Для этого в волоконно-оптическом гироскопе обеспечивают условия устранения зависимости частоты формирования вспомогательного сигнала, предназначенного для оценки величины отклонения масштабного коэффициента, от текущего значения угловой скорости и исключения возможности возникновения режимов вращения гироскопа, нарушающих работу алгоритма стабилизации масштабирующего коэффициента. 8 ил.

RU 2626228 C1

RU 2626228 C1



Фиг. 2

RU 2626228 C1

RU 2626228 C1

RUSSIAN FEDERATION

FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(19) **RU** (11) **2 626 228**(13) **C1**

(51) Int. Cl.
G01C 19/72 (2006.01)

(12) ABSTRACT OF INVENTION

(21)(22) Application: **2016112489, 01.04.2016**

(24) Effective date for property rights:
01.04.2016

Registration date:
24.07.2017

Priority:
(22) Date of filing: **01.04.2016**

(45) Date of publication: **24.07.2017** Bull. № **21**

Mail address:
197101, Sankt-Peterburg, Kronverkskij pr., 49, Universitet ITMO, OISiNTI

(72) Inventor(s):
Volkovskij Sergej Aleksandrovich (RU),
Alejnik Artem Sergeevich (RU),
Strigalev Vladimir Evgenevich (RU)

(73) Proprietor(s):
federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij natsionalnyj issledovatelskij universitet informatsionnykh tekhnologij, mekhaniki i optiki" (RU)

(54) METHOD OF IMPROVING ACCURACY OF FIBRE-OPTIC GYROSCOPE WITH CLOSED LOOP

(57) Abstract:

FIELD: physics.

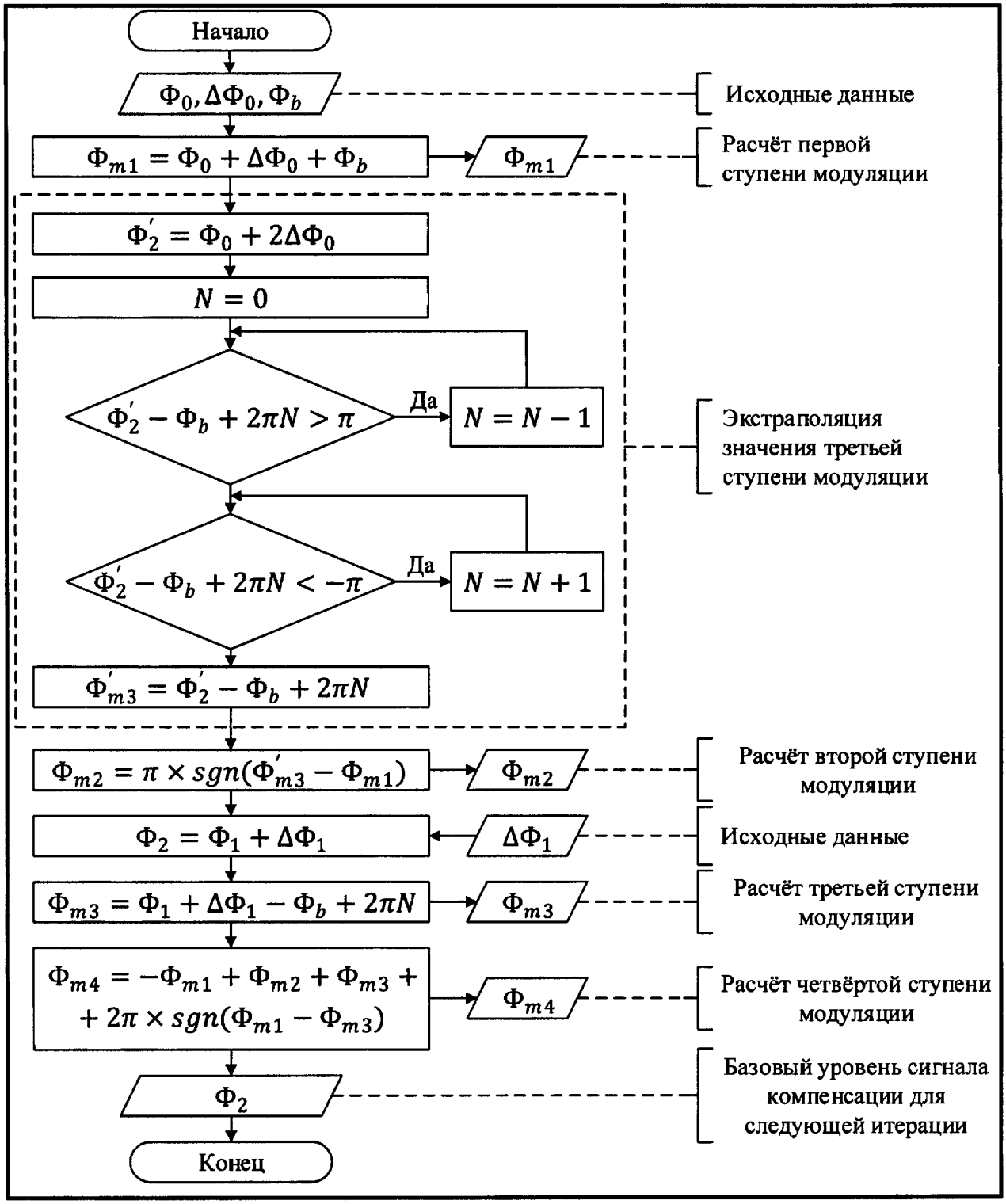
SUBSTANCE: fiber-optic gyroscope is provided with the conditions of removing the formation rate dependences of the auxiliary signal intended to estimate the deviation value of the scale factor, from the current value of the angular velocity and eliminating the possibility of the gyroscope rotation modes, violating the operation of the scale factor stabilisation algorithm.

EFFECT: improving the accuracy.

8 dwg

RU 2626228 C1

RU 2626228 C1



Фиг. 2

RU 2626228 C1

RU 2626228 C1

Изобретение относится к области волоконной оптики и может быть использовано при создании волоконно-оптических гироскопов и других фазовых интерферометрических датчиков физических величин, построенных по схеме интерферометра Саньяка.

Общая структурная схема волоконно-оптического гироскопа (ВОГ) с закрытым контуром описана в ряде патентов (патент РФ №2444704, кл. G01C 19/72, 26.10.2010, патент РФ №2522147, кл. G01C 19/64, 13.11.2012). Для реализации предлагаемого способа повышения точности пригодны любые ВОГ компенсационного типа, содержащие схему формирования ступенчатого модулирующего фазового сигнала.

Известен способ модуляции сигнала волоконно-оптического гироскопа с закрытым контуром, где в качестве вспомогательного используют фазовый квадратурный сигнал (Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE v. 2837, 1996, pp. 46-60). Для расширения динамического диапазона измерения угловых скоростей и получения высокой линейности выходной характеристики ВОГ в оптоэлектронной схеме обработки сигнала применяют компенсационный метод: одновременно с напряжением вспомогательной фазовой модуляции подают компенсирующее разность фаз Саньяка пилообразное ступенчатое напряжение. При достижении пилообразным сигналом границы диапазона фазовой модуляции сигнал сбрасывают на величину напряжения, эквивалентную фазовой разности между интерферирующими лучами, равной 2π радиан, тем самым обеспечивая расширение динамического диапазона. Перепад уровня сигнала на фотоприемном устройстве в момент сброса сигнала фазовой модуляции используют в качестве сигнала обратной связи для компенсации отклонений величины масштабного коэффициента (МК) путем подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала.

Одним из недостатков известного способа модуляции является зависимость эффективности алгоритма стабилизации значения масштабного коэффициента от величины сигнала вращения. Недостаток объясняется тем, что различным угловым скоростям ВОГ соответствуют различные углы наклона пилообразного ступенчатого сигнала компенсации. Временной интервал между моментами сброса сигнала модуляции, а значит и моментами получения сигнала обратной связи, также зависит от угловой скорости, что может привести к дестабилизации МК при малых скоростях вращения.

Наиболее близким к предлагаемому и принятым за прототип является способ повышения точности устройств на основе кольцевого интерферометра Саньяка (патент US №5141316, кл. G01C 19/72, опубл. 25.08.1992). Суть известного способа состоит в следующем: сигнал представляет собой последовательность уровней длительностью $\tau/2$, где τ - собственное время контура. Исходную форму сигнала Φ_m на модулирующем устройстве подбирают таким образом, чтобы сигнал фазовой разности лучей на интерферометре имел следующую форму: нечетные по счету уровни должны содержать квадратурную модуляцию с амплитудами $\pm\Phi_0$, четные - с амплитудами $\pm a\Phi_0$, причем

$$\cos(\Phi_0) = \cos(a\Phi_0) \qquad (1)$$

В этом случае линейные комбинации X_p и X_g выходных уровней $x_1 \ldots x_4$, последовательно регистрируемых на фотоприемном устройстве, помимо информации о величине невзаимного фазового сдвига, будут содержать также информацию об эффективности фазовой модуляции:

$$X_p = (x_1 + x_4) - (x_2 + x_3) \qquad (2)$$

$$X_g = (x_1 + x_3) - (x_2 + x_4) \qquad (3)$$

Как и в случае использования квадратурной модуляции с длительностью уровня τ (Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE, v. 2837, 1996, pp. 46-60), предлагаемый в прототипе подход позволяет регистрировать величину фазового сдвига Саньяка с периодом τ, в то время как проблему, связанную с дестабилизацией масштабного коэффициента на малых скоростях, решают за счет включения в модулирующий сигнал вспомогательного сигнала постоянной частоты, предназначенного для оценки величины отклонения МК, и соответствующей подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала.

Недостатком прототипа является то, что при формировании предлагаемой в прототипе фазоразностной последовательности с использованием серродинной модуляции (Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE, v. 2837, 1996, pp. 46-60) на модулирующем устройстве с диапазоном фазовой модуляции -π…+π радиан возможно возникновение режима, при котором $x_1=x_4$ и $x_2=x_3$, поэтому вычисление величины X_g (3) приводит к получению нулевого результата даже при наличии погрешности масштабного коэффициента. Другими словами, предложенный в прототипе способ модуляции в некоторых режимах фактически приводит к временному размыканию дополнительного контура обратной связи, что, в свою очередь, может стать причиной накопления погрешности масштабного коэффициента и снижения точности измерительной системы.

Изобретение решает задачу повышения точности выходного сигнала волоконно-оптического гироскопа за счет устранения зависимости частоты формирования вспомогательного сигнала, предназначенного для оценки отклонения величины масштабного коэффициента, от величины текущей угловой скорости ВОГ.

Поставленная задача решается следующим образом. На фазовый модулятор подают ступенчатый импульсный сигнал напряжения, с помощью которого формируют модулирующий фазовый сигнал, состоящий из четырех циклически повторяющихся последовательных уровней Φ_{m1}, Φ_{m2}, Φ_{m3}, Φ_{m4} длительностью $\frac{\tau}{2}$ каждый, где τ - время обхода оптоволоконного контура, и чередуют Φ_{m1} и Φ_{m3} - сигналы компенсации фазового сдвига Саньяка со вспомогательными сигналами Φ_{m2} и Φ_{m4}, уровень которых подбирают так, чтобы обеспечить наличие в сигнале фазовой разности лучей кольцевого интерферометра перепадов величиной 2π радиан, а величину соответствующих перепадов уровня сигнала с фотоприемного устройства используют в качестве сигнала обратной связи для стабилизации величины масштабного коэффициента путем подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала. Для этого в течение первого $\frac{\tau}{2}$ - интервала модулирующей последовательности по уровню Φ_{m1} и одному или более предыдущим уровням сигнала компенсации фазового сдвига Саньяка методом прогнозной экстраполяции оценивают значение сигнала компенсации Φ'_{m3} на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале модулирующей последовательности, причем, если

$\Phi'_{m3} < \Phi_{m1}$, то уровень вспомогательного сигнала на втором $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m2} устанавливают равным верхнему пределу 2π - диапазона модуляции, а уровень вспомогательного сигнала на четвертом $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m4} устанавливают равным (+2π-Φ_{m1}+Φ_{m2}+Φ_{m3}) радиан, если $\Phi'_{m3} > \Phi_{m1}$, то уровень вспомогательного сигнала на втором $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m2} устанавливают равным нижнему пределу 2π - диапазона модуляции, а уровень вспомогательного сигнала на четвертом $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m4} устанавливают равным (-2π-Φ_{m1}+Φ_{m2}+Φ_{m3}) радиан, если спрогнозированный сигнал Φ'_{m3} переходит верхний предел 2π - диапазона модуляции, то осуществляют сброс сигнала компенсации на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m3} на величину, равную -2π радиан, если спрогнозированный сигнал Φ'_{m3} переходит нижний предел 2π - диапазона модуляции, то осуществляют сброс сигнала компенсации на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m3} на величину, равную +2π радиан, при этом в качестве сигнала обратной связи для стабилизации масштабного коэффициента путем подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала используют перепад между уровнями сигнала на фотоприемном устройстве, соответствующими третьему и четвертому $\frac{\tau}{2}$ - интервалам модулирующей фазовой последовательности.

Сущность заявляемого способа поясняется следующим: сигнал фазовой модуляции содержит четыре последовательных уровня - Φ_{m1}, Φ_{m2}, Φ_{m3}, Φ_{m4} длительностью $\tau/2$ каждый.

Уровень Φ_{m1} формируют на основании базового уровня пилообразного сигнала с предыдущей итерации Φ_0, величины сигнала обратной связи $\Delta\Phi_0$, а также сигнала квадратурной сдвигающей модуляции $\pm\Phi_b$. Для определенности примем, что на первых двух тактах последовательности Φ_{m1} и Φ_{m2} сдвигающая модуляция имеет положительную величину:

$$\Phi_{m1} = \Phi_1 + \Phi_b, \qquad (4)$$

или

$$\Phi_{m1} = \Phi_0 + \Delta\Phi_0 + \Phi_b \qquad (5)$$

Уровень Φ_{m2} формируют на основании результата прогнозной экстраполяции величины базового уровня модуляции на одну итерацию по двум или более предшествующим отсчетам. В простейшем случае используют метод линейной экстраполяции по двум отсчетам и определяют предполагаемую величину базового

уровня Φ_2' выражением:

$$\Phi_2' = \Phi_0 + 2\Delta\Phi_0 \qquad (6)$$

Если уровень $(\Phi_2' - \Phi_b)$ выходит за рамки диапазона ±π, его значение сдвигают на величину, соответствующую 2πN, где N - целое число, с целью удовлетворить условию:

$$-\pi < (\Phi_2' - \Phi_b + 2\pi N) < \pi \qquad (7)$$

В результате формируют Φ_{m3}' - экстраполированное оценочное значение сигнала модуляции на третьем такте последовательности:

$$\Phi_{m3}' = \Phi_2' - \Phi_b + 2\pi N \qquad (8)$$

Уровень Φ_{m2} в этом случае принимает значение:

$$\Phi_{m2} = +\pi, \text{ если } \Phi_{m3}' > \Phi_{m1} \qquad (9)$$

$$\Phi_{m2} = -\pi, \text{ если } \Phi_{m3}' < \Phi_{m1} \qquad (10)$$

Уровень Φ_{m3} формируют следующим образом:

$$\Phi_{m3} = \Phi_1 + \Delta\Phi_1 - \Phi_b + 2\pi N \qquad (11)$$

или

$$\Phi_{m3} = \Phi_2 - \Phi_b + 2\pi N \qquad (12)$$

Особенностью данного этапа расчета является то, что сброс уровня Φ_{m3} осуществляют, ориентируясь не на фактическое значение Φ_{m3}, а на оценочное значение Φ_{m3}'.

Уровень Φ_{m4} формируют следующим образом:

$$\Phi_{m4} = -2\pi - \Phi_{m1} + \Phi_{m2} + \Phi_{m3}, \text{ если } \Phi_{m3} > \Phi_{m1}, \qquad (13)$$

или

$$\Phi_{m4} = +2\pi - \Phi_{m1} + \Phi_{m2} + \Phi_{m3}, \text{ если } \Phi_{m3} < \Phi_{m1}. \qquad (14)$$

Результатом подачи на модулирующее устройство сигнала предлагаемой структуры является формирование фазоразностного сигнала, также содержащего четыре последовательных уровня: $\Delta\Phi_1$, $\Delta\Phi_2$, $\Delta\Phi_3$, $\Delta\Phi_4$. Нечетные уровни $\Delta\Phi_1$ и $\Delta\Phi_3$ соответствуют таковым в случае использования известного алгоритма квадратурной сдвигающей модуляции (Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE v. 2837, 1996, pp. 46-60) и несут в основном информацию о величине невзаимного фазового сдвига Саньяка. Четные уровни $\Delta\Phi_2$ и $\Delta\Phi_4$ чередуются: уровень $\Delta\Phi_2$ не несет полезной информации, уровень $\Delta\Phi_4$ содержит в основном информацию об ошибке используемого в ВОГ масштабного коэффициента. Данный эффект достигается за счет формирования в фазоразностном сигнале сдвига, соответствующего предполагаемому значению 2π радиан. В этом случае различие между уровнями интенсивности $I_{\Delta\Phi_3}$ и $I_{\Delta\Phi_4}$ характеризует величину отклонения значения масштабного коэффициента,

используемого в схеме модуляции в данный момент, от истинного, потому как сдвиг фазового сигнала на величину, точно соответствующую периоду интерференционной картины, не должен приводить к изменению сигнала интенсивности на фотоприемном устройстве.

Сигналом обратной связи для системы стабилизации значения масштабного коэффициента служит величина I_{fb}, определяемая соотношениями (15) или (16).

$$I_{fb} = I_{\Delta\Phi_3} - I_{\Delta\Phi_4}, \text{ если } \Phi'_{m3} > \Phi_{m1} \qquad (15)$$

$$I_{fb} = I_{\Delta\Phi_4} - I_{\Delta\Phi_3}, \text{ если } \Phi'_{m3} < \Phi_{m1} \qquad (16)$$

В случае аппаратной реализации подобной системы сигнал обратной связи используют для подстройки коэффициента усиления выходного сигнала модуляции (Pavlath G.A. Closed-loop fiber optic gyros. SPIE, v. 2837, 1996, pp. 46-60). При использовании единого цифрового блока обработки сигналов более простым является способ программного масштабирования модулирующего сигнала.

Процедуру экстраполяции в алгоритме используют для предварительной оценки уровня сигнала на следующем τ-интервале с целью выбрать направление и уровень дополнительного модулирующего сигнала, поэтому данный подход позволяет гарантировать возникновение в фазоразностном сигнале сдвига величиной 2π в необходимые моменты времени, однако следует отметить, что в случае возникновения ошибки экстраполяции, напряжение, требуемое для внесения компенсирующей разности фаз, может выйти за пределы диапазона модуляции, который в случае использования серродинной модуляции определяется значениями, соответствующими фазовым сдвигам -π радиан и +π радиан. Величина ошибки экстраполяции ε для текущего шага определяется разностью (17) и увеличивается с ростом величины углового ускорения ВОГ:

$$\varepsilon = \Phi'_2 - \Phi_2 \qquad (17)$$

Данная особенность приводит к необходимости расширять диапазон модулирующего напряжения на величину, которая определяется динамическими характеристиками ВОГ, в частности величиной допустимого углового ускорения и коэффициентом обратной связи компенсационной схемы ВОГ.

Сущность заявляемого изобретения поясняется чертежами.

На Фиг. 1 показан фрагмент сигнала модуляции. Обозначения на фрагменте соответствуют обозначениям, использованным в описании алгоритма.

На Фиг. 2 показана блок-схема алгоритма модуляции с использованием линейной экстраполяции по двум отсчетам. Обозначения на блок-схеме соответствуют обозначениям, использованным в описании алгоритма.

На Фиг. 3 приведены два фрагмента модулирующего сигнала, штриховкой в обоих случаях показаны разности Φ_{m3}-Φ_{m1} и Φ_{m4}-Φ_{m2}. Согласно условиям (13) и (14) должно соблюдаться следующее равенство:

$$+2\pi = (\Phi_{m3} - \Phi_{m1}) - (\Phi_{m4} - \Phi_{m2}), \text{ если } \Phi_{m3} > \Phi_{m1}, \quad (16)$$

или

$$-2\pi = (\Phi_{m3} - \Phi_{m1}) - (\Phi_{m4} - \Phi_{m2}), \text{ если } \Phi_{m3} < \Phi_{m1} \quad (17)$$

поэтому суммарная высота заштрихованных областей в обоих случаях должна

соответствовать величине 2π. Два фрагмента $\Phi_{m1}\ldots\Phi_{m4}$ демонстрируют форму модулирующего сигнала для двух случаев: для случая нарастания базового уровня компенсирующего фазового сигнала и для случая сброса базового уровня компенсирующего сигнала в момент достижения границы $U_{+\pi}$ диапазона модулирующего напряжения.

На Фиг. 4 показан механизм формирования фазоразностного сигнала в случае использования сигнала модуляции, описанного в прототипе, при постоянной величине фазового сдвига Саньяка. Амплитуда квадратурной сдвигающей модуляции составляет ±π/4 радиан, масштабный коэффициент модулятора на 10% отклоняется от своей истинной величины. Видно, что на некоторых интервалах фазоразностного сигнала соблюдаются соотношения $x_1=x_4$ и $x_2=x_3$, поэтому вычисление X_g через выражение (3) дает нулевой результат.

На Фиг. 5 показан механизм формирования фазоразностного сигнала в случае использования предлагаемого сигнала модуляции при постоянной величине фазового сдвига Саньяка. Амплитуда квадратурной сдвигающей модуляции составляет ±π/4 радиан.

На Фиг. 6 показан выходной сигнал фотоприемного устройства в случае корректного значения $U_{2\pi}$. Третий и четвертый такты выходной последовательности совпадают по уровню, поскольку сдвиг фазоразностного сигнала точно соответствует периоду интерференционного сигнала.

На Фиг. 7 показан выходной сигнал фотоприемного устройства в случае некорректного значения $U_{2\pi}$. Третий и четвертый такты выходной последовательности имеют различные уровни, что обусловлено сдвигом фазоразностного сигнала на величину, отличную от периода интерференционного сигнала.

На Фиг. 8 показана структурная схема волоконно-оптического гироскопа с закрытым контуром, дополненная системой стабилизации масштабного коэффициента.

Предлагаемый способ может быть реализован с помощью устройства, представленного на фиг. 8. Волоконно-оптический гироскоп с закрытым контуром содержит источник широкополосного оптического излучения 1 (Фиг. 8), волоконный X-разветвитель 2, многофункциональную интегрально-оптическую схему 3 (МИОС) на основе монокристаллической пластины ниобата лития ($LiNbO_3$), совмещающую Y-разветвитель, поляризатор и фазовый модулятор. Чувствительным элементом ВОГ является кольцевой оптоволоконный интерферометр 4. Цепь регистрации оптического сигнала ВОГ содержит фотоприемное устройство 5, электрическую схему усиления 6 и аналого-цифровой преобразователь 7. Схему цифровой обработки ВОГ, реализованную, как правило, на единой интегральной микросхеме, можно условно разделить на следующие программные блоки: блок цифровой демодуляции 8, блок генерации модулирующего сигнала 9 (цифровой генератор сигналов сложной формы), блок программного усиления модулирующего сигнала 10 (программный умножитель), блок программного усиления выходного сигнала ВОГ 11 (программный умножитель), блок подстройки масштабного коэффициента 12 (цифровой регулятор). Контур обратной связи замыкают цифроаналоговый преобразователь 13 и электрическая схема усиления 14.

Излучение от источника 1 поступает на вход X-разветвителя 2 и далее на вход схемы МИОС 3, где Y-разветвитель обеспечивает разделение входящего излучения на два луча равной интенсивности, каждый из которых далее обходит кольцевой интерферометр 4. После прохождения интерферометра лучи вновь объединяются в Y-разветвителе

МИОС, суммарный луч проходит через Х-разветвитель 2, после чего поступает на фотоприемное устройство 5, регистрирующее циклическую последовательность сигналов интенсивности $I_{\Delta\Phi_1}, I_{\Delta\Phi_2}, I_{\Delta\Phi_3}, I_{\Delta\Phi_4}$, соответствующую последовательности фазовых разностей лучей интерферометра $\Delta\Phi_1$, $\Delta\Phi_2$, $\Delta\Phi_3$, $\Delta\Phi_4$. Ток фотоприемного устройства 5 проходит через схему усиления 6 и попадает на аналого-цифровой преобразователь 7. Цифровой сигнал далее поступает в блок цифровой демодуляции 8, который обеспечивает регистрацию отдельных уровней интенсивности интерференционного сигнала $I_{\Delta\Phi_1}, I_{\Delta\Phi_2}, I_{\Delta\Phi_3}, I_{\Delta\Phi_4}$. Блок генерации модулирующего сигнала 9 формирует несколько сигналов:

- Представленный циклической последовательностью Φ_{m1}, Φ_{m2}, Φ_{m3} и Φ_{m4} импульсный модулирующий сигнал, в состав которого входят пилообразный сигнал компенсации, совмещенный с сигналом вспомогательной квадратурной модуляции (уровни Φ_{m1} и Φ_{m3}), а также вспомогательный сигнал, предназначенный для оценки величины отклонения МК (уровни Φ_{m2} и Φ_{m4});

- Выходной сигнал вращения, пропорциональный угловой скорости ВОГ и равный по величине фазовому сдвигу Саньяка.

Выходной сигнал модуляции масштабируется блоком программного усиления модулирующего сигнала 10 и поступает на цифроаналоговый преобразователь 13, после чего проходит через электрическую схему усиления 14 и подается на входящий в состав МИОС фазовый модулятор, замыкая таким образом главный контур обратной связи ВОГ. Блок подстройки масштабного коэффициента 12 осуществляет сравнение уровней интенсивности $I_{\Delta\Phi_3}$ и $I_{\Delta\Phi_4}$ и регулирует коэффициент программного усиления блока 10 или коэффициент усиления электрической схемы усиления 14 с целью привести разность уровней $I_{\Delta\Phi_3}$ и $I_{\Delta\Phi_4}$ к нулевому значению и таким образом стабилизировать текущее значение масштабного коэффициента. Блок программного усиления выходного сигнала 11 приводит выходной сигнал вращения с блока генерации модулирующего сигнала 9 к необходимым единицам измерения угловой скорости.

Таким образом, заявляемое решение приводит к повышению точности выходного сигнала ВОГ за счет устранения зависимости частоты формирования вспомогательного сигнала, предназначенного для оценки величины отклонения масштабного коэффициента, от текущего значения угловой скорости и исключения возможности возникновения режимов вращения ВОГ, нарушающих работу алгоритма стабилизации масштабного коэффициента.

(57) Формула изобретения

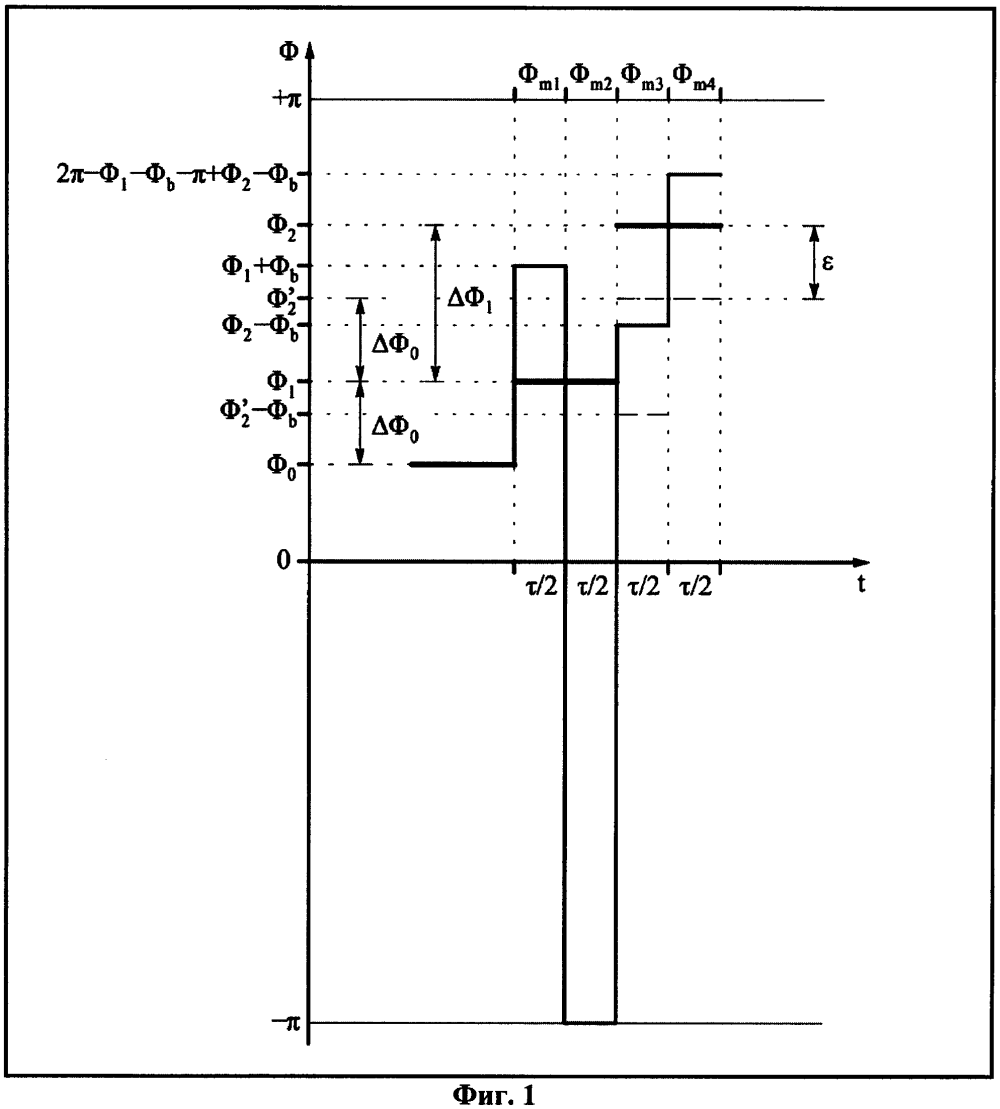
Способ повышения точности волоконно-оптического гироскопа с закрытым контуром, заключающийся в том, что путем подачи на фазовый модулятор ступенчатого импульсного сигнала напряжения формируют модулирующий фазовый сигнал, состоящий из четырех циклически повторяющихся последовательных уровней Φ_{m1}, Φ_{m2}, Φ_{m3}, Φ_{m4} длительностью $\frac{\tau}{2}$ каждый, где τ - время обхода оптоволоконного контура, и чередуют Φ_{m1} и Φ_{m3} - сигналы компенсации фазового сдвига Саньяка со

вспомогательными сигналами Φ_{m2} и Φ_{m4}, уровень которых подбирают так, чтобы обеспечить наличие в сигнале фазовой разности лучей кольцевого интерферометра перепадов величиной 2π радиан, а величину соответствующих перепадов уровня сигнала с фотоприемного устройства используют в качестве сигнала обратной связи для стабилизации величины масштабного коэффициента путем подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала, отличающийся тем, что в течение первого $\frac{\tau}{2}$ - интервала модулирующей последовательности по уровню Φ_{m1} и одному или более предыдущим уровням сигнала компенсации фазового сдвига Саньяка методом прогнозной экстраполяции оценивают значение сигнала компенсации Φ'_{m3} на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале модулирующей последовательности, причем если $\Phi'_{m3} < \Phi_{m1}$, то уровень вспомогательного сигнала на втором $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m2} устанавливают равным верхнему пределу 2π - диапазона модуляции, а уровень вспомогательного сигнала на четвертом $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m4} устанавливают равным $(+2\pi-\Phi_{m1}+\Phi_{m2}+\Phi_{m3})$ радиан, если $\Phi'_{m3} > \Phi_{m1}$, то уровень вспомогательного сигнала на втором $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m2} устанавливают равным нижнему пределу 2π - диапазона модуляции, а уровень вспомогательного сигнала на четвертом $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m4} устанавливают равным $(-2\pi-\Phi_{m1}+\Phi_{m2}+\Phi_{m3})$ радиан,

если спрогнозированный сигнал Φ'_{m3} переходит верхний предел 2π - диапазона модуляции, то осуществляют сброс сигнала компенсации на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m3} на величину, равную - 2π радиан, если спрогнозированный сигнал Φ'_{m3} переходит нижний предел 2π - диапазона модуляции, то осуществляют сброс сигнала компенсации на третьем $\frac{\tau}{2}$ - интервале Φ_{m3} на величину, равную +2π радиан, при этом в качестве сигнала обратной связи для стабилизации масштабного коэффициента путем подстройки коэффициента усиления генератора модулирующего сигнала используют перепад между уровнями сигнала на фотоприемном устройстве, соответствующими третьему и четвертому $\frac{\tau}{2}$ - интервалам модулирующей фазовой последовательности.

1

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ

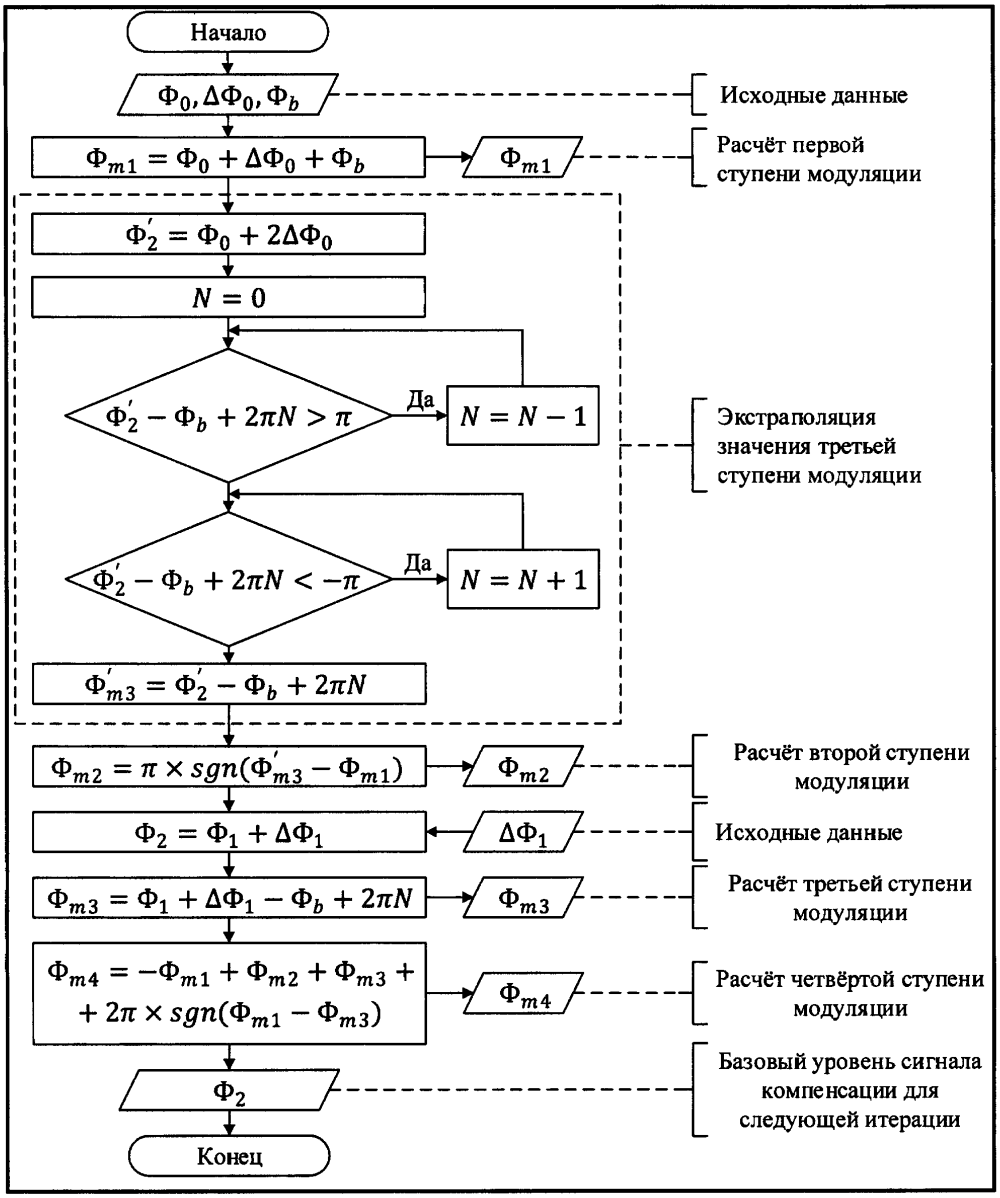


Фиг. 1

1

2

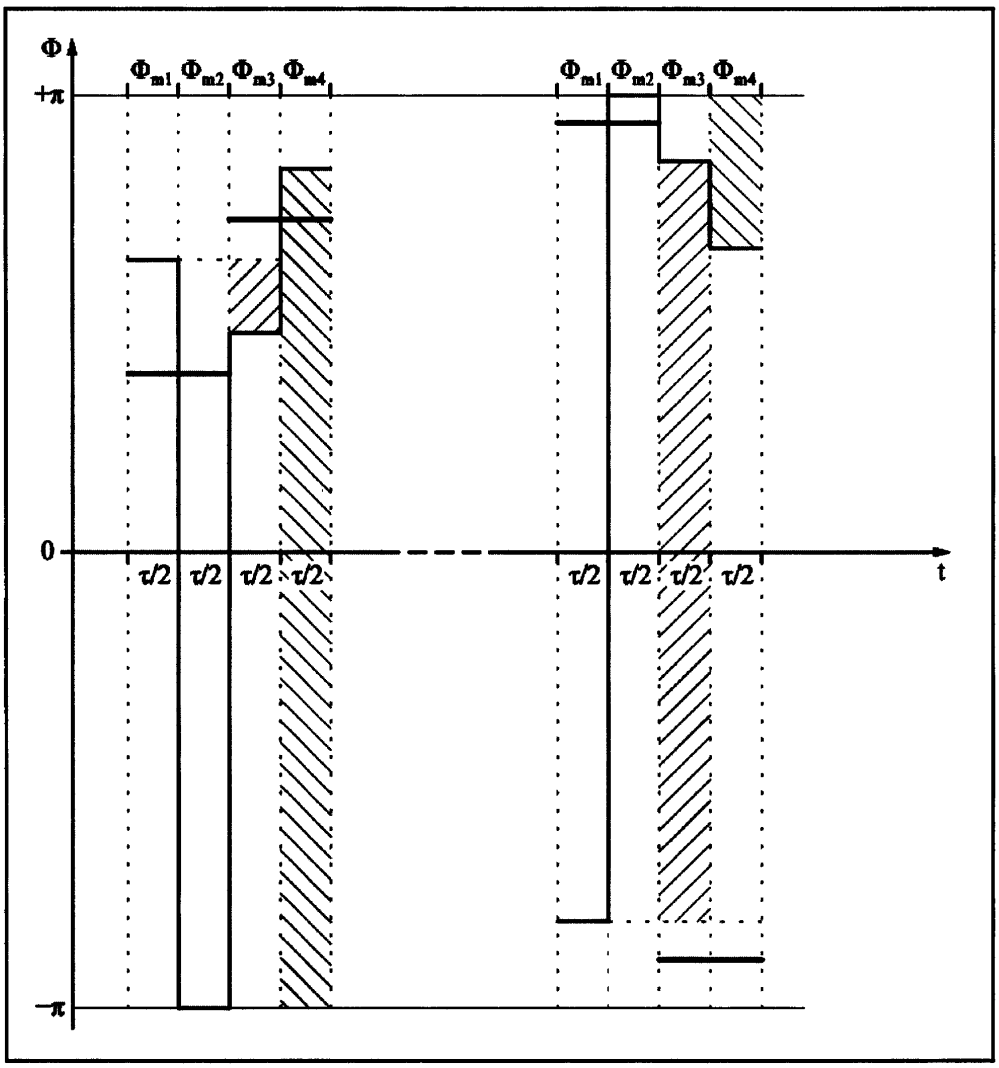
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 2

3

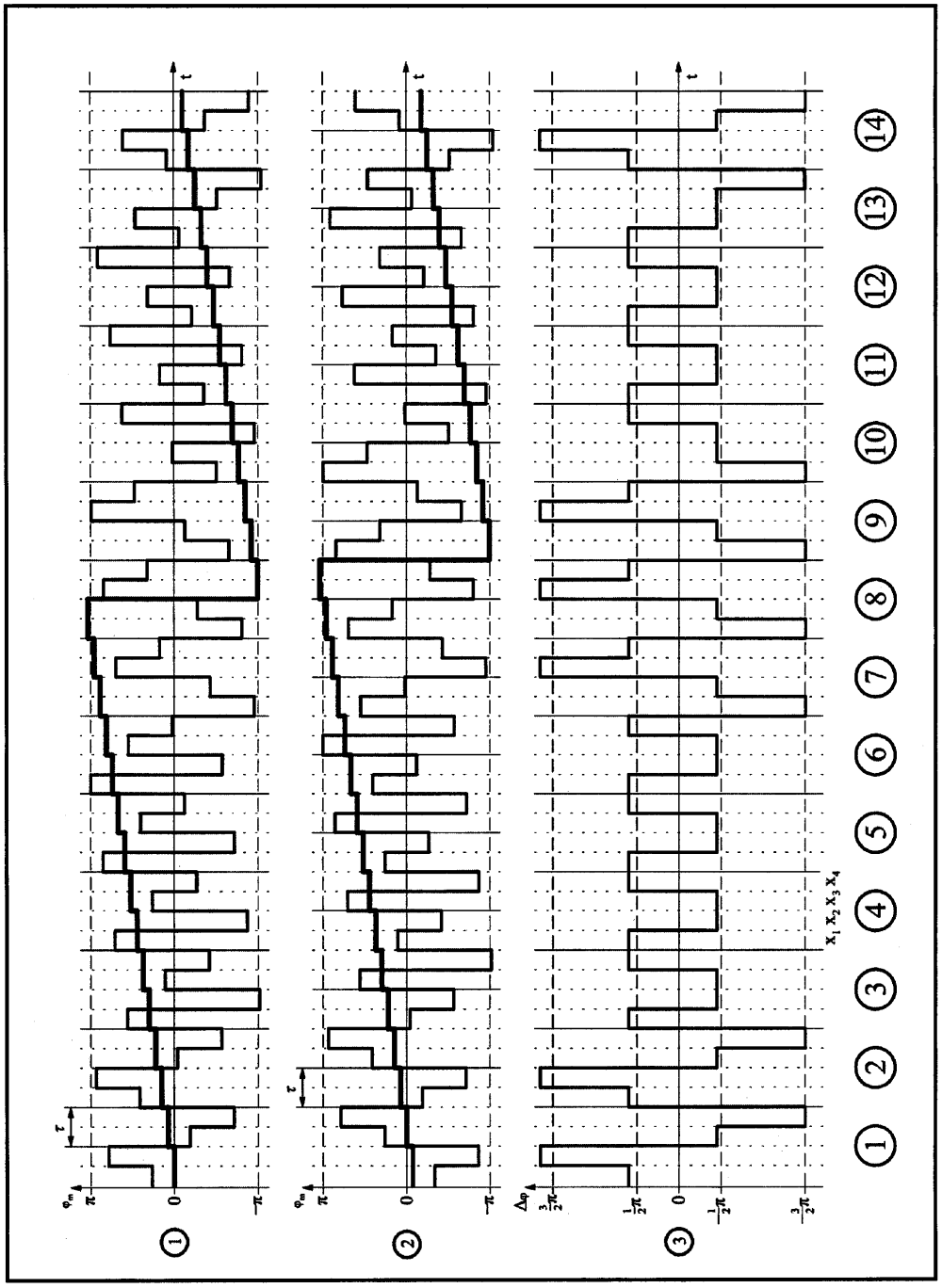
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 3

4

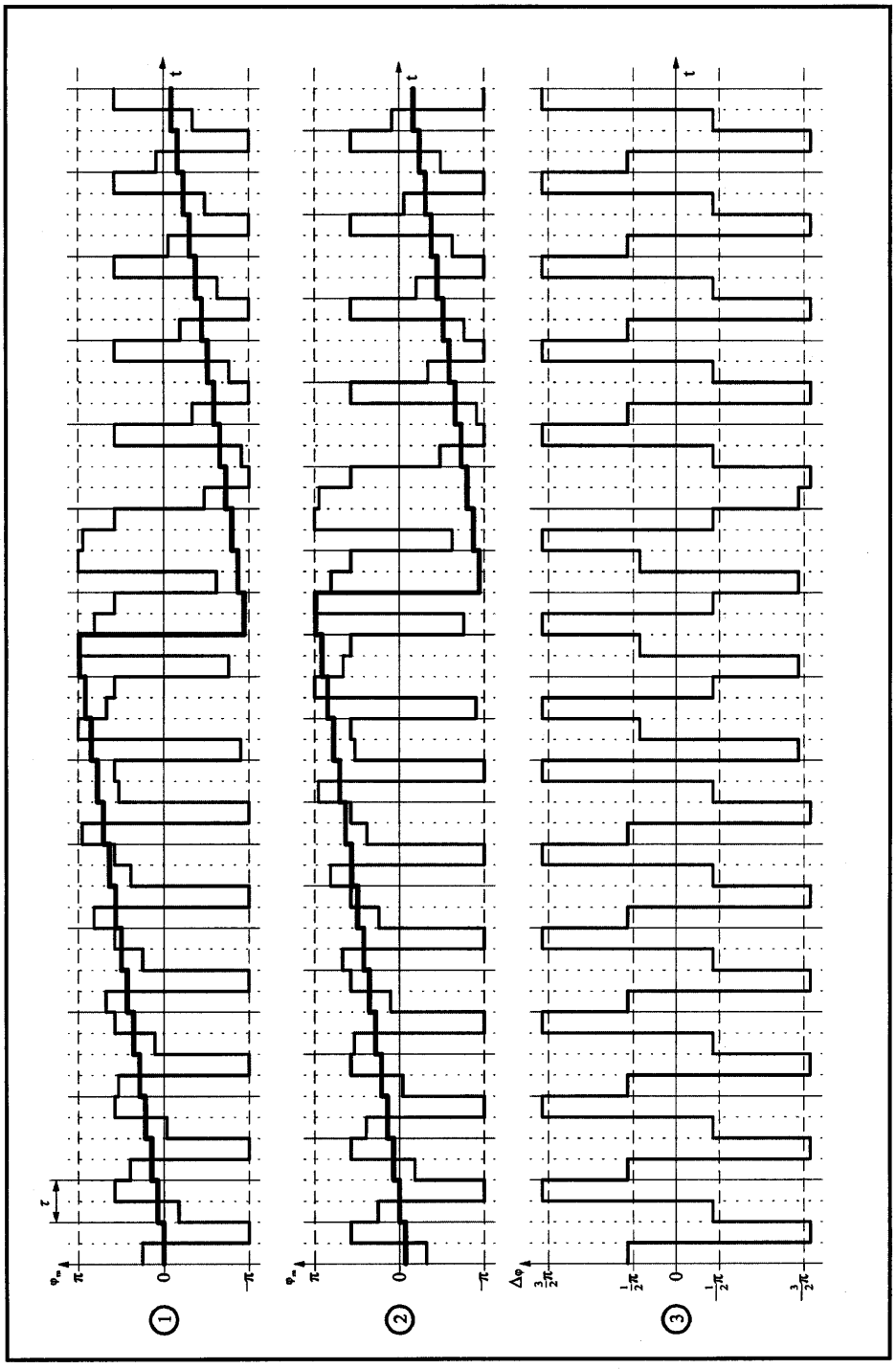
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 4

5

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ

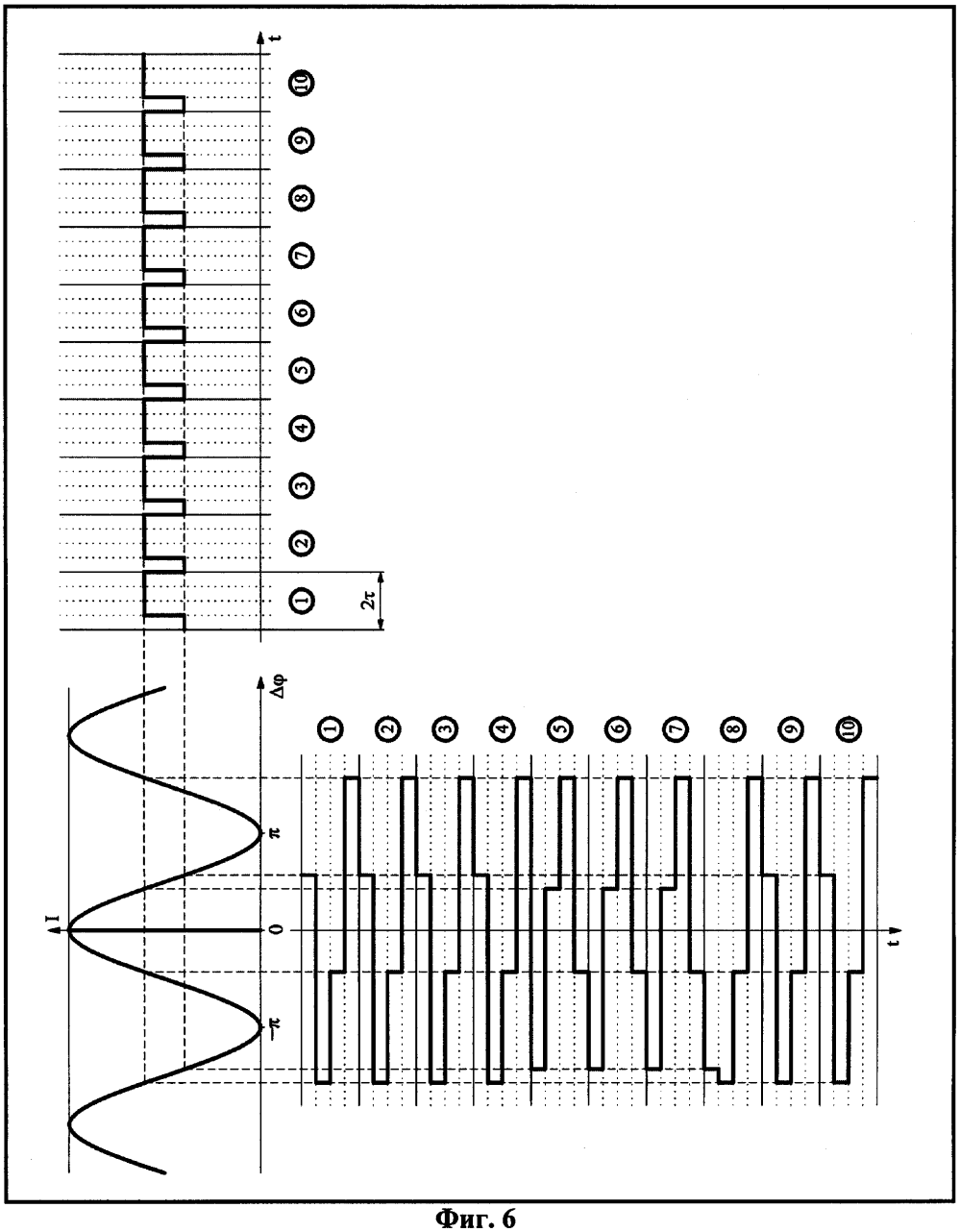


Фиг. 5

5

6

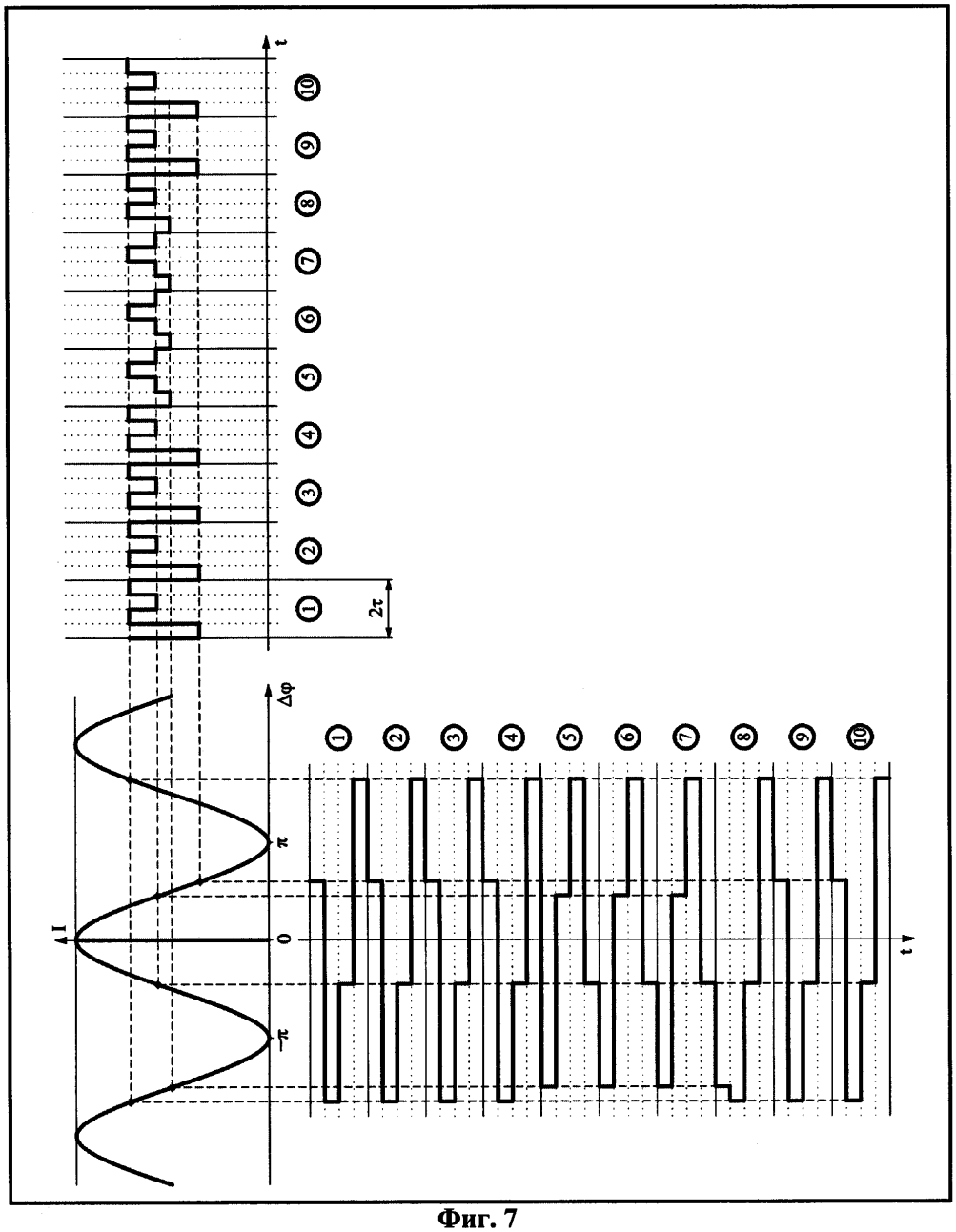
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 6

7

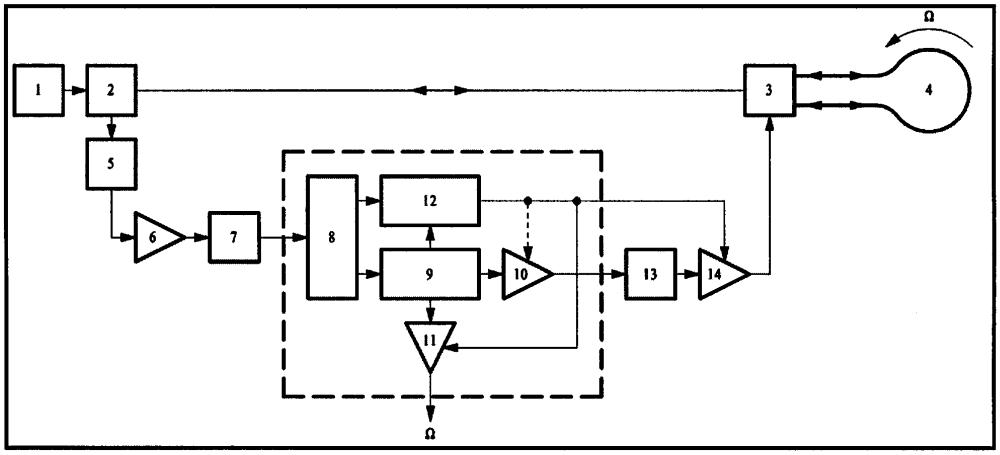
СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 7

8

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ГИРОСКОПА С ЗАКРЫТЫМ КОНТУРОМ



Фиг. 8