

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



# ПАТЕНТ

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2153648

Российским агентством по патентам и товарным знакам на основании Патентного закона Российской Федерации, введенного в действие 14 октября 1992 года, выдан настоящий патент на изобретение

## ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ

Патентообладатель(ли):

*Балаковский институт техники, технологии и управления*

по заявке № 98119108, дата поступления: 19.10.1998

Приоритет от 19.10.1998

Автор(ы) изобретения:

*Увакин Валентин Федорович*

Патент действует на всей территории Российской Федерации в течение 20 лет с 19 октября 1998 г. при условии своевременной уплаты пошлины за поддержание патента в силе

Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений Российской Федерации

г. Москва, 27 июля 2000 г.

Генеральный директор

А.Д. Коровин





РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) RU (11) 2153648 (13) C2  
(51) 7 G 01 C 17/30, G 01 R 33/02

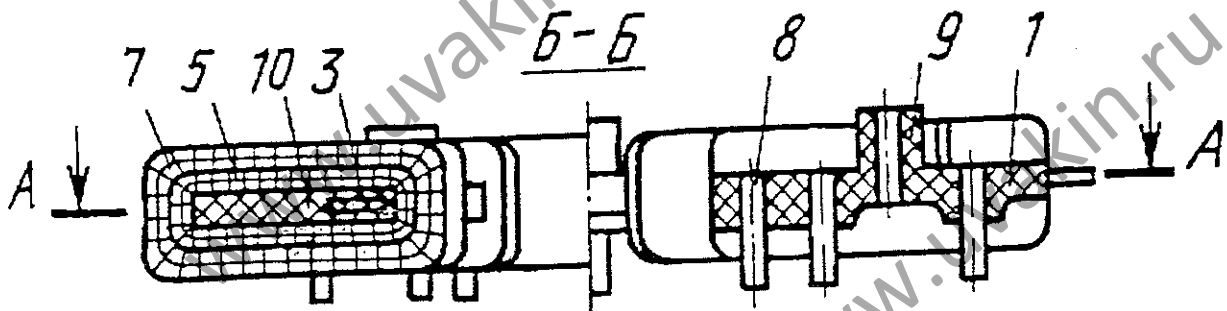
(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ**  
к патенту Российской Федерации

1

(21) 98119108/09 (22) 19.10.1998  
(24) 19.10.1998  
(46) 27.07.2000 Бюл. № 21  
(72) Увакин В.Ф.  
(71) (73) Балаковский институт техники,  
технологии и управления  
(56) SU 1500055, A1, 20.04.1996. SU  
1732414 A1, 07.05.1992. RU 2052830, C1,  
31.01.1992. RU 2080676, C1, 27.05.1997. SU  
731403, A, 30.04.1980. US 3873914, A,  
25.03.1975. Чечерников В.И. Магнитные  
измерения. - М.: Издательство Московского  
университета, 1969, с.48-53, рис.26,27.  
(98) Саратовская обл., г. Балаково,  
ул. Чапаева, д. кв. , Увакину В.Ф.  
(54) ДАТЧИК МАГНИТНОГО ПОЛЯ  
(57) Использование: в малогабаритных ком-  
понентных магнитометрах и устройствах для  
определения ориентации движущихся объек-  
тов относительно геомагнитного поля. Тех-

2

нический результат - повышение точности  
измерения составляющих внешнего магнит-  
ного поля. Датчик магнитного поля содержит  
каркас с распределенными на нем обмоткой  
возбуждения и секциями измерительных  
обмоток, которые соединены попарно по двум  
ортогональным осям чувствительности и  
встречно по магнитодвижущим силам. Маг-  
нитопровод размещен в одной плоскости. Он  
состоит из четырех секторных кольцевых  
пластин с серповидными профилями концов  
с немагнитными зазорами между ними с  
возможностью смены и взаимного смещения  
пластин магнитопровода в процессе его  
симметрирования с подключенным техноло-  
гическим измерительным блоком. Углы в  
плане четырех секторных кольцевых канавок  
в каркасе составляют 85 - 95°. 1 з.п.ф.-лы,  
3 ил.



Фиг.1

RU 2153648 C2

RU 2153648 C2

Изобретение относится к области контрольно-измерительной техники, в частности к компонентным датчикам магнитного поля (магнитометрам) и устройствам для определения ориентации движущихся объектов относительно геомагнитного поля.

Известны двухкомпонентные датчики магнитного поля, содержащие каркас с обмоткой возбуждения и секциями измерительных обмоток, соединенными попарно по двум ортогональным осям чувствительности и встречно по магнитодвижущим силам, размещенный в кольцевой расточке магнитопровода, выполненный из четырех секторных кольцевых пластин, установленных попарно по осям чувствительности датчика с противоположных сторон немагнитной прокладки с частичным наложением концов смежных пластин, взаимно смещаемых при сборке [1].

Недостатками таких датчиков являются неоднородность магнитной цепи на участках наложения концов кольцевых секторных пластин магнитопровода, на которых индукция магнитного поля возбуждения изменяется от нулевого значения (на концах пластин) до максимального значения (на участке однородной магнитной цепи), что приводит к увеличению погрешности датчика от остаточной намагниченности, магнитного последействия, квадратурной (паразитной) составляющей ЭДС второй гармоники, обусловленной различием динамической петли гистерезиса, коэффициентов преобразования и фазы выходной ЭДС на элементарных участках неоднородной магнитной цепи ([2], с. 29, 73 - 78).

Известны также датчики магнитного поля, содержащие каркас с обмоткой возбуждения и секциями измерительных обмоток, соединенными попарно по двум ортогональным осям чувствительности и встречно по магнитодвижущим силам, размещенный в одной плоскости магнитопровода, состоящий из четырех секторных кольцевых пластин с серповидными профилями концов с немагнитными зазорами между ними, причем в центральной части каждой из секторных пластин выполнен радиальный паз, в котором расположен штифт введенного эксцентрика, закрепленного на каркасе [3].

Недостатками таких датчиков является нетехнологичность конструкции, приводящая к тому, что подобранные по магнитным характеристикам после окончательной термообработки четыре секторные кольцевые пластины устанавливаются в кольцевую расточку каркаса на штифтах с эксцентри-

ковым механизмом до намотки обмотки возбуждения и секций измерительных обмоток на каркасе датчика.

Применяемые для изготовления пластины магнитопровода датчика железоникелевые сплавы типа пермаллоя 8НМА весьма чувствительны к локальным механическим воздействиям каркаса и обмоток на пластины магнитопровода, приводящим даже при малых механических напряжениях к большим изменениям начальной  $\mu_n$  и максимальной  $\mu_{max}$  магнитной проницаемости, коэрцитивной силы  $H_c$  и остаточной индукции  $B_r$  материала пластин магнитопровода, которые могут достигать десятков процентов ([4], с. 17, 25), появлению асимметрии динамической кривой намагничивания материала пластин, что приводит к возрастанию напряжений дебаланса по 1-й и 3-й гармоникам в измерительных обмотках датчика и появлению в них четных гармоник напряжений дебаланса, пропорциональных амплитудным значениям нечетных гармоник напряжений ([2], с. 77-79), изменению коэффициентов преобразования по осям чувствительности датчика, снижению точности измерения составляющих магнитного поля.

За счет разомкнутой по полю возбуждения магнитной цепи датчика влияние изменений магнитных свойств материала пластин ( $\mu_n$ ,  $\mu_{max}$ ,  $H_c$ ,  $B_r$ ) на появление ложных сигналов по второй гармонике в измерительных обмотках датчика, а следовательно, и дополнительных погрешностей измерения составляющих магнитного поля будет ослаблено в зависимости от отношения динамической магнитной проницаемости материала пластин  $\mu_g$  к магнитной проницаемости формы магнитопровода по полю возбуждения в 20...80 раз. Однако для прецизионных датчиков магнитного поля такие погрешности недопустимы.

Технический результат, обеспечиваемый изобретением, выражается в повышении точности измерения составляющих внешнего магнитного поля за счет уменьшения напряжений дебаланса в измерительных обмотках датчика по 1-й, 2-й и 3-й гармоникам, обусловленных асимметрией магнитной цепи датчика по измерительным осям, что достигается конструктивным обеспечением возможности смены и взаимного смещения каждой из четырех секторных пластин в процессе симметрирования датчика с обмоткой возбуждения и измерительными обмотками с измерительным блоком 1-й, 2-й и 3-й гармоник выходных сигналов с учетом

механических воздействий каркаса с обмотками на пластины магнитопровода.

Это достигается тем, что датчик магнитного поля, содержащий каркас с обмоткой возбуждения и секциями измерительных обмоток, соединенными попарно по двум ортогональным осям чувствительности и встречно по магнитодвижущим силам, размещенный в одной плоскости магнитопровода, состоящий из четырех секторных кольцевых пластин с серповидными профилями концов с немагнитными зазорами между ними, по периметру каркаса намотана выполненная в виде соединенных последовательно по магнитодвижущим силам четырех секций обмотка возбуждения и четыре секции двух измерительных обмоток, а четыре секторные пластины магнитопровода установлены в четырех секторных кольцевых канавках каркаса с возможностью их смены и взаимного смещения, причем углы в плане четырех секторных кольцевых канавок в каркасе составляют  $85...95^\circ$ .

На фиг. 1 изображен предлагаемый датчик магнитного поля в разрезе; на фиг. 2 - разрез А - А на фиг. 1; на фиг. 3 - принципиальная электрическая схема датчика.

Датчик магнитного поля содержит каркас 1, в котором выполнены четыре секторные кольцевые канавки 2 прямоугольного сечения симметрично измерительным обмоткам датчика выпуклой частью к центру датчика с углом в плане  $85...95^\circ$  и основаниями в одной плоскости, замкнутый по полю возбуждения магнитопровод 3, выполненный из четырех секторных кольцевых пластин 4 с серповидными профилями концов, установленных в секторных кольцевых канавках 2 каркаса 1 с немагнитным зазором между концами смежных пластин  $\delta_0 = 0,2...0,3$  мм.

На каркасе 1 в соответствующих углублениях по периметру намотаны четыре секции обмотки возбуждения 5 с числом витков  $W_1$  в каждой секции, соединенных последовательно по магнитодвижущим силам и четыре секции двух измерительных обмоток 6 и 7 с числом витков в каждой секции  $W_2$ , соединенных попарно по двум ортогональным осям чувствительности ОХ и ОУ встречно по магнитодвижущим силам. Для распайки обмоток на каркасе 1 установлены токоподводы 8, а для установки на базовую поверхность измерительного блока, например магнитометра, - выступы 9. Между пластинами 4 магнитопровода 3 и обмоткой возбуждения 5 установлена изоляционная прокладка 10.

В качестве материала пластин 4 магнитопровода 3 можно использовать ленту из сплава 81НМА толщиной  $0,05...0,10$  мм, а для каркаса - пластмассу, керамику, ситаллы с согласованным с материалом пластин температурным коэффициентом линейного расширения.

Уменьшение напряжений дебаланса в измерительных обмотках 6 и 7 датчика производится при подключенном двухканальном технологическом измерительном блоке 1-й, 2-й и 3-й гармоник выходных сигналов с использованием антимагнитного поворотного стола (на чертежах не показан) путем подбора пар пластин по каждой измерительной оси датчика и их взаимного смещения при номинальном значении тока в обмотке возбуждения с последующей фиксацией их положения, например приклеиванием одного из концов пластин 4 к каркасу 1 по симметричной схеме. Выставка ортогональности осей чувствительности датчика производится после подбора пар пластин по минимальным напряжениям дебаланса перемещением пластин одной из пар с использованием технологического блока.

В конструкции датчика каждая диаметрально расположенная к оси чувствительности пара пластин 4 магнитопровода 3 датчика является концентратором внешнего магнитного поля в направлении этой оси чувствительности, что позволяет сохранить большое значение коэффициента преобразования датчика.

Введение в магнитопровод 3 датчика немагнитных зазоров между серповидными концами пластин 4 уменьшает влияние нестабильности магнитных свойств материала пластин в процессе эксплуатации на напряжения дебаланса  $U_0$  измерительных обмотках, стабилизирует ток в обмотке возбуждения, повышает точность измерения составляющих магнитного поля.

Величину магнитного сопротивления магнитопровода 3 по полю возбуждения и индуктивное сопротивление обмотки возбуждения можно изменять путем изменения величины немагнитного зазора  $\delta_0$  и длины участков смежных пластин с малой величиной зазора, а также изменением углов в плане секторных кольцевых канавок 2 и пластин 4 в пределах  $85...95^\circ$ .

Кроме того, серповидные концы пластин 4 уменьшают изменения индукции магнитного поля возбуждения по длине пластин за счет наличия потоков рассеяния между концами пластин.

Предлагаемый датчик работает следующим образом.

При подключении обмотки возбуждения 5 к источнику переменного напряжения  $U_{\text{возб}}$  с частотой  $f$  (на чертежах не показан) в магнитопроводе 3 возникает переменный магнитный поток, замыкающийся в его контуре, который периодически намагничивает материал пластин 4 до индукции насыщения  $B_s$ . При этом магнитная проницаемость материала пластин  $\mu_g$  периодически изменяется с двойной частотой по отношению к частоте напряжения возбуждения  $f$ , изменяется с двойной частотой и магнитное сопротивление магнитопровода 3 к внешнему магнитному полю и магнитный поток в парах пластин с осями чувствительности OX и OY и в измерительных обмотках 6 и 7 наводятся ЭДС второй гармоники  $E_{2f}^x$  и  $E_{2f}^y$ , пропорциональные составляющим внешнего поля  $H_x$  и  $H_y$  по осям чувствительности датчика, которые подаются в измерительный блок (на чертежах не показан).

Датчик может работать и в компенсационном режиме измерения, когда усиленные и выпрямленные фазочувствительным выпрямителем выходные сигналы с измерительных

обмоток датчика подаются в соответствующие пары компенсационных обмоток, установленных на дополнительном каркасе (на чертежах не показаны), токи в которых пропорциональны соответствующим составляющим внешнего магнитного поля  $H$ .

В случае необходимости в плоскости симметрии внутренней полости датчика на отдельном кронштейне может быть установлен дополнительно однокомпонентный датчик магнитного поля.

Источники информации;

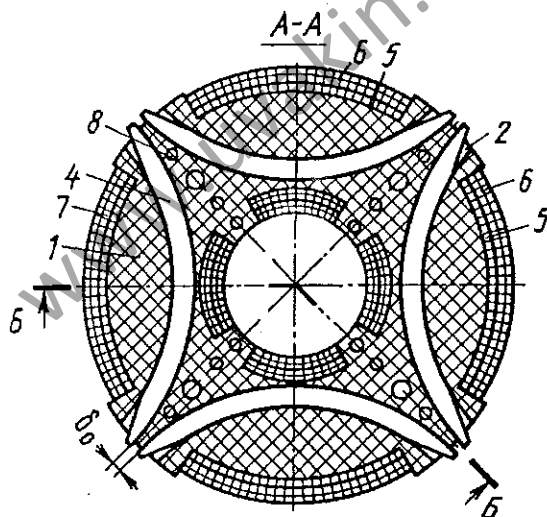
1. Увакин В.Ф. и др. Чувствительный элемент системы азимутальной коррекции курсовых гироскопов. Авт. свидетельство СССР, N 421286. 1973.
2. Афанасьев Ю.В. Феррозондовые приборы. - Л.: Энергоатомиздат, 1986. 188 с.
3. Увакин В.Ф. и др. Датчик магнитного поля. Авт. свидетельство N 1500055, БИ N 11, 1996, с. 279.
4. Прецизионные сплавы. /Под ред. Б.В.Молотилова. - М.: Металлургия, 1983, 439 с.

## ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

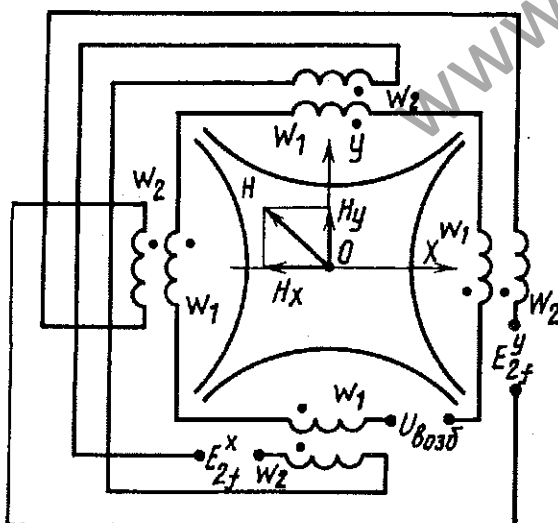
1. Датчик магнитного поля, содержащий каркас с обмоткой возбуждения и секциями измерительных обмоток, соединенными попарно по двум ортогональным осям чувствительности и встречно по магнитодвижущим силам, размещенный в одной плоскости магнитопровод, состоящий из четырех секторных кольцевых пластин с серповидными профилями концов с немагнитными зазорами между ними, отличающийся тем, что по периметру каркаса намотана выполненная в виде соединенных последовательно по маг-

нитодвижущим силам четырех секций обмотка возбуждения и четыре секции двух измерительных обмоток, а четыре секторные пластины магнитопровода установлены в четырех секторных кольцевых канавках с возможностью их смены и взаимного смещения.

2. Датчик по п.1, отличающийся тем, что углы в плане четырех секторных кольцевых канавок в каркасе составляют  $85^\circ - 95^\circ$ .



Фиг. 2



Фиг. 3

Заказ *21* Подписное  
 ФИПС, Рег. ЛР № 040921

121858, Москва, Бережковская наб., д.30, корп.1,  
 Научно-исследовательское отделение по  
 подготовке официальных изданий

Отпечатано на полиграфической базе ФИПС  
 121873, Москва, Бережковская наб., 24, стр.2  
 Отделение выпуска официальных изданий