



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
G01N 24/08 (2023.05)

(21)(22) Заявка: 2023101423, 24.01.2023

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
24.01.2023

Дата регистрации:  
25.08.2023

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 24.01.2023

(45) Опубликовано: 25.08.2023 Бюл. № 24

Адрес для переписки:  
197046, Санкт-Петербург, ул.Малая Посадская,  
30, АО "Концерн "Центральный научно-  
исследовательский институт "Электроприбор",  
Попов Александр Борисович

(72) Автор(ы):  
Вершовский Антон Константинович (RU),  
Петров Владимир Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Акционерное общество "Концерн  
"Центральный научно-исследовательский  
институт "Электроприбор" (RU)

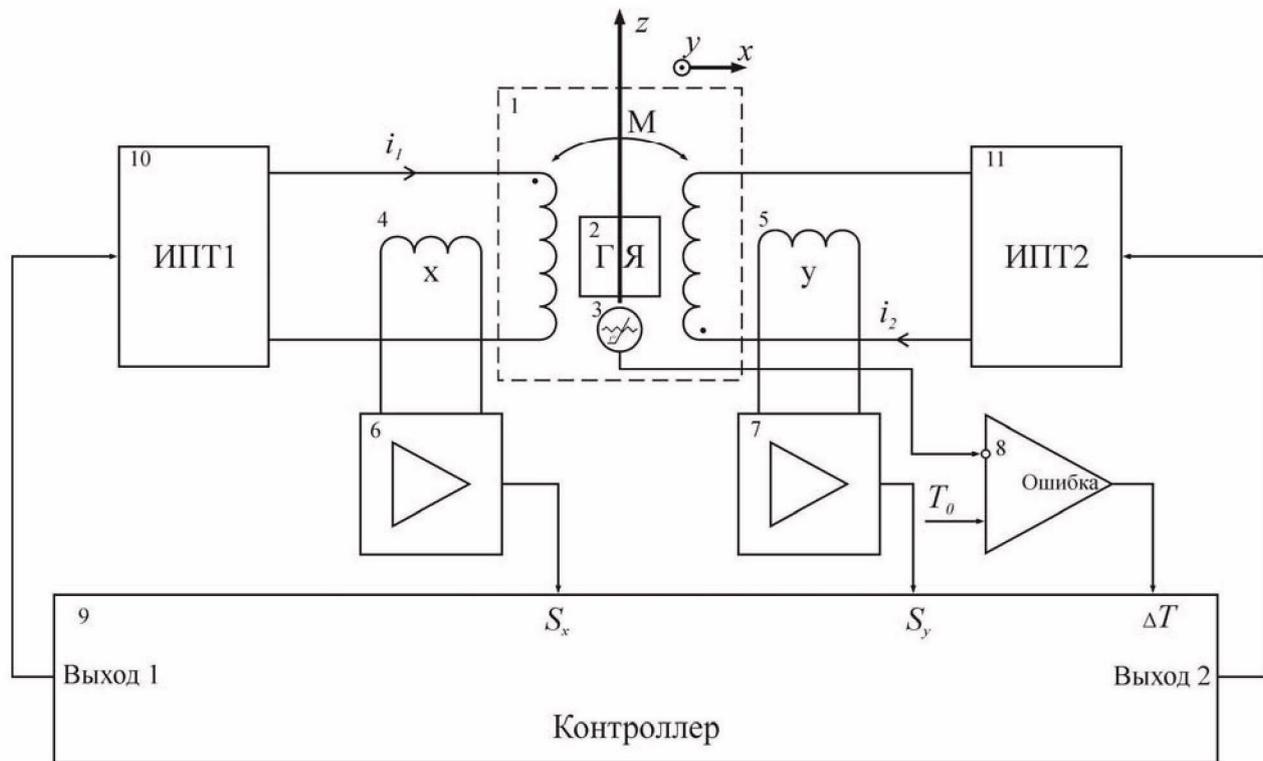
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: US 8487729 B2, 16.07.2013. US  
8330566 B2, 11.12.2012. EP 2392015 B1, 03.07.2019.  
US 20120177503 A1, 12.07.2012. US 20100088675  
A1, 08.04.2010. RU 2319138 C1, 10.03.2008. US  
5572451 A1, 05.11.1996. US 8138760 B2,  
20.03.2012. SU 881594 A1, 15.11.1981. JP 11160405  
A, 18.06.1999. Афанасьев Ю.В. и др., Средства  
измерений параметров магнитного поля //  
(см. прод.)

(54) Способ одновременной генерации магнитного поля и термостабилизации квантового датчика вращения и устройство для его реализации

(57) Реферат:

Изобретение относится к гироскопам на основе явления ядерного магнитного резонанса, а именно к средству одновременной генерации магнитного поля и термостабилизации квантового датчика вращения. Устройство содержит соленоид, газовые ячейки (ГЯ), термодатчик, приёмные катушки поперечных полей, усилитель сигналов поперечных полей, усилитель сигнала ошибки термодатчика, контроллер управления температурой и частотой прецессии Лармора в поперечных катушках. К выходу контроллера подключены два ИПТ, нагруженные на обмотки прямого и обратного токов ( $i_1$ ,  $i_2$ ) соленоида для обеспечения суммарного и разностного токов стабилизации

температуры и магнитного поля. В результате обработки входных сигналов контроллер 9 формирует сигналы управления на выходах 1 и 2 такие, что ИПТ 10 и 11 формируют токи  $i_1$  и  $i_2$  соответственно, позволяющие в сумме ( $i_1+i_2$ ) нагреть ячейку 2 до температуры  $T_0$  с удержанием её на требуемом для квантовой системы уровне точности, а разностному току ( $i_1-i_2$ ) создать и удерживать постоянное магнитное поле  $B_z$  на необходимом уровне точности. Техническим результатом является избавление от паразитных магнитных наводок, созданных нагревателем, и неконтролируемого нагрева, созданного магнитными катушками. 2 н.п. ф-лы, 3 ил.



Фиг. 3

(56) (продолжение):

Л.: Энергия, Ленинградское отделение, 1979, с. 41-50.

RU 2802341 C1

RU 2802341 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*G01N 24/08 (2023.05)*

(21)(22) Application: **2023101423, 24.01.2023**

(24) Effective date for property rights:  
**24.01.2023**

Registration date:  
**25.08.2023**

Priority:

(22) Date of filing: **24.01.2023**

(45) Date of publication: **25.08.2023** Bull. № 24

Mail address:

**197046, Sankt-Peterburg, ul.Malaya Posadskaya,  
30, AO "Kontsern "Tsentralnyj nauchno-  
issledovatel'skij institut "Elektroribor", Popov  
Aleksandr Borisovich**

(72) Inventor(s):

**Vershovskii Anton Konstantinovich (RU),  
Petrov Vladimir Igorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Kontsern  
"Tsentralnyi nauchno-issledovatel'skii institut  
"Elektroribor" (RU)**

(54) **METHOD FOR SIMULTANEOUS GENERATION OF A MAGNETIC FIELD AND THERMAL STABILIZATION OF A QUANTUM ROTATION SENSOR AND A DEVICE FOR ITS IMPLEMENTATION**

(57) Abstract:

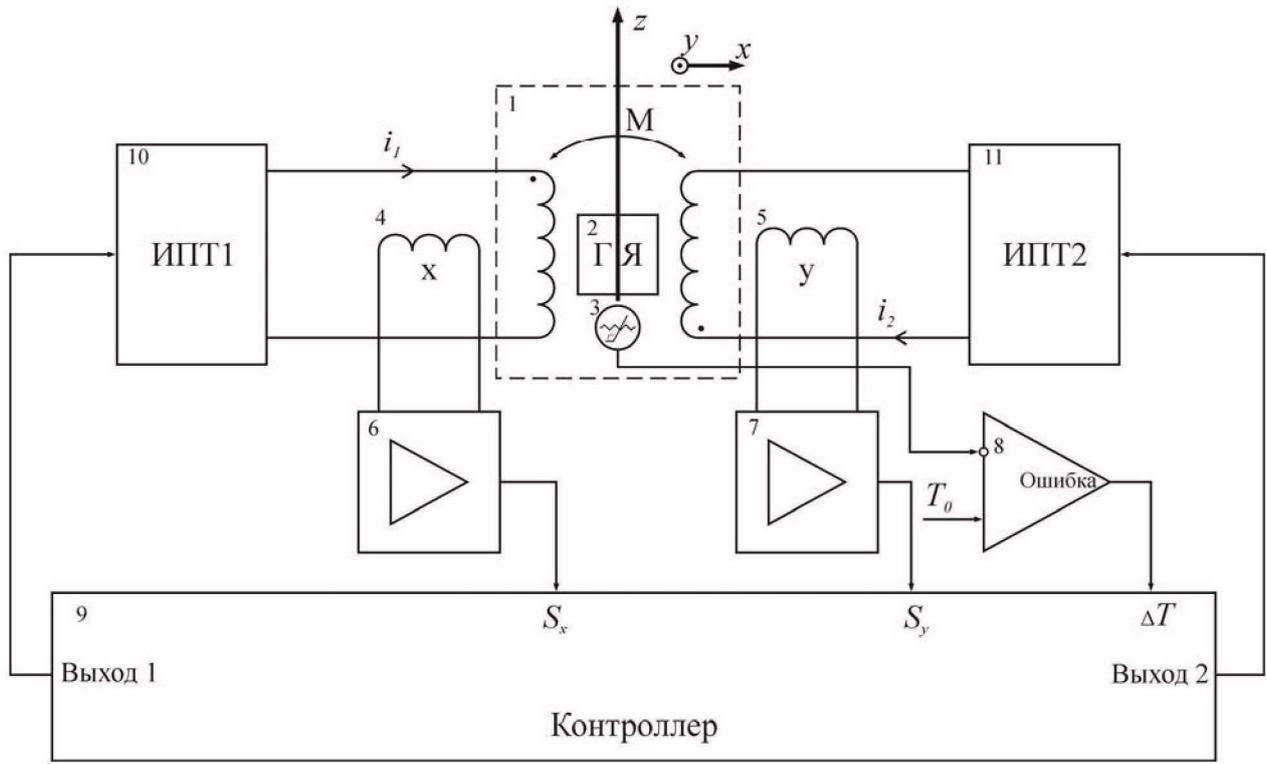
FIELD: gyroscopes.

SUBSTANCE: invention is based on the phenomenon of nuclear magnetic resonance, namely to a means of simultaneous generation of a magnetic field and thermal stabilization of a quantum rotation sensor. The device contains a solenoid, gas cells (GC), a temperature sensor, transverse field receiving coils, a transverse field signal amplifier, a temperature sensor error signal amplifier, a controller for controlling temperature and Larmor precession frequency in transverse coils. Two DC sources are connected to the controller output, loaded on the windings of direct and reverse currents ( $i_1$ ,  $i_2$ ) of the solenoid to provide total and differential currents for stabilizing the temperature

and magnetic field. As a result of processing input signals, controller 9 generates control signals at outputs 1 and 2 such that DC sources 10 and 11 generate currents  $i_1$  and  $i_2$ , respectively, allowing in total ( $i_1+i_2$ ) to heat cell 2 to temperature  $T_0$  with retention it at the level of accuracy required for a quantum system, and the difference current ( $i_1-i_2$ ) to create and maintain a constant magnetic field  $B_z$  at the required level of accuracy.

EFFECT: getting rid of parasitic magnetism created by the heater and uncontrolled heating created by magnetic coils.

3 cl, 3 dwg



Фиг. 3

RU 2802341 C1

RU 2802341 C1

Изобретение относится к гироскопам на основе явления ядерного магнитного резонанса (далее - ЯМР) и предназначено для контроля и поддержания необходимого постоянного магнитного поля и заданной температуры в объеме рабочей газовой ячейки (далее - ГЯ).

5 Известен способ поддержания стабильного равномерного магнитного поля при помощи соленоида, расположенного соосно с осью чувствительности квантового датчика вращения (далее - КДВ) гироскопа на ЯМР [1, 2]. Также известен способ термостатирования ГЯ при помощи термоконтроллера, использующего отдельный немагнитный нагреватель [3]. Недостатками отдельного термостатирования и  
10 стабилизации магнитного поля является усложнение схемы построения КДВ, неконтролируемый нагрев, вызванный током, протекающим по соленоиду магнитной системы, неуправляемое паразитное магнитное поле, создаваемое нагревателем системы термостатирования ГЯ, необходимость иметь отдельно соленоид и нагреватель. Для подавления паразитного магнитного поля нагревателя применяется нагрев переменным  
15 током и бифилярная намотка с возможностью перебивания проводников или встречно-параллельная разводка печатных проводников нагревателя ГЯ [3 - 6]. Однако применение переменного тока в нагревателе приводит к возникновению наводки на частоте тока нагрева и её гармониках. Эта наводка взаимодействует с сигналами прецессии магниточувствительных атомов квантовой системы ГЯ и создаёт перекрёстные  
20 помехи, которые могут вносить вклад в погрешность КДВ гироскопа.

В составе аналогичных КДВ в настоящее время функцию нагревателя газовой ячейки выполняет отдельное устройство, содержащее максимально немагнитный нагреватель, например предложенный в патенте [3] и термодатчик, под управлением термоконтроллера, обеспечивающего высокоточное поддержание заданной  
25 температуры.

За прототип предлагаемого устройства принят соленоид, описанный в [7 - 11]. Такой соленоид, состоящий из одной обмотки (катушки), создаёт максимально однородное магнитное поле во внутреннем объёме. Соленоид прототипа не поддерживает функцию нагревателя. Предусматривается нагрев газовой ячейки КДВ отдельным нагревателем  
30 [3], входящим в систему управления температурой наряду с термодатчиком и контроллером.

На фиг.1 показаны варианты построения соленоида, совмещающего функции нагревателя и источника магнитного поля с однослойной обмоткой, выполненной витой парой из проводников для тока прямого и обратного направления:

- 35 а) соленоид на основе прототипа [7 - 11] с максимально однородным внутренним полем,
- б) соленоид на основе прототипа [7 - 11] на цилиндрическом каркасе с переменным шагом намотки,
- в) соленоид Ампера [12],
- 40 д) соленоид на основе катушки Баркера [12].

Во всех случаях пунктирная линия обозначает вертикальную центральную ось.

Соленоид, создающий магнитное поле, может включать в себя проводящую катушку, радиус которой вокруг центральной оси определяется составным выражением в каждой точке центральной оси (фиг. 1а). Таким образом, магнитный соленоид может быть по  
45 существу симметричным относительно плоскости в средней точке магнитного соленоида вдоль внутренней оси.

Может быть применён соленоид, имеющий цилиндрическую поверхность образующей, но переменную плотность намотки по длине (фиг. 1б). Максимальное значение

расстояния между витками примерно соответствует центральной точке. Например, последовательное расстояние между витками может быть симметричным относительно центральной точки по длине магнитного соленоида. В результате неравномерного расстояния между витками магнитный соленоид может иметь по существу однородное магнитное поле во внутреннем объеме образующей поверхности. Оба этих варианта конструкции соленоида [7 - 11] могут быть рассмотрены в качестве прототипа.

Также известны соленоид Ампера, состоящий из протяжённой цилиндрической катушки (фиг. 1 *с*), секционированный соленоид в виде катушки Баркера (фиг. 1 *д*), и ряд других, рассмотренных в [12].

Недостатки прототипа: необходимость отдельного термостатирования и стабилизации магнитного поля приводит к усложнению схемы построения КДВ, неконтролируемому нагреву, вызванному током, протекающим по соленоиду магнитной системы, неуправляемой паразитной магнитной индукции, создаваемой нагревателем системы термостатирования ГЯ, необходимость иметь отдельно соленоид и нагреватель. Кроме того, для подавления паразитной магнитной индукции нагревателя применяется нагрев переменным током, приводящий к возникновению помех на частоте нагрева и её гармониках, что может служить источником систематической погрешности КДВ.

Решаемая техническая проблема - улучшение условий функционирования квантовой системы ГЯ, сопровождающееся упрощением схемы КДВ.

Достижимый технический результат: избавление от паразитных магнитных наводок, созданных нагревателем, и неконтролируемого нагрева, созданного магнитными катушками. Кроме того, исключается необходимость использования переменного тока для нагрева и необходимость отдельного нагревателя.

Предлагаемый способ: способ одновременной генерации магнитного поля и термостабилизации квантового датчика вращения, заключающийся в выработке соленоидом под управлением контроллера необходимых для функционирования квантовой системы газовой ячейки температуры газовой смеси и магнитного поля, задающего ось чувствительности, отличающийся тем, что соленоид имеет две обмотки, предназначенные для пропускания двух противоположных токов, при этом обмотки соленоида питаются постоянным током, а сумма этих токов определяет тепловыделение системы и используется для нагрева внутреннего объёма соленоида, включая газовую ячейку.

Реализация предлагаемого способа и устройства достигается путем совмещения функций источника постоянного магнитного поля, задающего ось чувствительности КДВ, и нагревательного элемента системы термостатирования ГЯ в одном конструктивном узле в соленоиде с особой организацией обмоток.

На фиг.2 представлены: *a*) - принципиальная схема соленоида, *b*) - предлагаемая конструкция организации обмоток соленоида. Обозначения на фиг. 2:

*M* - магнитная связь между обмотками;

$i_1$  - постоянный ток первой обмотки;

$i_2$  - постоянный ток второй обмотки.

Предлагается выполнить намотку соленоида из двух взаимосвязанных, встречно включенных обмоток - фиг. 2*a*. При этом обмотки соленоида питаются постоянным током, что исключает создание наводок на частоте переменного тока нагрева и её гармониках.

Такое включение обмоток соленоида позволяет одновременно реализовать две функции:

- источника магнитного поля, пропорционального разности протекающих токов ( $i_1 - i_2$ ).

- нагревателя, тепловыделение которого, пропорционально суммарному току в обмотках ( $i_1 + i_2$ ), сумма этих токов определяет тепловыделение системы и используется для нагрева внутреннего объема соленоида, включая газовую ячейку;

В предлагаемой конструкции организации обмоток соленоида (фиг. 2b), создающего максимально однородное магнитное поле, число слоёв намотки обмоток должно соответствовать  $2^N$ , где  $N$  - целое число,  $\geq 0$ , что обеспечит снижение паразитных наводок нагревателя.

На фиг. 3 представлена структурная схема предлагаемого устройства одновременной генерации магнитного поля и термостабилизации КДВ, функционирующего на предлагаемом способе, где:

1 - соленоид, состоящий из двух обмоток с магнитной связью;

2 - газовая ячейка КДВ (далее - газовая ячейка);

3 - термодатчик;

4 - катушка приёма сигнала поперечной проекции вектора магнитного поля на ось  $x$ ;

5 - катушка приёма сигнала поперечной проекции вектора магнитного поля на ось  $y$ ;

6 - усилитель сигнала поперечной проекции вектора магнитного поля на ось  $x$ ;

7 - усилитель сигнала поперечной проекции вектора магнитного поля на ось  $y$ ;

8 - усилитель сигнала ошибки термодатчика;

9 - контроллер;

10 - источник постоянного тока  $i_1$  (далее - ИПТ1);

11 - источник постоянного тока  $i_2$  (далее - ИПТ2);

М - магнитная связь;

$z$  - ось чувствительности КДВ, совпадающая с продольной осью предлагаемого соленоида 1 и осью квантования квантовой системы ГЯ 2;

$x, y$  - поперечные оси магнитной системы КДВ;

$S_x, S_y$  - входные сигналы контроллера, необходимые для стабилизации магнитного поля;

$T_0$  - предустановленное значение рабочей температуры ГЯ;

$\Delta T$  - сигнал ошибки по температуре.

Управление источником магнитного поля и нагревателем осуществляется контроллером, входящим в состав электронной части схемы КДВ. Данный контроллер управляет двумя источниками постоянного тока (ИПТ), суммарный выходной ток которых обеспечивает нагрев катушек соленоида до температуры, необходимой для функционирования ГЯ. Разность токов поддерживается на значении, необходимом для создания постоянного продольного магнитного поля, создающего ось квантования гироскопа на ЯМР. Контроллер поддерживает в замкнутом состоянии управление нагревом и магнитным полем и обеспечивает необходимый уровень стабилизации соответствующих параметров в соответствии с требованиями квантовой системы гироскопа на ЯМР.

В качестве предлагаемого соленоида, совмещающего две функции (источника магнитного поля и нагревательного элемента) одновременно, может применяться протяжённая катушка или группа соосных узких колец (катушка Баркера), имеющая

обмотку из  $2^N$  (где  $N$  - целое число,  $\geq 0$ ) количества слоёв намотки с созданием витой пары или параллельных линий в случае печатного способа изготовления из проводников для прямого и обратного направления тока ( $i_1, i_2$ ). При выполнении намотки или проектировании обмотки методом печатного монтажа (напыление, травление и т.п.) следует учитывать рекомендации по сочетанию проводников для прямого и обратного направления тока [3]. При полном совпадении прямого и обратного тока в такой катушке отсутствует магнитное поле. Однако при независимом управлении указанными токами такая катушка генерирует магнитное поле, пропорциональное разности питающих её токов.

Предлагаемый способ заключается в следующем:

1. Соленоид, построенный по схеме фиг. 2а, имеющий две магнитосвязанные обмотки, варианты конструкции которого представлены на фиг. 1(а-д), и 2б, вырабатывает постоянное однородное магнитное поле, пропорциональное разности питающих его обмотки электрических токов ( $i_1 - i_2$ ).

2. Соленоид вырабатывает тепловое излучение, пропорциональное сумме питающих его обмотки электрических токов ( $i_1 + i_2$ ), обеспечивающее функционирование ГЯ при заданной температуре, необходимой для организации квантовой системы внутри ГЯ.

3. Управление нагревом и магнитным полем осуществляется контроллером. Для высокоточного поддержания необходимых значений индукции магнитного поля и температуры осуществляется поддержание магнитного и теплового контуров в замкнутом состоянии при помощи сигналов поперечной проекции вектора магнитного поля на оси  $x$  и  $y$  КДВ и термодатчика, участвующих в формировании входных сигналов контроллера  $S_x, S_y$  и  $\Delta T$ .

4. Термодатчик выполняет функцию измерения температуры ГЯ. Располагается вблизи технологического отростка ГЯ, служащего резервуаром щелочного металла (ЩМ), температура которого конструктивно обеспечивается минимальной по отношению к остальным частям ГЯ. Градиент температур не превышает  $0,1^\circ\text{C}$ , но он должен быть, для того чтобы при остывании ячейки в неактивном состоянии КДВ, ЩМ, содержащийся в ней конденсировался обратно в технологический отросток, предупреждая тем самым нежелательную металлизацию стенок ГЯ. Стабилизатор температуры поддерживает температуру именно отростка, обеспечивая точно выверенное испарение атомов ЩМ в рабочий объём ГЯ. В качестве термодатчика могут быть применены различные немагнитные терморезисторы, например, платиновые, полупроводниковые или специально изготовленные проволочные термодатчики, намотанные с соблюдением правил подавления создаваемого ими магнитного поля, предложенным в [4, 5].

5. Поперечные составляющие сигналов прецессии квантовой системы ГЯ. Внутри работающей ГЯ создаются макроскопические магнитные моменты атомов, составляющих рабочую газовую смесь - паров ЩМ и инертных газов. Каждый из них в магнитном поле прецессирует на своей частоте. Под действием внешнего вращения корпуса КДВ относительно оси чувствительности  $z$  наблюдаемая частота прецессии магнитных моментов, соответствующих инертным газам смещается, что является основой для определения скорости вращения. Однако сумма частот этой прецессии остаётся неизменной и используется для стабилизации продольного магнитного поля  $B_z$ . Сигналы, содержащие информацию о прецессирующих магнитных моментах считываются специальными катушками, сориентированными по поперечным осям  $x$  и  $y$  ГЯ и соленоида.

Для высокоточной стабилизации магнитного поля на необходимом значении осуществляется поддержание магнитной системы в замкнутом состоянии при помощи контроллера, использующего входные сигналы  $S_x$  и  $S_y$ .

5 Реализующее способ устройство (фиг.3) содержит: предлагаемый соленоид; термодатчик, расположенный вблизи самой холодной части ГЯ - отростка для хранения щелочного металла; приёмные катушки поперечных ( $x$  и  $y$ ) полей, усилители сигналов поперечных составляющих магнитного поля; усилитель сигнала ошибки термодатчика; контроллер управления температурой и магнитным полем соленоида; два ИПТ, подключенные к выходу контроллера и нагруженные на обмотки прямого и обратного  
10 токов соленоида для обеспечения суммарного и разностного токов для стабилизации температуры и магнитного поля.

Предлагаемое устройство работает следующим образом.

Соленоид 1 образует магнитное поле  $B_z$  в направлении  $z$ , на перпендикулярных  
15 направлениях  $x$  и  $y$  возникают сигналы проекций прецессии магнитного момента атомов, составляющих квантовую систему ГЯ. Квантовая система, образующаяся в газовой среде ГЯ 2, при соответствии рабочей температуры ячейки необходимому значению, под действием магнитного поля  $B_z$  задающего ось чувствительности КДВ и измеряемого вращения вокруг этой оси генерирует сигналы прецессии квантовых объектов (атомов,  
20 ядер содержащихся в ней газов), которые воспринимаются поперечными катушками 4 и 5. После необходимого усиления усилителями 6, 7 эти сигналы  $S_x$ ,  $S_y$  поступают на соответствующие входы контроллера 9 для стабилизации магнитного поля. На третий вход контроллера 9 поступает сигнал ошибки по температуре  $\Delta T$ , сформированный усилителем сигнала температурной ошибки 8 на основе сравнения сигнала термодатчика 3 с  
25 предустановленным значением рабочей температуры газовой ячейки  $T_0$ . В результате обработки входных сигналов контроллер 9 формирует сигналы управления на выходах 1 и 2 такие, что ИПТ 10 и 11 формируют токи  $i_1$  и  $i_2$  соответственно, позволяющие в сумме ( $i_1+i_2$ ) нагреть ячейку 2 до температуры  $T_0$  с удержанием её на требуемом для  
30 квантовой системы уровне точности, а разностному току ( $i_1-i_2$ ) создать постоянное магнитное поле  $B_z$  и удерживать его на необходимом уровне точности.

Возможность достижения технического результата обеспечивается конструкцией соленоида. Каждая катушка из двух, составляющих предлагаемый соленоид, создаёт магнитное поле направленное во взаимно противоположных направлениях. Векторное  
35 суммирование этих полей даёт равнодействующий вектор поля  $B_z$ , направленный в направлении, соответствующем направлению большего по модулю из векторов  $B_1$  или  $B_2$ , соответствующим токам  $i_1$  и  $i_2$ . Разностный ток ( $i_1-i_2$ ) нигде физически не протекает, нагрева и магнитного поля не создаёт. Следовательно, полностью исключается неконтролируемый нагрев, создаваемый магнитными катушками. Следящая система  
40 автоматического регулирования контролирует всё остаточное магнитное поле  $B_z$  и может быть построена таким образом, что благодаря применению интегрирующего звена в контроллере, ошибка сводится к нулю. Аналогично, всё тепловыделение обеих составляющих соленоид катушек, соответствующее сумме токов  $i_1$  и  $i_2$  ( $i_1+i_2$ ) оказывается  
45 под управлением своей следящей системы в структуре контроллера, включающей интегрирующее звено, сводящее к нулю ошибку по температуре.

При построении КДВ по обычной схеме, предусматривающей отдельную организацию однообмоточного соленоида, создающего магнитное поле и нагревательного элемента, ответственного за функцию нагрева ГЯ возникают

неконтролируемый нагрев и паразитное магнитное поле. Ниже приводятся возможные числовые значения параметров при организации датчика:

- продольное магнитное поле  $B_z = 10$  мкТл;

- рабочая температура ГЯ  $T = 80^\circ\text{C}$ ;

5 - постоянная катушки соленоида (коэффициент преобразования тока в магнитное поле)

$K_L = 2 \cdot 10^{-3}$  Тл/А;

10 - постоянная нагревательного элемента (коэффициент преобразования тока в магнитное поле)  $K_T = 5 \cdot 10^{-7}$  Тл/А;

- средний ток соленоида  $I_L = 5$  мА;

- максимальный ток нагревательного элемента  $I_T = 0,5$  А;

- тепловая мощность, выделяемая катушкой соленоида  $P_L = 275$  мкВт;

15 - индукция магнитного поля, создаваемая нагревательным элементом при питании постоянным током  $B_T = 250$  нТл.

Паразитные параметры, возникающие при отдельном создании магнитного поля и нагреве ячейки (тепловая мощность и индукция магнитного поля) не управляются регуляторами температуры и магнитного поля соответственно и служат причиной неконтролируемой систематической погрешности КДВ. Индукцию магнитного поля, создаваемую нагревательным элементом, можно в значительной степени подавить, используя для нагрева переменный ток, но при этом возникают перекрёстные биения частоты тока нагрева, её гармоник и частот прецессии квантовой системы внутри ГЯ, также приводящие к систематической погрешности датчика. Применение предлагаемого соленоида, состоящего из двух взаимосвязанных обмоток, позволяет полностью избежать этих проблем.

Таким образом достигается заявляемый технический результат.

Источники информации:

1. Патент EP 2666037. Gyroscope System Magnetic Field Error Compensation
- 30 2. Патент US 8600691 B2. Gyroscope System Magnetic Field Error Compensation
3. Патент US 8138760 B2. Temperature System with Magnetic Field Suppression.
4. Патент US 5410127. Electric Blanket System with Reduced Electromagnetic Field.
5. Патент US 5572451. Ordering of Network Line Segments, in Particular for Calculation of Interferences Between Lines in an Electrical Network.
- 35 6. Патент RU 2319138. Устройство термостатирования образца в датчике магнитного резонанса.
7. Патент US 8487729 B2. Magnetic Solenoid for Generating a Substantially Uniform Magnetic Field.
8. Патент US 8330566 B2. Magnetic Solenoid for Generating a Substantially Uniform Magnetic
- 40 Field.
9. Патент EP 2392015. Magnetic Solenoid for Generating a Substantially Uniform Magnetic Field
10. Патент WO 2012/177503 A1. Magnetic Solenoid for Generating a Substantially Uniform Magnetic Field.
- 45 11. Патент WO 2010/088675 A1. Magnetic Solenoid for Generating a Substantially Uniform Magnetic Field.
12. Ю.В. Афанасьев, Н.В. Студенцов, В.Н. Хорев, Е.Н. Чечурина, А.П. Щелкин. Средства измерений параметров магнитного поля // Л.: Энергия, Ленинградское

отделение, 1979, с. 41-50.

(57) Формула изобретения

1. Способ одновременной генерации магнитного поля и термостабилизации  
5 квантового датчика вращения, заключающийся в выработке соленоидом под  
управлением контроллера необходимых для функционирования квантовой системы  
газовой ячейки температуры газовой смеси и магнитного поля, задающего ось  
чувствительности, отличающийся тем, что соленоид имеет две обмотки, предназначенные  
10 для пропускания двух противоположных токов, при этом обмотки соленоида  
питаются постоянным током, а сумма этих токов определяет тепловыделение системы  
и используется для нагрева внутреннего объема соленоида, включая газовую ячейку.

2. Устройство для реализации способа одновременной генерации магнитного поля  
и термостабилизации квантового датчика вращения, состоящее из соленоида,  
нагревательного элемента и контроллера, отличающееся тем, что соленоид содержит  
15 две обмотки, предназначенные для пропускания двух противоположных постоянных  
токов, при этом соленоид создаёт магнитное поле, пропорциональное разности токов  
прямого и обратного направления, сумма этих токов определяет тепловыделение  
устройства и используется для нагрева внутреннего объема соленоида, включая газовую  
ячейку, а контроллер управляет суммой и разностью токов в обмотках.

20

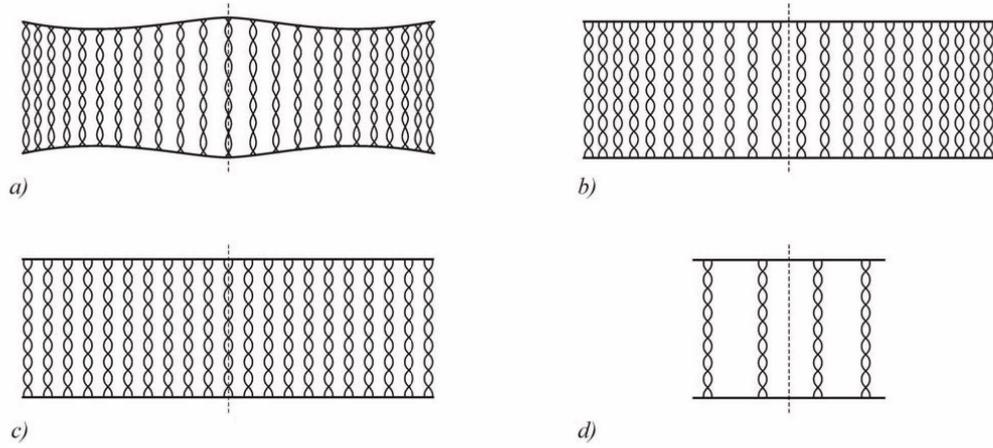
25

30

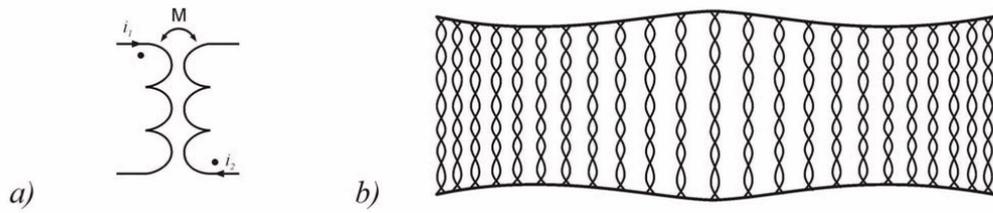
35

40

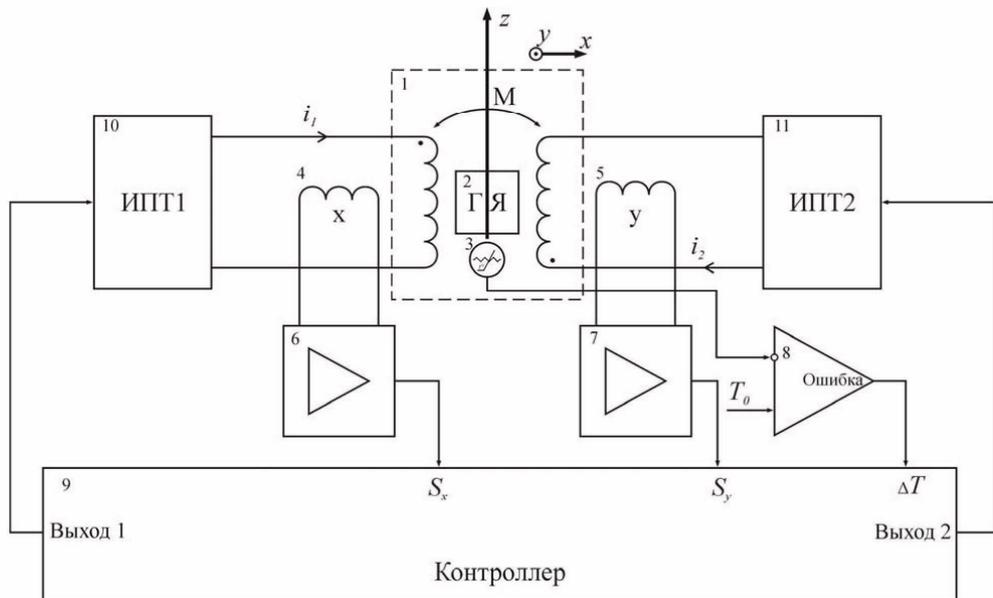
45



Фиг. 1



Фиг. 2.



Фиг. 3