



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
E21B 47/0228 (2020.08)

(21)(22) Заявка: **2020104646**, 31.01.2020
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
31.01.2020
Дата регистрации:
04.10.2021
Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 31.01.2020
(43) Дата публикации заявки: 02.08.2021 Бюл. № 22
(45) Опубликовано: 04.10.2021 Бюл. № 28
Адрес для переписки:
394064, г. Воронеж, ул. Старых Большевиков,
54а, ВУНЦ ВВС "ВВА", Центр ОНР и ПНПК

(72) Автор(ы):
Голев Игорь Михайлович (RU),
Никитина Елизавета Андреевна (RU),
Заенцева Татьяна Игоревна (RU)
(73) Патентообладатель(и):
Федеральное государственное казенное
военное образовательное учреждение
высшего образования "Военный
учебно-научный центр Военно-воздушных
сил "Военно-воздушная академия имени
профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А.
Гагарина" (г. Воронеж) Министерства
обороны Российской Федерации (RU)
(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: CN 109975880 A, 05.07.2019. SU
595494 A1, 28.02.1978. SU 1499565 A1, 07.01.1991.
RU 2007137953 A, 20.04.2009. RU 143344 U1,
20.07.2014. RU 2670194 C1, 18.10.2018. US
6626252 B1, 30.09.2003. CN 110207688 A,
06.09.2019. US 2012313626 A1, 13.12.2012. GB
2455908 A, 01.07.2009. ГОЛЕВ И.М., СЕРГЕЕВ
А.В. Локальная система навигации с
использованием (см. прод.)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ СОЗДАНИЯ НИЗКОЧАСТОТНОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ

(57) Реферат:
Изобретение относится к электротехнике,
технической физике и предназначено для создания
сильного низкочастотного магнитного поля вне
объема источника магнитного поля. Техническим
результатом является снижение степени
искажения характеристик создаваемого поля.
Предложенное устройство для создания сильного
низкочастотного магнитного поля состоит из

двух соленоидов, расположенных взаимно
ортогонально. При этом сердечники соленоидов
соединены между собой с помощью пазов
прямоугольной формы вполовину их толщины,
расположенных в центре сердечников, и
установлены в одной плоскости таким образом,
что их геометрические центры совпадают. 2 ил.

(56) (продолжение):
низкочастотного магнитного поля // Вестник Воронежского государственного технического университета,
том 15, N 5, 2019, с. 88-94.



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
E21B 47/0228 (2020.08)

(21)(22) Application: **2020104646**, **31.01.2020**

(24) Effective date for property rights:
31.01.2020

Registration date:
04.10.2021

Priority:

(22) Date of filing: **31.01.2020**

(43) Application published: **02.08.2021** Bull. № 22

(45) Date of publication: **04.10.2021** Bull. № 28

Mail address:

**394064, g. Voronezh, ul. Starykh Bolshevikov, 54a,
VUNTS VVS "VVA", Tsentr ONR i PNPK**

(72) Inventor(s):

**Golev Igor Mikhailovich (RU),
Nikitina Elizaveta Andreevna (RU),
Zaentseva Tatyana Igorevna (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe kazennoe voennoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniya "Voennyj uchebno-nauchnyj tsentr
Voенno-vozdushnykh sil "Voенno-vozdushnaya
akademiya imeni professora N.E. Zhukovskogo
i YU.A. Gagarina" (g. Voronezh) Ministerstva
oborony Rossijskoj Federatsii (RU)**

(54) **APPARATUS FOR CREATING A LOW-FREQUENCY MAGNETIC FIELD**

(57) Abstract:

FIELD: magnets.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering, applied physics, and is intended for creating a strong low-frequency magnetic field outside of the volume of a magnetic field source. The proposed apparatus for creating a strong low-frequency magnetic field consists of two solenoids located mutually orthogonally. The cores of the solenoids are therein

interconnected by rectangular grooves of half the thickness thereof, located in the centre of the cores, and are installed in the same plane so that the geometric centres thereof are aligned.

EFFECT: reduction in the degree of distortion of the characteristics of the created field.

1 cl, 2 dwg

Изобретение относится к электротехнике, технической физике и предназначено для создания низкочастотного магнитного поля вне объема источника магнитного поля. Устройство может быть использовано при разработке средств создания низкочастотного магнитного поля в заданной области с известными пространственными и временными характеристиками, применяемых в магнитометрических системах локальной навигации на открытом пространстве и внутри помещений, в том числе, в системах робототехнических устройств и системах посадки беспилотных летательных аппаратов, а также в медицине для сверхточного позиционирования инструментов и в других областях науки и техники.

Известны устройства для создания низкочастотного магнитного поля с известным пространственным распределением, представляющие собой многовитковые рамки, запитанные токами, расположенные ортогонально [Патент USA 3939753 А, МПК В63G 7/06, 24.02.1976] или же взаимно ортогональные катушки с токами, меняющимися по гармоническому закону [Song S. / An electromagnetic localization and orientation method based on rotating magnetic dipole/ S. Song, C. Hu, B. Li, X. Li // IEEE Transactions on magnetics. 2013. V. 49, № 3, P. 1274-1277]. Недостатком этих устройств является малая величина магнитной индукции создаваемого низкочастотного магнитного поля.

Наиболее близким к заявленному устройству является устройство, содержащее два соленоида с ферромагнитными цилиндрическими сердечниками, запитанные токами, меняющимися по гармоническому закону с одинаковой частотой со сдвигом фаз $\pi/2$, расположенные взаимно ортогонально один над другим [Патент USA 6626252, МПК E21В 47/024, 30.09.2003]. Устройство осуществляет создание низкочастотного дипольного магнитного поля вне объема соленоидов. Недостатком данного устройства является искажение характеристик генерируемого устройством поля в точке измерения, возникающее вследствие того, что геометрические центры соленоидов разнесены в пространстве.

Техническим результатом изобретения является снижение степени искажения характеристик создаваемого поля.

Технический результат достигается тем, что устройство состоит из соленоидов, расположенных взаимно ортогонально, согласно изобретению, соленоиды установлены в одной плоскости таким образом, что их геометрические центры совпадают.

Сущность изобретения заключается в том, что соленоиды установлены в одной плоскости таким образом, что их геометрические центры совпадают.

Сущность предлагаемого изобретения поясняется фиг. 1. На фиг. 1 показано изменение за период вектора магнитной индукции поля в точке измерения, создаваемое устройством-прототипом и предлагаемым устройством, где обозначено: 1 - плоскость, в которой вращается вектор магнитной индукции поля, создаваемого устройством-прототипом, 2 - плоскость, в которой вращается вектор магнитной индукции поля, создаваемого предлагаемым устройством; 3.1, 3.2 - геометрические центры соленоидов устройства-прототипа, 3.0 - совмещенные геометрические центры соленоидов предлагаемого устройства, \vec{r}_1 , \vec{r}_2 - радиус-векторы, проведенные из центров первого и второго соленоидов устройства-прототипа в точку измерения, \vec{r}_0 - радиус-вектор, проведенный из общего центра соленоидов предлагаемого устройства в точку измерения, \vec{B}_1 - магнитная индукция поля, созданного устройством - прототипом в точке измерения в определенный момент времени, \vec{B}_2 - магнитная индукция поля, созданного

предлагаемым устройством в точке измерения в тот же момент времени, α - угол между плоскостями 1 и 2.

Из представленной фиг. 1 видно, что в случае, когда центры взаимно ортогональных соленоидов (позиции 3.1 и 3.2) разнесены в пространстве, плоскость, в которой вращается вектор магнитной индукции устройства-прототипа, отклоняется от плоскости, создаваемой предлагаемым устройством на угол α , а также модуль вектора магнитной индукции создаваемого устройством-прототипом поля \vec{B}_1 отличается от модуля вектора магнитной индукции создаваемого предлагаемым устройством поля \vec{B}_2 .

Известно, что при совпадении центров источников магнитного поля, создаваемых токами, меняющимися по гармоническому закону с одинаковой частотой со сдвигом фаз $\pi/2$, расположенных взаимно ортогонально, генерируемое магнитное поле является дипольным [Paperno E. / A new method for magnetic position and orientation tracking / E. Paperno, I. Sasada // IEEE Transactions on magnetics. 2001. V. 37, № 4, P. 1938-1940]. Согласно фиг. 1 при разнесении центров соленоидов в пространстве характеристики поля искажены, тогда как совмещение геометрических центров соленоидов позволяет обеспечить дипольный характер поля.

Установка соленоидов в одной плоскости выполняется, например, соединением их магнитопроводов с обязательным совмещением геометрических центров. На фиг. 2 представлен вариант такого соединения для случая, когда магнитные сердечники соленоидов имеют прямоугольное сечение. На фиг. 2а представлено соединение сердечников с помощью пазов прямоугольной формы вполовину толщины, расположенных в центре сердечника, где обозначено: 1 - центры сердечников соединяемых соленоидов, 2 - пазы вполовину толщины. На фиг. 2б показана предлагаемая установка соленоидов с общим магнитопроводом, где обозначено: 3 - общий магнитопровод соленоидов, 4 - обмотки первого соленоида, 5 - обмотки второго соленоида. Из фиг. 2 видно, что предлагаемое соединение сердечников позволяет выполнить установку соленоидов в одной плоскости с совмещением их геометрических центров, чем достигается соответствие характеристик создаваемого поля требуемому пространственному распределению.

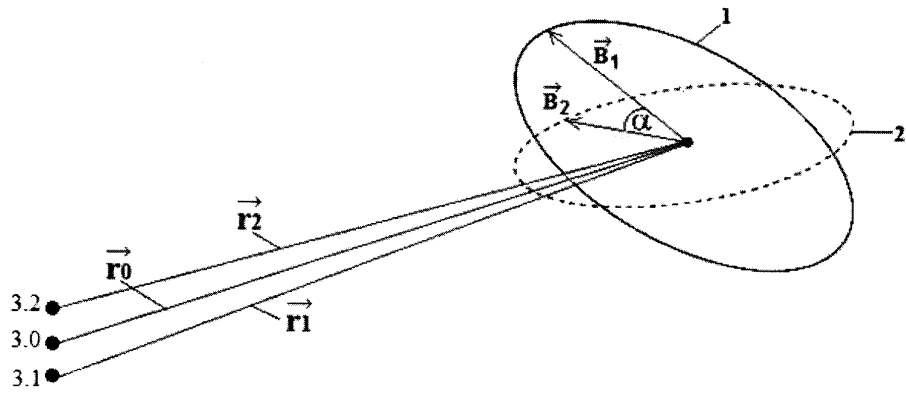
Таким образом, предложенное устройство обеспечивает высокую точность воспроизведения характеристик поля.

Следовательно, предлагаемое изобретение, обладая новизной, полезностью и реализуемостью, может быть применено в магнитометрических системах навигации и позиционирования.

(57) Формула изобретения

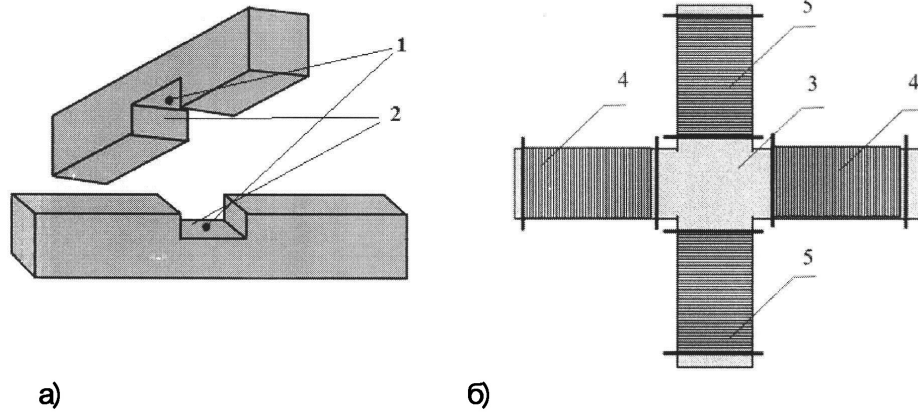
Устройство для создания сильного низкочастотного магнитного поля, состоящее из двух соленоидов, расположенных взаимно ортогонально, отличающееся тем, что сердечники соленоидов соединены между собой с помощью пазов прямоугольной формы вполовину их толщины, расположенных в центре сердечников, и установлены в одной плоскости таким образом, что их геометрические центры совпадают.

1



Фиг. 1

2



Фиг. 2