



УКРАЇНА

(19) UA (11) 10897 (13) C1

(51) G 01 C 19/64

ДЕРЖАВНЕ
ПАТЕНТНЕ
ВІДМОВСТВООПИС ДО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІД

(54) СПОСІБ ВИМІРЮВАННЯ КУТОВОЇ ШВИДКОСТІ ТА ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЙОГО ЗДІЙСНЕННЯ

1

(20) 93111506, 19 02.93

(21) 5007363/SU

(22) 04 11.91

(24) 25 12.96

(46) 25.12.96. Бюл. № 4

(56) Патент США № 4299490,
кл. G 01 C 19/64, 1981.(72) Скрипник Юрій Олексійович, Довгополь
Анатолій Степанович, Ільєнко Анатолій
Миколайович, Фадєєв Олексій Валерієвич(73) Державна академія легкої промисловості
України (UA)

(57) 1. Способ измерения угловой скорости, включающий разделение оптического монохроматического когерентного излучения на две волны, распространение их в катушке волоконного световода во встречных направлениях, сдвиг частоты одной из волн до ее вхождения в катушку волоконного световода, а частота другой волны - после прохождения ею катушки волоконного световода, совмещение встречно распространяющихся волн, образующих интерференционную картину, измерение электрического напряжения на оптическом приемнике с последующим вычислением скорости углового вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси, отличающийся тем, что после распространения волн в катушке волоконного световода совмещают встречно распространяющиеся волны, при этом получают максимум интенсивности интерференционной полосы, изменяя частоту сдвига волн, измеряют полученное значение электрического напряжения, затем получают минимум интенсивности интерференционной картины, изменяя частоту сдвига волн, измеряют полученное электрическое напряжение, устанавливают среднеарифметическое значение полученных электрических напряжений, изменяя частоту сдвига волн, измеряют первое зна-

2

чение электрического напряжения U_1 , после чего сдвигают частоты волн в сторону увеличения электрического напряжения на величину, кратную порогу чувствительности, измеряют второе значение электрического напряжения U_2 , изменяют направление сдвига частот на противоположное, измеряют третье значение электрического напряжения U_3 , изменяют направление сдвига частот волн, полученных при среднеарифметическом значении напряжений на противоположное, измеряют четвертое значение электрического напряжения U_4 , а угловую скорость определяют из выражения:

$$\theta = \left(1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1} \right) \frac{n \lambda}{8 \pi r} \Delta \Omega;$$

где n - показатель преломления оптического волокна;

λ - длина волны оптического излучения;

r - радиус катушки;

$\Delta \Omega$ - сдвиг частоты, вызывающий изменение электрического напряжения, кратного порогу чувствительности.

2. Устройство измерения угловой скорости, содержащее оптически сопряженные источник оптического монохроматического когерентного излучения и расщепитель оптического излучения, волоконно-оптическую катушку, оптически сопряженную своим первым вводом-выводом с первым выходом-входом расщепителя оптического излучения, первый частотный модулятор, оптически сопряженный своим входом-выводом со вторым выходом-входом расщепителя оптического излучения, первый генератор, приемник оптического излучения, оптически сопряженный своим входом с выходом расщепителя оптического излучения, аналого-цифровой преобразователь, блок вычисления угловой скорости враще-

(19) UA (11) 10897 (13) C1

ния волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси и управления генераторами, вход которого через аналого-цифровой преобразователь соединен с выходом приемника оптического излучения, а первый оперативный ввод-вывод соединен с оперативным вводом-выводом первого генератора, отличающемся тем, что, оно снабжено первым и вторым цифро-управляемыми двухполюсными переключателями, вторым электрооптическим частотным модулятором и вторым цифро-управляемым двухфазным генератором, при этом первый цифро-управляемый двухполюсный переключатель соединен первым и вторым входами соответственно с первым и вторым выходами первого генератора, а первым и вторым выходами соответственно с первым и вторым электрическими входами первого частотного модулятора, второй электрооптический частотный модулятор своим первым входом-выходом оптически сопряжен с выходом-входом первого частотного модулятора, а вторым выходом-входом оптически сопряжен со вторым вводом-выводом

волоконно-оптической катушки, второй цифро-управляемый двухполюсный переключатель соединен первым и вторым выходами соответственно с первым и вторым электрическими входами второго электрооптического частотного модулятора, второй цифро-управляемый двухфазный генератор соединен первым и вторым выходами соответственно с первым и вторым входами второго цифро-управляемого двухполюсного переключателя, а оперативным вводом-выводом со вторым оперативным вводом-выводом блока вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси и управления генераторами, третий и четвертый выходы которого соединены соответственно с третьим входом первого цифро-управляемого двухполюсного переключателя и с третьим входом второго цифро-управляемого двухполюсного переключателя, причем первый частотный модулятор выполнен электрооптическим, а первый генератор выполнен цифро-управляемым двухфазным.

Изобретение относится к области приборостроения и может быть использовано для измерения угловых скоростей в авиационной и космической технике, а также в геодезических системах.

Наиболее близким по технической сущности к изобретению является способ измерения угловой скорости, основанный на разделении оптического излучения на две волны, распространяющиеся в катушке волоконного световода во встречных направлениях, сдвиге частоты одной из волн до ее вхождения в катушку волоконного световода, а частоты другой волны - на то же значение после прохождения ею катушки волоконного световода, совмещении встречно распространяющихся волн, прошедших волоконный световод, и определении угловой скорости $\dot{\theta}$ из выражения

$$\dot{\theta} = \frac{\Delta f n \lambda}{2r},$$

Δf - сдвиг частоты модулятора, приводящий к компенсации напряжения оптического приемника, вызванного сдвигом фазы Саньяка;

λ - длина волны оптического излучения, распространяющегося в волоконно-оптической катушке;

n - показатель преломления оптического волокна катушки;

r - радиус катушки.

При этом фаза Саньяка определена следующим образом

$$\Delta \varphi_c^1 = \arccos \left(\frac{U}{2 I_0 S^1} - 1 \right),$$

где U - электрическое напряжение, снимаемое с оптического приемника излучения;

S^1 - чувствительность оптического приемника излучения;

I_0 - интенсивность оптического излучения, входящего в волоконно-оптическую катушку.

Невысокая точность обусловлена тем, что при этом способе измерения фазы Саньяка не исключаются шумовые составляющие, вызванные относительной погрешностью чувствительности оптического приемника излучения от действия дестабилизирующих факторов, абсолютной погрешностью фотоэлектрического преобразования, связанной со смещением преобразовательной характеристики из-за нестабильности темнового тока фотоприем-

ника и дрейфа его параметров, дрейфом смещения по частоте между двумя излучениями.

Низкая чувствительность к малым угловым скоростям в прототипе следует из выражения

$$(1/I_0 S)(dU/dU/\Delta\varphi^{\circ})=2\sin\Delta\varphi^{\circ}.$$

Устройство, реализующее этот способ, является волоконно-оптическим гироскопом (ВОГ), который содержит источник оптического излучения, полупрозрачное зеркало, волоконно-оптическую катушку, частотный модулятор, генератор частотного модулятора, фотодетектор, вычислительное устройство.

Кроме того, невзаимный частотный модулятор выполнен на нестабильных нелинейных элементах (ячейках Фарадея).

Недостатком этого устройства является невысокая точность и чувствительность измерения угловой скорости.

В основу изобретения поставлена задача создать способ и устройство измерения угловой скорости, в которых за счет измерения угловой скорости в режимах с разными знаками дополнительного и основного сдвигов частот достигалось бы исключение дестабилизирующих факторов, благодаря чему повысилась бы чувствительность и точность измерения.

Поставленная задача решается тем, что в способе измерения угловой скорости, включающем разделение оптического монохроматического когерентного излучения на две волны, распространение их в катушке волоконного световода во встречных направлениях, сдвиг частоты одной из волн до ее вхождения в катушку волоконного световода, а частоты другой волны после прохождения ею катушки волоконного световода, совмещение встречно распространяющихся волн, образующих интерференционную картину, измерение электрического напряжения на оптическом приемнике с последующим вычислением скорости углового вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси, согласно изобретению, после распространения волн в катушке волоконного световода совмещают встречно распространяющиеся волны, при этом получают максимум интенсивности интерференционной полосы, изменяя частоту сдвига волн, измеряют полученное значение электрического напряжения, затем получают минимум интенсивности интерференционной картины, изменяя частоту сдвига волн, измеряют полученное электрическое напряжение, устанавливают

средне-арифметическое значение полученных электрических напряжений, изменяя частоту сдвига волн, измеряют первое значение электрического напряжения U_1 , после чего сдвигают частоты волн в сторону увеличения электрического напряжения на величину, кратную порогу чувствительности, измеряют второе значение электрического напряжения U_2 , изменяют направление сдвига частот на противоположное, измеряют третье значение электрического напряжения U_3 , изменяют направление сдвига частот волн, полученных при средне-арифметическом значении напряжений на противоположное, измеряют четвертое значение электрического напряжения U_4 , а угловую скорость определяют из выражения:

$$\dot{\theta} = \left(1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1}\right) \frac{n\lambda}{8\pi r} \Delta\Omega;$$

где: n - показатель преломления оптического волокна;

λ - длина волны оптического излучения;

r - радиус катушки;

$\Delta\Omega$ - сдвиг частоты, вызывающий изменение электрического напряжения, кратного порогу чувствительности.

Поставленная задача решается также тем, что устройство для измерения угловой скорости, содержащее оптически сопряженные источник оптического монохроматического когерентного излучения и расщепитель оптического излучения, волоконно-оптическую катушку, оптически сопряженную своим первым вводом-выводом с первым выходом-входом расщепителя оптического излучения, первый частотный модулятор, оптически сопряженный своим входом-выходом со вторым выходом-входом расщепителя оптического излучения, первый генератор, приемник оптического излучения, оптически сопряженный своим входом с выходом расщепителя оптического излучения, аналого-цифровой преобразователь, блок вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси и управления генераторами, вход которого через аналого-цифровой преобразователь соединен с выходом приемника оптического излучения, а первый оперативный ввод-вывод соединен с оперативным вводом-выводом первого генератора, согласно изобретению, снабжено первым цифро-управляемым двухполюсным переключателем, вторым электрооптическим частотным моду-

лятором, вторым цифро-управляемым двух-
 полюсным переключателем и вторым циф-
 ро-управляемым двухфазным генератором,
 при этом первый цифро-управляемый двух-
 полюсный переключатель соединен пер-
 вым и вторым входами соответственно с
 первым и вторым выходами первого генера-
 тора, а первым и вторым выходами соответ-
 ственно с первым и вторым электрическими
 входами первого частотного модулятора,
 второй электрооптический частотный моду-
 лятор своим первым входом-выходом опти-
 чески сопряжен с выходом-входом первого
 частотного модулятора, а вторым выходом-
 входом оптически сопряжен со вторым вво-
 дом-выводом волоконно-оптической
 катушки, второй цифро-управляемый двух-
 полюсный переключатель соединен первым
 и вторым выходами соответственно с пер-
 вым и вторым электрическими входами вто-
 рого электрооптического частотного
 модулятора, второй цифро-управляемый
 двухфазный генератор соединен первым и
 вторым выходами соответственно с первым
 и вторым входами второго цифро-управляе-
 мого двухполюсного переключателя, а опе-
 ративным вводом-выводом со вторым
 оперативным вводом выводом блока вычис-
 ления угловой скорости вращения волокон-
 но-оптической катушки вокруг ее
 продольной оси и управления генератора-
 ми, третий и четвертый выходы которого со-
 единены соответственно с третьим входом
 первого цифро-управляемого двухполюсно-
 го переключателя и с третьим входом второ-
 го цифро-управляемого двухполюсного
 переключателя, причем первый частотный
 модулятор выполнен электрооптическим, а
 первый генератор выполнен цифро-управ-
 ляемым двухфазным.

Совокупность существенных признаков
 заявляемых способа и устройства измере-
 ния угловой скорости обеспечивает за счет
 исключения дестабилизирующих факторов
 более высокую чувствительность и точность
 измерения.

Сущность заявляемого способа заключа-
 ется в следующем. Оптическое излучение от
 источника оптического излучения разделяют
 на две волны, распространяющиеся в катуш-
 ке волоконного световода во встречных на-
 правлениях. В результате совмещения
 излучения образуется интерференционная
 картина, интенсивность полос которой опре-
 деляется разностью фаз и интенсивностью
 интерферируемых пучков излучения. Прием-
 ник оптического излучения с помощью пер-
 вой частоты сдвига волны настраивают на
 максимум интенсивности интерференцион-
 ной полосы. Причем на выходе оптического

приемника излучения измеряют электриче-
 ские напряжения как при выходе ВОГ на
 рабочий режим, так и в режиме измерения
 угловой скорости. При выходе на рабочий
 режим измеряют первое электрическое на-
 пряжение на максимуме интенсивности ин-
 терференционной полосы. Устанавливают
 значение разности частот между встречно
 распространяющимися волнами таким об-
 разом, чтобы в поле зрения оптического при-
 емника был минимум интенсивности
 интерференционной полосы, и измеряют
 второе значение электрического напряже-
 ния. Устанавливают значение разности час-
 тот между встречно распространяющимися
 волнами, соответствующее среднеарифмети-
 ческому первому и второго электрических на-
 пряжений. Выполняют измерения
 электрических напряжений в четырех режи-
 мах измерения. Интенсивность интерферен-
 ционной полосы в поле зрения оптического
 приемника определяется выражением

$$I_3 = I_1 + I_2 + 2 \sqrt{I_1 I_2} \cos(\Phi_1 - \Phi_2), \quad (1)$$

где I_1, I_2 - интенсивности интерферируемых
 волн;

Φ_1 - фаза волны, смещенная по частоте
 на значение до ее вхождения в волоконную
 катушку;

Φ_2 - фаза волны, частота которой изме-
 няется на значение Ω , после прохождения
 волоконно-оптической катушки.

$$\Phi_1 = (\omega + \Omega + \varepsilon) \tau + (\omega + \Omega + \varepsilon) \Delta \tau_c, \quad (2)$$

где ω - частота исходного оптического излу-
 чения;

$\tau = \frac{Lh}{c}$ - время задержки при распро-
 странении волны в катушке;

L - длина оптического волокна катушки;

h - показатель преломления оптическо-
 го волокна;

c - скорость света;

$\Delta \tau_c$ - дополнительное время задержки
 распространения излучения, вызванное
 вращением волоконно-оптической катушки
 вокруг ее продольной оси;

ε - дрейф смещения по частоте при
 изменении частоты на Ω .

$$\Phi_2 = \omega \tau - \omega \Delta \tau_c. \quad (3)$$

Операция выхода на рабочий режим соот-
 ветствует установлению первоначальной
 разности фаз между встречно распростра-
 няющимися волнами

$$\Omega \tau = \frac{\pi}{2}.$$

После вычитания из выражения (2) выражения (3) получают

$$\Delta \Phi_1 = \Phi_1 - \Phi_2 = (\Omega + \varepsilon) \tau + 2 \omega \Delta \tau_c + (\Omega + \varepsilon) \Delta \tau_c, \quad (4) \quad 5$$

где фазовый сдвиг Саньяка $\Delta \tau_c = 2 \omega \Delta \tau_c$.

Вводят обозначение

$$x = \varepsilon \tau + \varepsilon \Delta \tau_c + \Omega \Delta \tau_c, \quad (5) \quad 10$$

которое характеризует смещение рабочей точки гироскопа.

В режиме измерения вначале измеряют первое значение электрического напряжения, которое в соответствии с (1) при $I_1 = I_2 = I$ принимает значение

$$U_1 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos \Delta \Phi_1) + \delta, \quad (6) \quad 20$$

где S - чувствительность оптического приемника излучения;

$\gamma = \frac{\Delta S}{S}$ - относительная погрешность

чувствительности от действия дестабилизирующих факторов;

δ - абсолютная погрешность фотоэлектрического преобразования, связанная со смещением преобразовательной характеристики из-за нестабильности темнового тока фотоприемника и дрейфа его параметров.

Дополнительно сдвигают частоту световых волн в сторону увеличения так, чтобы электрическое напряжение изменилось на величину, кратную порогу чувствительности.

$$\Delta \Phi_2 = (\Omega + \Delta \Omega + \varepsilon) \tau + \Delta \varphi_c + (\Omega + \Delta \Omega + \varepsilon) \Delta \tau_c, \quad (7) \quad 40$$

где $\Delta \Omega$ - дополнительный сдвиг частоты, соответствующий отклонению фазового угла на некоторый угол относительно $\frac{\pi}{2}$.

Измеряют второе значение электрического напряжения, которое в соответствии с (6) принимает вид

$$U_2 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos \Delta \Phi_2) + \delta, \quad (8) \quad 50$$

Изменяют знак дополнительного сдвига частоты на противоположный $\Omega - \Delta \Omega$. При этом возникает фазовый сдвиг

$$\Delta \Phi_3 = (\Omega + \Delta \Omega + \varepsilon) \tau + \Delta \varphi_c + (\Omega + \Delta \Omega + \varepsilon) \Delta \tau_c, \quad (9) \quad 55$$

Измеряют третье значение электрического напряжения

$$U_3 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos \Delta \Phi_3) + \delta \quad (10)$$

Изменяют направление основного сдвига частоты на противоположное

По аналогии для частоты Ω получают фазовый сдвиг

$$\Delta \Phi_4 = -\Omega \tau + \Delta \varphi_c - x. \quad (11)$$

Измеряют четвертое значение электрического напряжения

$$U_4 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos \Delta \Phi_4) + \delta \quad (12)$$

Для упрощения расчетов пренебрегают значениями $\varepsilon \Delta \tau_c$, $\Omega \Delta \tau_c$, $\Delta \Omega \Delta \tau_c$, имеющими второй порядок малости. Выражения (4) - (12) для разности фаз примут вид:

$$\Delta \Phi_1 = \frac{\pi}{2} + \varepsilon \tau + \Delta \varphi_c; \quad (13)$$

$$\Delta \Phi_2 = \frac{\pi}{2} + \varepsilon \tau + \Delta \Omega \tau; \quad (14)$$

$$\Delta \Phi_3 = \frac{\pi}{2} - \Delta \Omega \tau + \varepsilon \tau + \Delta \tau_c; \quad (15)$$

$$\Delta \Phi_4 = -\frac{\pi}{2} + \Delta \varphi_c - \varepsilon \tau, \quad (16)$$

а для напряжения оптического приемника:

$$U_1 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \sin(\varepsilon \tau + \Delta \varphi_c)) + \delta; \quad (17)$$

$$U_2 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \sin(\varepsilon \tau + \Delta \varphi_c + \Delta \Omega \tau)) + \delta; \quad (18)$$

$$U_3 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \sin(\varepsilon \tau - \Delta \Omega \tau + \Delta \varphi_c)) + \delta; \quad (19)$$

$$U_4 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos(-\frac{\pi}{2} - \Delta \varphi_c + \varepsilon \tau)) + \delta; \quad (20)$$

Уравнение (20) приводят к виду:

$$U_4 = 2IS(1 + \gamma)(1 + \cos(\frac{\pi}{2} - \Delta \varphi_c + \varepsilon \tau)) + \delta; \quad (21)$$

$$U_4 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \sin(\varepsilon \tau - \Delta \varphi_c)) + \delta \quad (22)$$

Для малых углов сдвига Саньяка в уравнениях (17) - (19), (22) значения синусов заменяют на аргументы:

$$U_1 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \varepsilon \tau - \Delta \varphi_c) + \delta; \quad (23)$$

$$U_2 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \varepsilon \tau - \Delta \varphi_c - \Delta \Omega \tau) + \delta; \quad (24)$$

$$U_3 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \varepsilon \tau + \Delta \Omega \tau - \Delta \varphi_c) + \delta; \quad (25)$$

$$U_4 = 2IS(1 + \gamma)(1 - \varepsilon \tau + \Delta \varphi_c) + \delta. \quad (26)$$

Решают систему уравнений (23) - (26), получая разностное напряжение

$$U_2 - U_1 = 2IS(1 - \gamma)(-\Delta \Omega \tau), \quad (27)$$

откуда

$$2IS(1+\gamma) = \frac{U_1 - U_2}{\Delta\Omega\tau}, \quad (28)$$

и разностное напряжение

$$U_3 - U_4 = 2IS(1+\gamma)(2\Delta\varphi_c + \Delta\Omega\tau). \quad (29)$$

В выражение (29) подставляют (28)

$$U_3 - U_4 = \frac{U_1 - U_2}{\Delta\Omega\tau} (2\Delta\varphi_c + \Delta\Omega\tau) \quad (30)$$

Из выражения (30) получают

$$\Delta\varphi_c = (1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1}) \frac{\Delta\Omega\tau}{2} \quad (31)$$

или

$$\Delta\varphi_c = (1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1}) \frac{\Delta\Omega L h}{2c}. \quad (32)$$

Угловую скорость вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее продольной оси определяют из выражения

$$\dot{\theta} = \frac{\Delta\varphi_c \lambda c}{8\pi Na}, \quad (33)$$

где λ - длина волны оптического излучения, распространяющегося в волоконно-оптической катушке;

N - количество витков в катушке;

a - площадь одного витка;

c - скорость света.

Подставив значение $\Delta\varphi_c$ из выражения (32) в (33), получают

$$\dot{\theta} = (1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1}) \frac{L h \lambda}{16\pi Na} \Delta\Omega. \quad (34)$$

Так как $\frac{L}{N} = 2\pi r$ и $a = \pi r^2$,

окончательно получают

$$\dot{\theta} = (1 + \frac{U_3 - U_4}{U_2 - U_1}) \frac{h \lambda}{8\pi r} \Delta\Omega. \quad (35)$$

Таким образом, по результатам четырех измерений электрических напряжений приемника оптического излучения (U_1, U_2, U_3, U_4), известной длине волны λ , радиусе катушки r , показателе преломления оптического волокна h , дополнительному к основному сдвигу частоты, вызывающему изменение электрического напряжения, кратного порогу чувствительности, $\Delta\Omega$, можно определить угловую скорость вращения волоконно-оптической катушки вокруг ее

продольной оси. При этом повышение точности измерения угловой скорости достигнуто за счет исключения невязанных фазовых сдвигов, вносимых дрейфом частоты сдвига световых волн F , исключения неустойчивости чувствительности оптического излучения, относительной погрешности чувствительности от действия дестабилизирующих факторов γ , абсолютной погрешности фотоэлектрического преобразования, связанной со смещением преобразовательной характеристики из-за неустойчивости темнового тока фотоприемника и дрейфа его параметров δ .

Направление вращения волоконно-оптической катушки может быть также определено по величинам измеряемых электрических напряжений. Для случая, когда $\Delta\varphi_c = 0$, напряжения $U_1 = U_4$ (фиг. 2). На фиг. 3 представлена диаграмма, когда $\Delta\varphi_c > 0$. В этом случае $U_4 > U_1$. Для $\Delta\varphi_c < 0$ (фиг. 4) $U_1 > U_4$. Таким образом, заявляемый способ позволяет однозначно определять направление угловой скорости. Неточная установка 90° сдвига и ее дрейф не влияют на результат измерения, что обеспечивает повышение чувствительности к малым угловым скоростям.

Действительно, измеряемое электрическое напряжение на оптическом приемнике равно

$$U + 2IS[1 + \cos(\frac{\pi}{2} + \Delta\varphi_c)] \quad (36)$$

Отсюда чувствительность будет иметь вид

$$\frac{dU}{d\Delta\varphi_c} = 2IS \sin \Delta\varphi_c \quad (37)$$

Заявляемое устройство поясняется чертежами.

На фиг. 1 представлена структурная схема устройства измерения угловой скорости, на фиг. 2 представлена диаграмма напряжений для случая, когда $\Delta\varphi_c = 0$, на фиг. 3 - диаграмма напряжений для $\Delta\varphi_c > 0$, на фиг. 4 - диаграмма напряжений для $\Delta\varphi_c < 0$.

Устройство измерения угловой скорости содержит оптически сопряженные источники 1 оптического монохроматического когерентного излучения и расщепитель 2 оптического излучения, волоконно-оптическую катушку 3, оптически сопряженную первым и вторым вводами-выводами с первым и вторым выходом-входом расщепителя 2 оптического излучения, первый электрооптический частотный модулятор 4, установленный после расщепителя 2 опти-

ческого излучения на его второй оптической оси, первый цифро-управляемый двухполюсный переключатель 5, первый цифро-управляемый двухфазный генератор 6, второй электрооптический частотный модулятор 7, второй цифро-управляемый двухполюсный переключатель 8, второй цифро-управляемый двухфазный генератор 9, приемник 10 оптического излучения, установленный после расщепителя 2 оптического излучения на его первой оптической оси, аналого-цифровой преобразователь 11, блок 12 вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки 3 вокруг ее продольной оси и управления генераторами.

При этом первый цифро-управляемый двухполюсный переключатель 5 соединен первым и вторым входами соответственно с первым и вторым выходами первого цифро-управляемого двухфазного генератора 6, а первым и вторым выходами - соответственно с первым и вторым электрическими входами первого электрооптического частотного модулятора 4, второй электрооптический частотный модулятор 7 установлен после первого частотного модулятора 4 и оптически сопряжен с ним своим вводом-выводом, а вторым вводом-выводом оптически сопряжен со вторым вводом-выводом волоконно-оптической катушки 3, второй цифро-управляемый двухполюсный переключатель 8 соединен первым и вторым выходами соответственно с первым и вторым электрическими входами второго электрооптического частотного модулятора 7, второй цифро-управляемый двухфазный генератор 9 соединен первым и вторым выходами соответственно с первым и вторым входами второго цифро-управляемого двухполюсного переключателя. Причем блок 12 вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки 3 вокруг ее продольной оси и управления генераторами своим входом через аналого-цифровой преобразователь 11 соединен с электрическим выходом приемника 10 оптического излучения, своим первым оперативным вводом-выводом 14 соединен с оперативным вводом-выводом первого цифро-управляемого двухфазного генератора 6, своим оперативным вводом-выводом 15 соединен с оперативным вводом-выводом второго цифро-управляемого двухфазного генератора 9, своим третьим оперативным вводом-выводом может быть соединен с дисплеем 13, своим первым выходом 16 соединен с третьим входом первого цифро-управляемого двухполюсного переключателя 5, вторым выходом 17 - с третьим входом второго циф-

ро-управляемого двухполюсного переключателя 8.

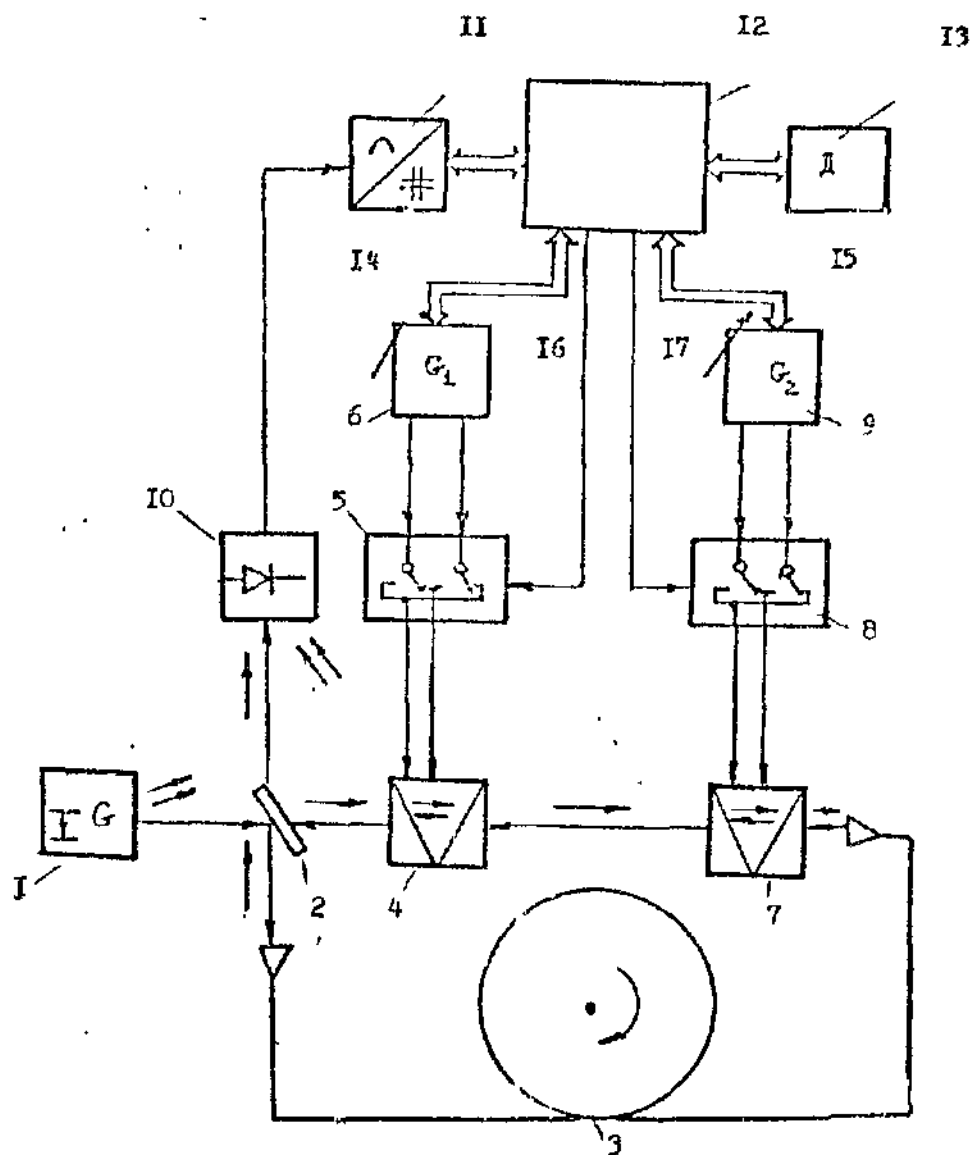
Устройство работает следующим образом.

Оптическое излучение от источника 1 поступает через первый расщепитель 2 оптического излучения по первой его оптической оси на первый ввод-вывод волоконно-оптической катушки 3, а по его второй оптической оси на первый электрооптический частотный модулятор 4, управляемый через первый цифро-управляемый двухфазный генератор 6. После первого частотного модулятора 4 излучение поступает через второй электрооптический частотный модулятор 7 на второй ввод-вывод волоконно-оптической катушки 3. При этом вторым частотным модулятором 7 управляют через второй цифро-управляемый двухполюсный переключатель 8 и второй цифро-управляемый двухфазный генератор 9. После прохождения во встречных направлениях в волоконно-оптической катушке излучения интерферируют на приемнике 10 оптического излучения. Электрическое напряжение с приемника 10 оптического излучения поступает через аналого-цифровой преобразователь 11 на вход блока 12 вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки 3 вокруг ее продольной оси и управления генераторами. Блок 12 вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки 3 вокруг ее продольной оси и управления генераторами через первый 14 и второй 15 входы-выходы осуществляет управление работой соответственно первого и второго цифро-управляемых генераторов 6 и 9, а через первый 16 и второй 17 выходы - первым и вторым цифро-управляемыми двухполюсными переключателями 5 и 8. Информация о значении угловой скорости может выводиться на дисплей 13.

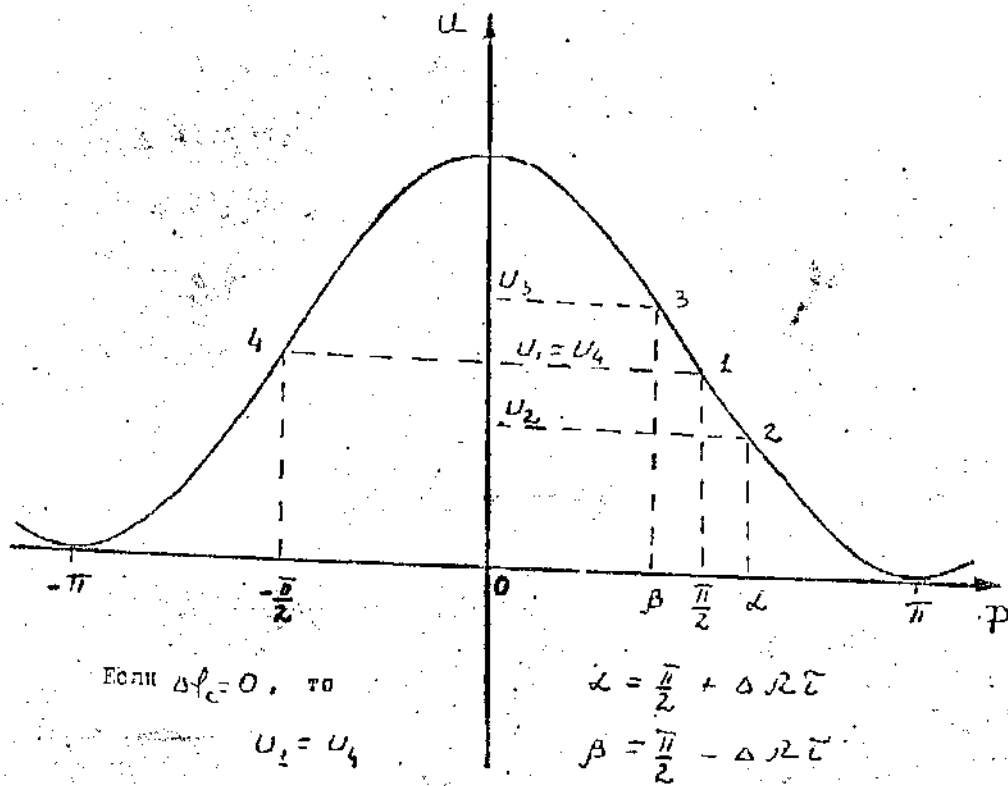
Волоконно-оптический гироскоп работает следующим образом. Вначале, при неподвижности, ВОГ выводит на рабочий режим таким образом, что приемник 10 оптического излучения с помощью первой частоты сдвига волн, устанавливаемой частотным модулятором 4, настраивают на максимум интенсивности интерференционной полосы и измеряют первое значение электрического напряжения на дисплее 13, вторую частоту модулятором 4 устанавливают из условия получения минимума интенсивности интерференционной полосы оптического излучения на приемнике 10 и измеряют на дисплее 13 второе значение электрического напряжения, третью частоту модулятором устанавливают на значе-

ние, при котором измеряемое третье значение электрического напряжения на дисплее 13 равно средне-арифметическому первого и второго значений электрических напряжений. В режиме измерения в соответствии с программой, введенной в блоке 12, вычисления угловой скорости вращения волоконно-оптической катушки, первое значение электрического напряжения U_1 (23) приемника 10 оптического излучения с помощью аналого-цифрового преобразователя 11 преобразуется в код, который заносится в оперативную память блока 12. Дополнительно сдвигаются частоты волн электрооптического модулятора 7 в сторону увеличения. Второе значение электрического напряжения U_2 (24) преобразуется в код, который заносится в оперативную память блока 12. Изменяется направление допол-

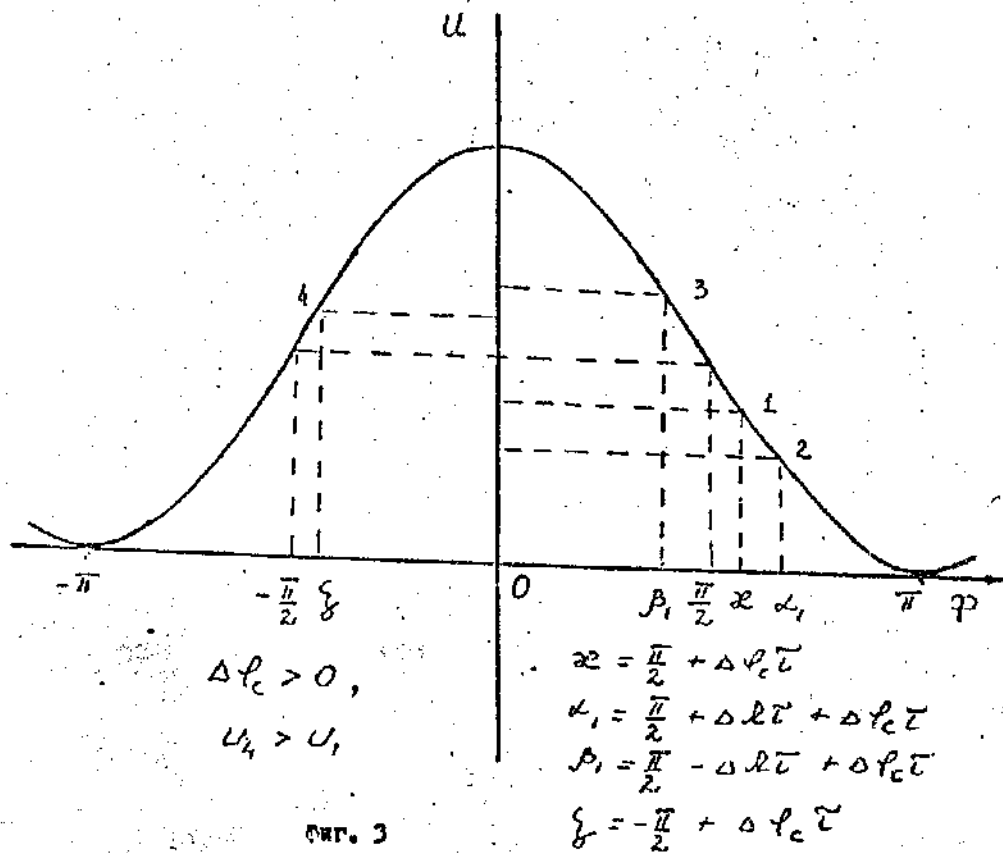
нительного сдвига частот электрооптическим частотным модулятором 7 на противоположное и измеряется третье значение электрического напряжения U_3 (25), которое тоже заносится в оперативную память блока 12. Изменяется направление сдвига третьей частоты электрооптическим частотным модулятором 4 на противоположное и измеряется четвертое значение электрического напряжения U_4 (26) с вводом в оперативную память блока 12. По записанным в оперативной памяти блока 12 значениям четырех электрических напряжений в блоке 12 в соответствии с формулой 25 и с учетом записанных в ПЗУ блока 12 значениям 8π , λ , h , $\Delta\Omega$, r вычисляется значение угловой скорости. Значение угловой скорости с учетом направления вращения выводится на дисплей 13.



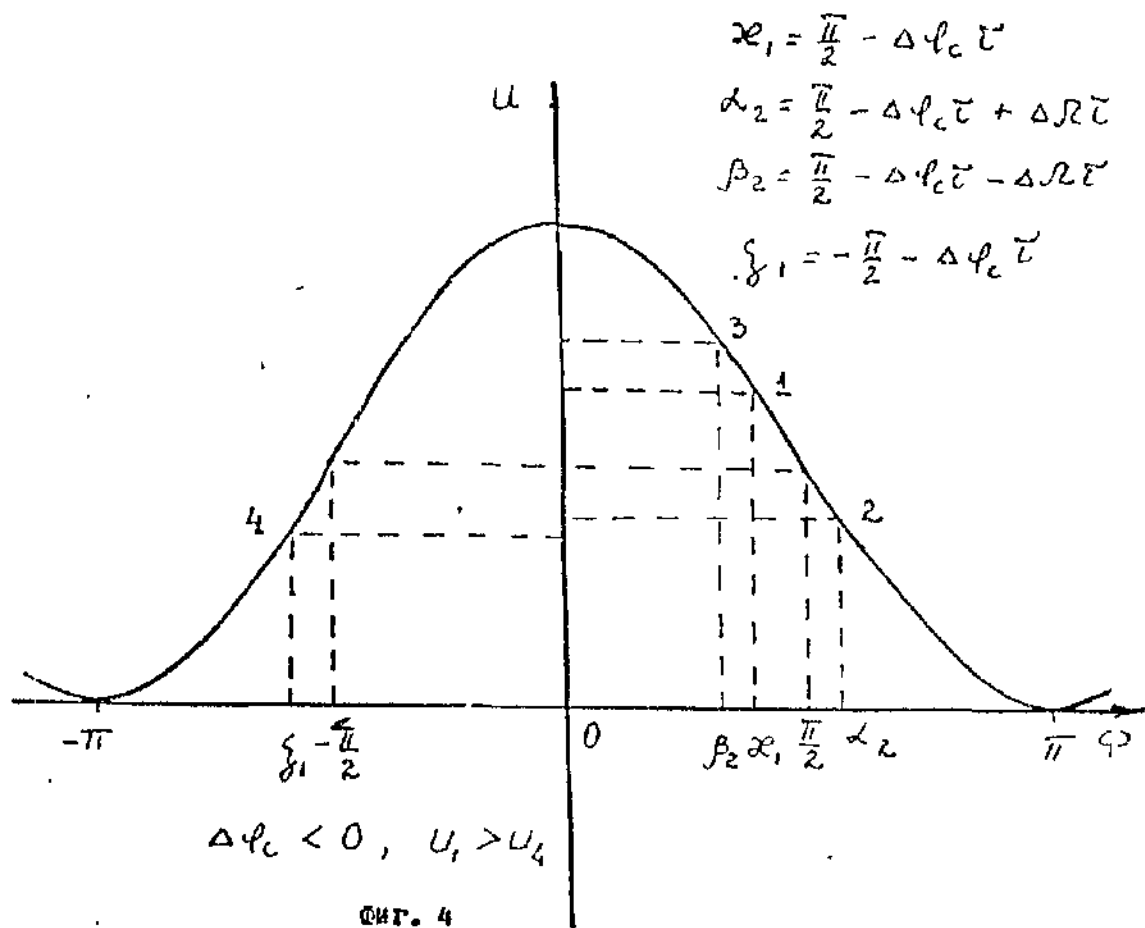
Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3



Упорядник Ю Скрипник

Техред М.Моргентал

Коректор

О.Обручар

Замовлення 4037

Тираж

Підписне

Державне патентне відомство України,
254655, ГСП, Київ-53, Львівська пл. 8

Відкрите акціонерне товариство "Патент", м. Ужгород, вул Гагаріна, 101