



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО
ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ СССР

(21), (22) Заявка: 3062818/28, 04.04.1983

(45) Опубликовано: 20.05.2007 Бюл. № 14

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: П.И.Малеев. Новые типы гироскопов, Л.: Судостроение, 1971, стр.46-66. А.с. СССР, №503430, G01C 19/00, 1974.

Адрес для переписки:
197046, Санкт-Петербург, ул.Малая Посадская,
30, ЦНИИ "Электроприбор"

(71) Заявитель(и):
ЦНИИ "Электроприбор"

(72) Автор(ы):
Буравлев Анатолий Петрович (RU),
Левин Лев Александрович (RU),
Малтинский Моисей Иосифович (RU),
Пешехонов Владимир Григорьевич (RU)

(54) СПОСОБ НАСТРОЙКИ КРИОГЕННОГО ГИРОСКОПА

(57) Реферат:

Изобретение относится к области прецизионного приборостроения и может быть использовано в криогенных гироскопических устройствах. Сущность: способ включает взвешивание ротора в электростатическом подвесе, сообщение ротору угловой скорости, охлаждение устройства до сверхпроводящего состояния, взвешивание ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе и измерение скорости уходов криогенного гироскопа. Взвешивание ротора криогенного гироскопа в сверхпроводящем магнитном подвесе

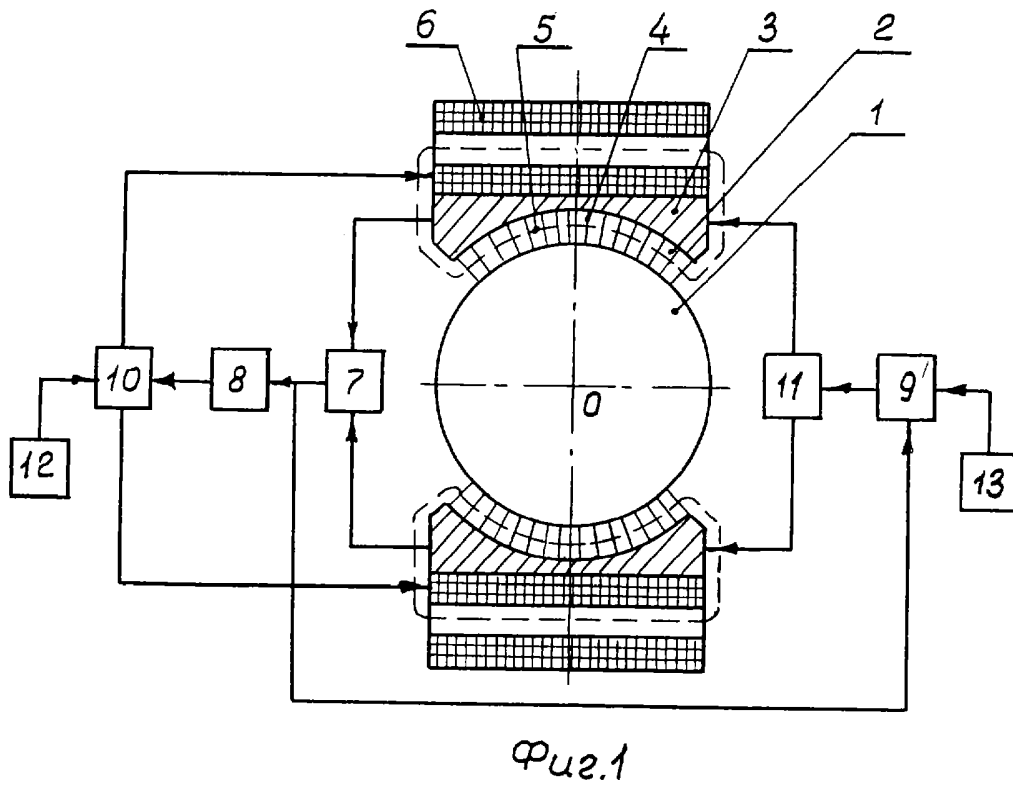
осуществляют при включенном электростатическом подвесе. При этом выполняется следующее условие: $K_e / K_m = (H_0 / E_0) \cdot \sqrt{\mu_0 / \epsilon_0}$, где K_e , K_m

- коэффициенты усиления электростатического и магнитного подвесов, E_0 , H_0 - опорные значения напряженностей электрического и магнитного полей в рабочем зазоре подвеса, μ_0 , ϵ_0 - магнитная и электрическая постоянные.

Технический результат: повышение точности настройки криогенного гироскопа путем уменьшения уровня возмущающих моментов. 2 ил.

S U 1 8 4 0 5 1 1 A 1

S U 1 8 4 0 5 1 1 A 1





STATE COMMITTEE
FOR INVENTIONS AND DISCOVERIES

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 3062818/28, 04.04.1983

(45) Date of publication: 20.05.2007 Bull. 14

Mail address:
197046, Sankt-Peterburg, ul. Malaja
Posadskaja, 30, TsNII "Ehlektropribor"

(71) Applicant(s):
TsNII "Ehlektropribor"

(72) Inventor(s):
Buravlev Anatolij Petrovich (RU),
Levin Lev Aleksandrovich (RU),
Maltinskij Moisej Iosifovich (RU),
Peshekhonov Vladimir Grigor'evich (RU)

(54) **METHOD FOR CALIBRATING CRYOGENIC GYROSCOPE**

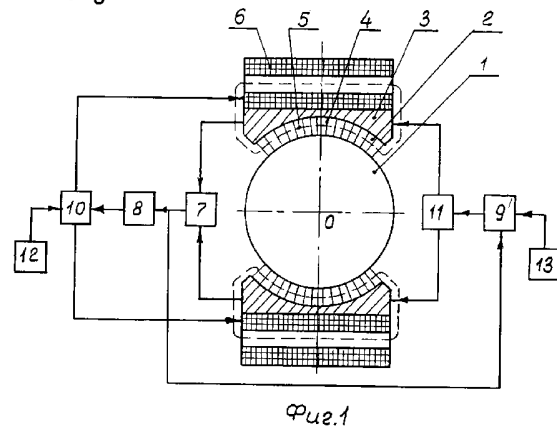
(57) Abstract:

FIELD: precision tool-making industry, possible use in cryogenic gyroscopic devices.

SUBSTANCE: method includes suspension of rotor in electrostatic suspension, transferring of angular speed to rotor, cooling of device down to superconducting condition, suspending of rotor in superconducting magnetic suspension and measurement of speed of deviations of cryogenic gyroscope. Suspension of rotor of cryogenic gyroscope in superconducting magnetic suspension is performed with enabled electrostatic suspension. Following condition is fulfilled: $K_e/K_m=(H_s/E_s)$, where K_e , K_m - amplification coefficients of electrostatic and magnetic suspensions, E_s , H_s - supporting values of strengths of electric and magnetic fields in working space of suspension, μ_0 , ϵ_0 - magnetic and electric constants.

EFFECT: increased precision of calibration of cryogenic gyroscope by decreasing level of excitation momentums.

2 dwg



SU 1 840 511 A1

SU 1 840 511 A1

Изобретение относится к области прецизионного приборостроения и может быть использовано в криогенных гироскопических устройствах, предназначенных для инерциальных навигационных систем и систем управления движущимися объектами.

Известен способ настройки гироскопического устройства с электростатическим подвесом сферического ротора (см. П.Е.Малеев. Новые типы гироскопов. Л.: Судостроение, 1971, с.19-27), содержащий взвешивание ротора в электростатическом подвесе, разгон ротора, настроечные операции в виде регулирования системы взвешивания и измерения скорости уходов гироскопа.

Такой способ обладает существенным недостатком, так как для получения малой скорости уходов требуется обеспечение высокой точности сферической формы ротора. Отклонение формы ротора от сферической, обусловленное, например, действием центробежных сил при его вращении, является источником возмущающих моментов, которые вызывают прецессионное движение ротора в инерциальном пространстве. При этом наиболее значительные возмущающие моменты возникают при наличии угла рассогласования между осью вращения ротора и осью подвеса, т.е. при использовании гироскопа в качестве чувствительного элемента бескарданных навигационных систем.

Известен также способ настройки гироскопического устройства с магнитным сверхпроводящим подвесом сферического ротора (см. П.И.Малеев. Новые типы гироскопов. Л.: Судостроение, 1971, с.46-66), содержащий охлаждение устройства до сверхпроводящего состояния, взвешивание ротора в магнитном сверхпроводящем подвесе, разгон ротора, регулирование системы взвешивания ротора и измерение уходов гироскопа.

Такой способ для получения малой скорости уходов гироскопа также требует обеспечения сферической формы ротора с высокой точностью, так как воздействие магнитных сил подвеса на ротор, имеющий отклонения от сферы, вызывает появление возмущающих моментов.

Из известных способов наиболее близкий по технической сущности является способ настройки криогенного гироскопического устройства (авторское свидетельство №503430 по кл. G01C, 19/00), содержащий взвешивание ротора во вспомогательном электростатическом подвесе, сообщение ротору угловой скорости, охлаждение устройства до сверхпроводящего состояния, взвешивание ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе и отключение вспомогательного подвеса, регулирование системы взвешивания ротора и измерение скорости уходов гироскопа.

Указанный способ не обеспечивает высокой точности криогенного гироскопического устройства, так как воздействие на ротор только магнитных сил подвеса является источником возмущающих моментов, если форма ротора имеет отклонения от идеальной сферы.

Целью настоящего изобретения является повышение точности гироскопического устройства с магнитным сверхпроводящим подвесом и вспомогательным электростатическим подвесом.

Указанная цель достигается тем, что после взвешивания ротора во вспомогательном электростатическом подвесе, сообщения ротору угловой скорости, охлаждения устройства до сверхпроводящего состояния, взвешивания ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе, регулирование системы взвешивания ротора осуществляют при включенном вспомогательном электростатическом подвесе до установления коэффициентов K_e и K_m усиления электростатического и магнитного подвесов в соотношении

$$\frac{K_e}{K_m} = \frac{H_0}{E_0} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}, \quad (1)$$

а опорных напряженностей E_0 и H_0 электростатического и магнитного подвесов - в соотношении

$$\frac{E_0}{H_0} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}, \quad (2)$$

где μ_0 , ϵ_0 - магнитная и электрическая постоянные.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где на фиг.1 представлен пример гироскопического устройства, с помощью которого может быть реализован предлагаемый способ, на фиг.2 изображена упрощенная схема формирующих экранов-электродов

5 устройства и системы координат с учетом углов отклонения и смещения ротора в подвесе.

Условные обозначения, принятые на чертежах:

1 - ротор сферический, выполненный из сверхпроводящего материала, например, ниобия;

2 - рабочий зазор подвеса;

10 3 - сверхпроводящие экраны, с помощью которых в рабочем зазоре 2 формируются магнитное к электрическое поля;

4 - силовые линии магнитного поля;

5 - силовые линии электрического поля;

6 - катушки возбуждения магнитного поля подвеса;

15 7 - измеритель положения ротора между экранами 3, основанный, например, на измерении изменений емкости между ротором 1 и экранами 3 при смещениях ротора относительно центра подвеса 0;

8, 9 - регуляторы коэффициентов усиления магнитного и электростатического подвесов;

10, 11 - преобразователи, управляющие соответственно токами в катушках 6 и

20 электрическими потенциалами экранов 3;

12, 13 - регуляторы опорного значения тока в катушках 6 и опорного потенциала на экранах 3 соответственно;

$O\xi_1\xi_2\xi_3$ - неподвижная система координат с началом в центре 0 подвеса и осями, направленными по осям симметрии экранов S_1, S_2, S_5, S_6 ;

25 $O_1\eta_1\eta_2\eta_3$ - система координат с началом в центре масс 0, ротора, оси которой параллельны осям системы координат $O\xi_1\xi_2\xi_3$;

ρ - вектор, характеризующий смещение центра масс O_1 относительно центра 0 подвеса;

$O_1X_1X_2X_3$ - система координат, связанная с ротором и осью OX_3 , направленной по его

30 оси вращения;

$O_1Y_1Y_2Y_3$ - система координат с началом в центре O_1 , ось OY_3 которой направлена вдоль вектора ρ ;

χ - угол отклонения оси OX_3 относительно оси $O\eta_3$;

β - угол, характеризующий направление смещения ротора;

35 ψ - угол, определяющий размеры экранов S_1, S_2, S_5, S_6 .

Оси $O\xi_2, O_1\eta_2, O_1X_2, O_1Y_2$ перпендикулярны плоскости чертежа.

На фиг.1 показан только вертикальный канал подвеса гироскопического устройства.

Взвешивание и центрирование ротора в трехкоординатном подвесе может быть осуществлено с помощью трех аналогичных каналов.

40 Предлагаемый способ настройки криогенного гироскопического устройства содержит следующие операции.

1. Взвешивание ротора во вспомогательном электростатическом подвесе. При подаче питания на устройство положение ротора относительно экранов 3 регистрируется измерителем 7, сигнал с которого через регулятор 9 поступает на преобразователь 11 и

45 далее в виде высокого электрического потенциала - на верхний экран 3. Под действием электростатических сил, работающих на притяжение, ротор взвешивается и в дальнейшем сохраняет взвешенное состояние за счет автоматического управления потенциалами верхнего и нижнего экранов 3 с помощью системы, включающей измеритель 7, регулятор 9 и преобразователь 11. При смещении ротора вниз, например, под действием ускорений,

50 увеличивается потенциал верхнего экрана, т.е. увеличивается напряженность электрического поля в рабочем зазоре, а, следовательно, и сила притяжения ротора к верхнему экрану, под действием которой ротор остается в положении, близком к центральному. Электрический потенциал нижнего экрана 3 при этом уменьшается. При

отсутствии действующего ускорения, в том числе и ускорения силы тяжести, ротор занимает центральное положение, а потенциалы экранов одинаковы и принимают значение, равное опорному, например, половине потенциала, определяющего электрический пробой рабочего зазора.

5 2. Сообщение ротору угловой скорости. Вращение ротору может быть сообщено с помощью разгонного устройства, например, асинхронного двигателя, включаемого после взвешивания ротора в электростатическом подвесе (на фиг.1 разгонное устройство не показано).

3. Охлаждение устройства до температуры, при которой его сверхпроводящие элементы 10 переходят в сверхпроводящее состояние.

4. Взвешивание ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе. Взвешивание ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе осуществляется с помощью системы, включающей измеритель 7, регулятор 8 и преобразователь 10, который управляет величиной токов в катушках 6. При смещениях ротора, например, вниз, система магнитного взвешивания 15 увеличивает ток в нижней катушке подвеса, т.е. увеличивает напряженность магнитного поля в нижнем рабочей зазоре, а, следовательно, и силу диамагнитного отталкивания, под действием которой ротор сохраняет положение, близкое к центральному. Ток в верхней катушке и напряженность магнитного поля в верхнем рабочем зазоре в этом случае уменьшается. При отсутствии действующего ускорения, в том числе и ускорения 20 силы тяжести, токи в катушках подвеса равны, а напряженности магнитного поля в рабочих зазорах подвеса имеют значение, равное опорному, например, половине критического поля для сверхпроводящего материала ротора 1 и экранов 3.

5. Регулирование системы взвешивания и измерение уходов ротора гироскопического устройства. Регулирование системы взвешивания ротора включает установление 25 коэффициентов усиления K_e и K_m электростатического и магнитного подвесов в соотношении (1), а опорных напряженностей E_0 и H_0 электростатического и магнитного полей в рабочем зазоре подвеса - в соотношении (2).

Соотношения (1) и (2) обеспечивают взаимную компенсацию возмущающих моментов, прикладываемых к ротору со стороны электростатического и магнитного подвесов, и 30 обеспечивают снижение скорости уходов ротора, т.е. повышение точности гироскопического устройства.

Сущность физических явлений, поясняющих возможность снижения возмущающего момента, действующего на ротор при наличии отклонений его формы от сферической, состоит в том, что при совместной работе магнитного сверхпроводящего и 35 электростатического подвесов силы диамагнитного отталкивания сверхпроводящего подвеса и силы притяжения электростатического подвеса прикладываются к одним и тем же точкам ротора, направлены по нормали к поверхности ротора и имеют противоположные знаки, причем плотность указанных сил может быть выполнена одинаковой. Необходимо подчеркнуть, что, несмотря на различную физическую природу пондеромоторных сил, 40 действующих на ротор при совместной работе электростатического и сверхпроводящего магнитного подвеса (силы электростатические притягивают ротор к формирующему экрану, а силы диамагнитного взаимодействия отталкивают) подъемные силы обоих подвесов суммируются.

Возмущающие моменты, обусловленные несферичностью ротора как в 45 электростатическом подвесе, так и в магнитном, рассмотрены в ряде работ, например:

1. В.Г.Мартыненко. Уходы электростатического гироскопа, вызываемые несферичностью ротора. Изв. АН СССР. Механика твердого тела, 1970, №1, с.10-18.

2. Ю.М.Урман. Уводящие моменты, вызываемые несферичностью ротора, в подвесе с аксиально-симметричным полем. Изв. АН СССР. Механика твердого тела, 1973, №1, с.24- 50 31.

Так как силы подвеса нормальны к внешней поверхности ротора, то возмущающий момент, действующий на ротор, можно найти, используя выражение

$$M = \int_S \mathbf{f} \cdot (\mathbf{r} \times \mathbf{n}) dS, \quad (3)$$

где f - плотность сил, прикладываемых к элементу dS поверхности ротора S ;
 r - радиус-вектор, проведенный из центра масс к точкам поверхности S ;
 n - вектор нормали к поверхности S .

Если поверхность ротора имеет идеальную сферическую форму, то силы, действующие со стороны магнитного и электростатического подвесов, проходят через центр масс ротора и возмущающих моментов не возникнет.

Для оценки моментов, обусловленных несферичностью ротора, рассмотрим упрощенную модель подвеса (фиг.2). Будем полагать, что взвешиваемое тело имеет форму плоского диска толщиной h , а подвес образован системой четырех сверхпроводящих экранов - электродов S_1, S_2, S_5, S_6 , формирующих в рабочем зазоре магнитное и электрическое поля соответственно с напряженностью H и E . Положение системы координат O_1X_i ($i=1, 2, 3$), связанной с центром масс O_1 ротора по отношению к неподвижной системе координат $O\xi_i$, определяется углом χ и смещением ρ центра O_1 относительно центра O подвеса; направление оси O_1Y_3 , совмещенной с вектором ρ , определяется углом β , а оси $O_1\eta_i$ параллельны осям $O\xi_i$. Введем также систему полярных координат (r, ν) , (r, ν_1) и r, θ с полярными осями $O_1X_3, O_1Y_3, O_1\eta_3$ соответственно. Тогда определение интеграла по поверхности ротора в выражении (3) заменяется вычислением интеграла по длине дуги l , а возмущающие моменты всегда направлены по оси X_2 :

$$M = h \int_l f \cdot (r \times n) dl \quad (4)$$

Рассмотрим возмущающие моменты, обусловленные, например, малой эллипсоидальностью взвешиваемого тела. В этом случае управление его рабочей поверхности может быть представлено в следующем виде:

$$r = r_0 [1 + v_2 P_2(\cos \vartheta)], \quad (5)$$

где v_2 - малый параметр; r_0 - средний радиус ротора;
 $P_2(\cos \vartheta)$ - полином Лежандра

$$P_2(\cos \vartheta) = \frac{1}{2} (3 \cos^2 \vartheta - 1). \quad (6)$$

Уравнение (5) описывает деформированную центробежными силами форму ротора. В общем виде плотности сил f_e и f_m , создаваемых на поверхности ротора магнитным и электрическим полями, определяются выражениями

$$f_m = -\frac{1}{2} \mu_0 H^2, \quad f_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 E^2, \quad (7)$$

где E, H - напряженности электрического и магнитного полей;
 ϵ_0, μ_0 - электрическая и магнитная постоянные.

В рассматриваемом случае выражения (7) принимают вид:

$$f_e = \frac{1}{2} \epsilon_0 \frac{E^2}{\Delta^2}, \quad f_m = -\frac{1}{2} \mu_0 \frac{H^2}{\Delta^2}, \quad (8)$$

где $E = u/\delta_0$, $\Delta = 1 - \frac{\rho}{\delta_0} \cos \theta_1$;

E, H - кусочно-постоянные функции, принимающие значения $E_k = \text{const}$, $H_k = \text{const}$ под каждым k -тым формирующим экраном;

δ_0 - зазор между поверхностью взвешиваемого тела и экранами при $\rho=0, v_2=0$; u - потенциал экрана.

Плотность момента, прикладываемого к ротору электрическим и магнитным подвесом, относительно оси X_2 определяется выражением:

$$m = -r_0 h (f_e - f_m) v_2 P_2'(\cos \vartheta) \sin \vartheta, \quad (9)$$

где $P_2'(\mu) = \frac{\partial P_2(\mu)}{\partial \mu}$, $\mu = \cos \vartheta$.

Используя соотношения $\cos \theta_1 = \cos(\theta - \beta)$, $\sin \vartheta = \sin(\theta - \chi)$,

а также учитывая, что при малых относительных смещениях $\rho_o = \rho \frac{1}{\delta_o}$ имеет место

разложение

$$5 \quad \alpha(\rho_o) = \frac{1}{\Delta 2} \approx 1 + 2\rho_o \cos \theta_1 + 3\rho_o^2 \cos^2 \theta_1 \quad (10)$$

(9) можно представить в виде:

$$m = v_{2o} \left(\frac{1}{2} \varepsilon_o E^2 - \frac{1}{2} \mu_o H^2 \right) \alpha(\rho_o) \sin 2(\theta - \chi), \quad (11)$$

$$10 \quad \text{где } v_{2o} = -\frac{3}{2} r_o v_2 \quad - \text{разность между наибольшей и наименьшей полуосями,}$$

характеризующая эллипсоидальность взвешиваемого тела.

Учитывая (4), (6) и (11), получим формулу для уводящего момента, обусловленного действием сил со стороны к-ого экрана:

$$15 \quad M_k = v_{2o} r_o h \int \left(\frac{1}{2} \varepsilon_o E_k^2 - \frac{1}{2} \mu_o H_k^2 \right) \alpha(\rho_o) \sin 2(\theta - \chi) d\theta \quad (12)$$

Пределы интегрирования в выражении (12) определяются углом (фиг.2):

$$S_1 \quad \frac{\pi}{2} - \Psi \leq \theta \leq \frac{\pi}{2} + \Psi \quad S_2 \quad \frac{3\pi}{2} - \Psi \leq \theta \leq \frac{3\pi}{2} + \Psi \quad (13)$$

$$20 \quad S_5 \quad -\Psi \leq \theta \leq \Psi \quad S_6 \quad \pi - \Psi \leq \theta \leq \pi + \Psi$$

Система взвешивания управляет напряженностями электрического и магнитного полей в рабочем зазоре таким образом, чтобы при смещениях взвешиваемого тела была обеспечена устойчивая работа как электростатического, так и магнитного полей:

$$E_{2i-1} = E_o(1 - K_e \rho_{\xi i}), \quad E_{2i} = E_o(1 + K_e \rho_{\xi i}), \quad (14)$$

$$25 \quad H_{2i-1} = H_o(1 + K_m \rho_{\xi i}), \quad H_{2i} = H_o(1 - K_m \rho_{\xi i}),$$

$i=1,3$ - порядковый номер оси подвеса;

$\rho_{\xi 1} = \rho_o \sin \beta$, $\rho_{\xi 3} = \rho_o \cos \beta$ - проекции смещения на оси подвеса;

K_e , K_m - коэффициенты усиления следящих систем электрического и магнитного

30 подвесов;

E_o , H_o - опорные значения напряженностей электрического и магнитного полей.

Выполнив интегрирование в соответствии с (12) и просуммировав моменты от действия сил со стороны всех формирующих экранов, получим следующее выражение для возмущающего момента:

$$35 \quad M = M' + M'' + M'''$$

$$M' = m_o \rho_o^2 \left(K_e^2 \frac{\varepsilon_o}{2} E_o^2 - K_m^2 \frac{\mu_o}{2} H_o^2 \right) \sin 2\Psi \left[\sin 2(\chi - \beta) + \sin 2(\chi + \beta) \right];$$

$$40 \quad M'' = m_o \rho_o^2 4 \left(K_e \frac{\varepsilon_o}{2} E_o^2 - K_m \frac{\mu_o}{2} H_o^2 \right) \left[\sin \Psi \cdot \sin 2(\chi - \beta) + \frac{1}{3} \sin 3\Psi \cdot \sin 2(\chi + \beta) \right]; \quad (15)$$

$$M''' = m_o \rho_o^2 6 \left(\frac{\mu_o}{2} H_o^2 - \frac{\varepsilon_o}{2} E_o^2 \right) \left[\Psi \cdot \sin 2(\chi - \beta) + \frac{1}{4} \sin 4\Psi \cdot \sin 2(\chi + \beta) \right];$$

$$m_o = r_o h v_{2o}$$

45 Выражение (15) показывает, что возмущающий момент пропорционален несферичности v_{2o} ротора и квадрату смещения ρ_o ротора относительно центра подвеса и определяется параметрами как магнитного, так и электрического подвесов. Кроме того, момент, действующий на ротор в управляемом магнитном подвесе ($E_o=0$, $K_e=0$) носит характер второй гармоники, причем наибольший вес имеет составляющая M' момента,
50 содержащая квадрат коэффициента усиления K_m^2 , который в нормально функционирующем подвесе имеет порядок 10^2 . Указанная составляющая имеет место при угловых отклонениях χ вектора кинетического момента от оси электрода, т.е. при использовании гироскопического устройства в бескарданных навигационных системах. Введение

электростатических сил в подвесе дает возможность полностью ликвидировать составляющую M' момента, если параметры электростатического и магнитного подвесов удовлетворяют равенству:

$$5 \quad K_e^2 \frac{\epsilon_0}{2} E_0^2 - K_m^2 \frac{\mu_0}{2} H_0^2 = 0,$$

откуда следует соотношение (1):

$$\frac{K_e}{K_m} = \frac{H_0}{E_0} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}.$$

10 Второе соотношение вытекает из условия обеспечения равенства нулю составляющей M'' момента (15):

$$\frac{\mu_0}{2} H_0^2 - \frac{\epsilon_0}{2} E_0^2 = 0,$$

откуда можно получить:

$$15 \quad \frac{H_0}{E_0} = \sqrt{\frac{\epsilon_0}{\mu_0}}.$$

Таким образом, совместное применение магнитного сверхпроводящего и электростатического подвесов позволяет воздействовать на моментные характеристики подвеса и снизить уровень возмущающего момента до значения, определяемого составляющей M'' , т.е. повысить точность гироскопического устройства.

Оценка показывает, что при выполнении соотношений (1) и (2) принципиальных затруднений не возникает. Например, при значениях опорных напряженностей $H_0=0,5$, $H_k=1,12 \cdot 10^5$ А/м и $E_0=0,5$, $E_k=1 \cdot 10^7$ В/м, где H_k - критическое значение магнитного поля для ниобия, E_k - пробивная напряженность электрического поля, отношение коэффициентов усиления K_e и K_m (при $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ г/м, $\epsilon_0=8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м) составляет $K_e/K_m \approx 2$.

Таким образом, повышение точности криогенного гироскопического устройства достигается за счет регулировки системы взвешивания ротора при включенном электростатическом подвесе и установления в процессе настройки соотношения (1) и (2) между параметрами электростатического и магнитного сверхпроводящего подвесов, в отличие от известного технического решения, где после окончания разгона ротора вспомогательный электростатический подвес отключают и дальнейшая работа устройства осуществляется только с использованием сверхпроводящего магнитного подвеса.

Технико-экономическая эффективность предлагаемого изобретения заключается в повышении точности и надежности гироскопических устройств, а, следовательно, и в повышении точности и надежности навигационных систем, в которых они применяются.

Формула изобретения

40 Способ настройки криогенного гироскопа, включающий взвешивание ротора в электростатическом подвесе, сообщение ротору угловой скорости, охлаждение устройства до сверхпроводящего состояния, взвешивание ротора в сверхпроводящем магнитном подвесе и измерение скорости уходов криогенного гироскопа, отличающийся тем, что, с целью повышения точности настройки криогенного гироскопа путем уменьшения уровня возмущающих моментов, взвешивание ротора криогенного гироскопа в сверхпроводящем магнитном подвесе осуществляют при включенном электростатическом подвесе, при этом выполняется следующее условие:

$$50 \quad \frac{K_e}{K_m} = \frac{H_0}{E_0} \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}},$$

где K_e , K_m - коэффициенты усиления электростатического и магнитного подвесов;
 E_0 , H_0 - опорные значения напряженностей электрического и магнитного полей в рабочем зазоре подвеса;

μ_0, ϵ_0 - магнитная и электрическая постоянные.

5

10

15

20

25

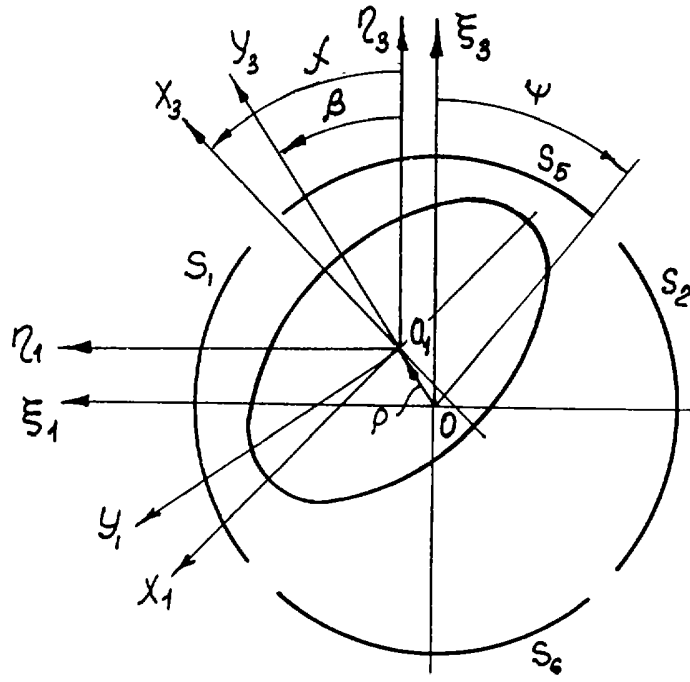
30

35

40

45

50



Фиг. 2