

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установившейся практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявил такое желание и уведомил об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(21)(22) Заявка: 2014103872/28, 04.02.2014

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
04.02.2014

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 04.02.2014

(43) Дата публикации заявки: 10.08.2015 Бюл. № 22

(45) Опубликовано: 10.09.2015 Бюл. № 25

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: (см. прод.)

Адрес для переписки:

182540, Псковская обл., Невельский р-н, пос.
Опухлики, 170, кв. 17, МЕНЬШИХ Олегу
Фёдоровичу

(72) Автор(ы):

МЕНЬШИХ Олег Фёдорович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

МЕНЬШИХ Олег Фёдорович (RU)

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВОЙ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к измерительной технике и предназначено для измерения угловой скорости вращения магнитного поля. Устройство состоит из ферромагнитного ротора и магнитопроводящего статора, причем ротор выполнен в форме цилиндра с осью вращения, в средней части которого осесимметрично и бесконтактно размещена обмотка подмагничивания ротора, связанная с регулируемым источником постоянного тока, измеряемого амперметром; магнитопроводящий статор выполнен в форме двух цилиндров, оси которых совпадают с осью вращения ротора. На

каждом из статоров выполнена обмотка, причем часть каждого витка обмотки расположена в зазоре между ротором и статором. Указанные части витков расположены на некотором расстоянии от статора внутри магнитного зазора. Ротор приводится во вращательное движение синхронным двигателем переменного тока с регулируемой частотой вращения, измеряемой частотомером, а возникающая в статорной обмотке э.д.с. индукции измеряется регистрирующим вольтметром. Технический результат - возможность определения скорости вращения магнитного поля. 2 ил.

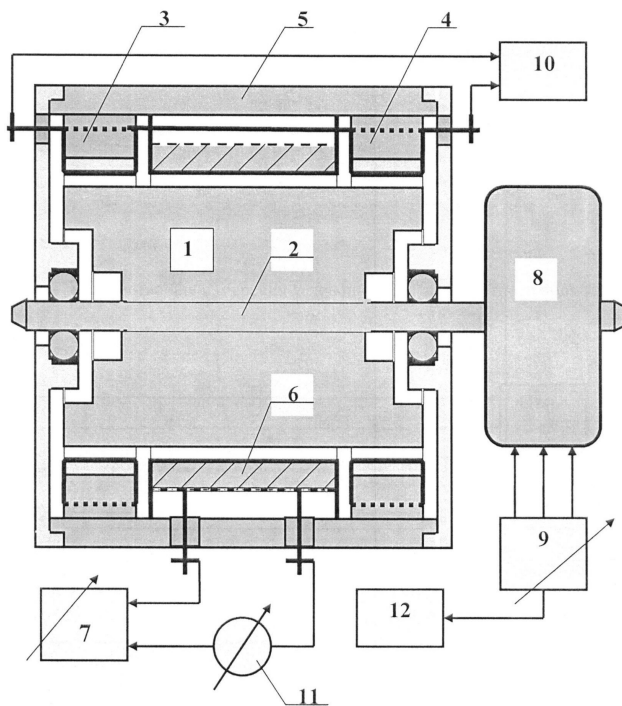


Рис. 1

(56) (продолжение):

UA 20282 A 15.07.1997 RU 2207578 C2 27.06.2003 SU 1041941 A1 15.09.1983 SU 765765 A1 23.09.1980

RU 2 5 6 2 3 9 0 C 2

RU 2 5 6 2 3 9 0 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) ABSTRACT OF INVENTION

According to Art. 1366, par. 1 of the Part IV of the Civil Code of the Russian Federation, the patent holder shall be committed to conclude a contract on alienation of the patent under the terms, corresponding to common practice, with any citizen of the Russian Federation or Russian legal entity who first declared such a willingness and notified this to the patent holder and the Federal Executive Authority for Intellectual Property.

(21)(22) Application: **2014103872/28, 04.02.2014**

(24) Effective date for property rights:
04.02.2014

Priority:

(22) Date of filing: **04.02.2014**

(43) Application published: **10.08.2015** Bull. № 22

(45) Date of publication: **10.09.2015** Bull. № 25

Mail address:

**182540, Pskovskaja obl., Nevel'skij r-n, pos.
Opukhliki, 170, kv. 17, MEN'ShIKh Olegu
Fedorovichu**

(72) Inventor(s):

MEN'ShIKh Oleg Fedorovich (RU)

(73) Proprietor(s):

MEN'ShIKh Oleg Fedorovich (RU)

(54) DEVICE TO MEASURE ANGULAR SPEED OF MAGNETIC FIELD ROTATION

(57) Abstract:

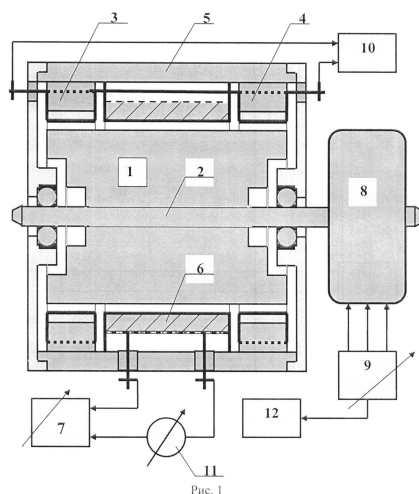
FIELD: measurement equipment.

SUBSTANCE: invention relates to measurement equipment and is intended to measure the angular speed of magnetic field rotation. The device comprises a ferromagnetic rotor and a magnetically conducting stator, besides, the rotor is made in the form of a cylinder with an axis of rotation, in the middle part of which there is a rotor magnetisation winding, placed axisymmetrically and in a contactless manner, connected to an adjusted DC source measured by an ammeter; the magnetically conducting stator is made in the form of two cylinders, axes of which match the axis of the rotor rotation. On each stator there is a winding, besides, a part of each turn of the winding is located in a gap between the rotor and the stator. Specified parts of the turns are arranged at a certain distance from the stator inside the magnetic gap. The rotor is put in rotary motion with a synchronous AC motor with an adjusted frequency of rotation measured by a frequency meter, and the electromotive force of

induction arising in the stator winding is measured by a recording voltmeter.

EFFECT: possibility to determine the speed of magnetic field rotation.

2 dwg



Изобретение относится к измерительной технике и может быть использовано при проектировании многовитковых униполярных машин без скользящих контактов.

В соответствии с законом электромагнитной индукции вращение намагниченного вдоль оси вращения ферромагнитного ротора в форме цилиндра относительно цилиндрического магнитопроводящего неподвижного статора, соосно установленного относительно ферромагнитного ротора, с цилиндрическим магнитным зазором между цилиндрическими ротором и статором приводит к вращению магнитного поля в магнитном зазоре относительно оси вращения ротора и способно возбуждать э.д.с. индукции в обмотке, тороидально намотанной на статоре, так что часть каждого из витков этой обмотки находится в магнитном зазоре. При длине l этой части витков с числом n витков в тороидальной обмотке величина суммарной э.д.с. E определяется выражением $E = B l n \omega_m R$, где B - магнитная индукция в магнитном зазоре между намагниченным ротором и статором, ω_m - угловая скорость вращения магнитного поля с индукцией B в цилиндрическом магнитном зазоре со средним радиусом зазора R , например, совпадающим с радиусом расположения отрезков l витков обмотки, ортогонально ориентированных векторам магнитной индукции B , расположенным радиально от оси вращения ротора. Из этого выражения видно, что э.д.с. E индукции линейно зависит от угловой скорости вращения ω_m магнитного поля в магнитном зазоре при прочих неизменных параметрах B , l , n и R . При этом в случае, если $\omega_m = \text{const}(t)$, то возникающая э.д.с. $E = \text{const}(t)$ также является величиной постоянной в функции времени, и в нагрузке, связанной с обмоткой, будет протекать постоянный ток, и такое устройство будет представлять генератор постоянного тока.

В связи с указанным возникает вопрос, какова будет угловая скорость вращения ω_m магнитного поля с индукцией B в цилиндрическом магнитном зазоре при угловой скорости ω_p вращения намагниченного ротора в условиях неподвижности магнитопроводящего статора. Разрешение этого вопроса является целью заявляемого технического решения.

Указанная цель достигается в устройстве для измерения угловой скорости вращения магнитного поля, содержащем вращающийся ферромагнитный ротор и неподвижный магнитопроводящий статор, отличающемся тем, что ферромагнитный ротор выполнен в форме цилиндра с осью вращения, в средней части которого осесимметрично размещена бесконтактно обмотка подмагничивания ротора, связанная с регулируемым источником постоянного тока, измеряемого амперметром, магнитопроводящий статор выполнен в форме двух соосно с ротором расположенных цилиндров, на которых выполнены соответственно две обмотки вблизи магнитных полюсов ротора в виде тороидов, часть каждого из витков которых расположена в цилиндрических магнитных зазорах между ротором и статором, и эти части витков расположены на некотором расстоянии от статора внутри магнитных зазоров, например по их середине или ближе к цилиндрической поверхности ротора, при этом ротор приводится во вращательное движение от синхронного двигателя переменного тока с регулируемой частотой вращения, измеряемой частотомером, а возникающая в статорной обмотке э.д.с. индукции измеряется регистрирующим вольтметром.

Достижение цели изобретения в заявляемом устройстве объясняется «вмороженностью» магнитных силовых линий в оппозиционно расположенные домены ферромагнитного вещества ротора и статора и вынужденным искривлением «вмороженных» магнитных силовых линий при вращении ротора относительно неподвижного статора с последующим перебросом магнитных силовых линий на близко

расположенные друг к другу домены ротора и статора. Причем указанный переброс может происходить как в роторе, так и в статоре, например, с одинаковой вероятностью, и тогда угловая скорость вращения магнитного поля в магнитных зазорах равна половине от угловой скорости вращения ротора, то есть выполняется равенство $\omega_m = 0,5\omega_r$. Структура заявляемого устройства представлена на рис.1 и содержит:

- 1 - ферромагнитный цилиндрический ротор,
- 2 - ось вращения ротора 1,
- 3 - первый тороидальный статор с обмоткой,
- 4 - второй тороидальный статор с обмоткой,
- 5 - магнитопроводящий цилиндр статора,
- 6 - катушка подмагничивания ротора 1, закрепленная ее каркасом на неподвижном статоре, бесконтактно к ротору,
- 7 - регулируемый источник постоянного тока,
- 8 - синхронный двигатель переменного тока, связанный с осью вращения ротора,
- 9 - перестраиваемый по частоте генератор переменного тока,
- 10 - регистрирующий вольтметр,
- 11 - измеритель тока намагничивания ротора (амперметр),
- 12 - частотомер.

На рис.2 представлены графики зависимости э.д.с. индукции E от частоты F вращения ротора 1 при различных значениях тока I_M его намагничивания (линейные функции). Частота вращения ротора изменяется в заданных пределах - от F_{MIN} до F_{MAX} .

Рассмотрим действие заявляемого устройства.

Как известно, ферромагнитные вещества состоят из хаотически распределенных по их магнитным моментам доменов, которые могут выстраиваться вдоль внешнего магнитного поля. Каждый из доменов обладает собственным магнитным моментом, величина которого на порядки больше магнитных моментов отдельных атомов или молекул, что и определяет высокую магнитную восприимчивость ферромагнетиков по сравнению с магнитной восприимчивостью пара- и диамагнетиков. Поэтому логично говорить о выстраивании магнитных моментов доменов друг по отношению к другу и внешнему магнитному полю. Последнее в данном устройстве образуется постоянным током в катушке подмагничивания 6 от регулируемого по току источника постоянного тока 7, значение которого измеряется амперметром 11. В магнитных зазорах между намагниченным ротором и статором магнитные силовые линии, выходящие из каждого из пограничных доменов одного магнитного полюса, стремятся войти в оппозитно расположенные пограничные домены другого магнитного полюса по кратчайшему расстоянию, равному длине магнитного зазора между ротором и статором замкнутой магнитной системы. И эта силовая связь стремится сохраниться до некоторых пор при вращении ротора относительно неподвижного статора, что приводит к изгибу и удлинению связанных доменами противолежащих магнитных полюсов магнитных силовых линий, считающихся «вмороженными», в соответствующие пары доменов магнитных полюсов. Однако такая «вмороженность» разрушается при достаточно большом растяжении этих силовых линий, и происходит переброс магнитных силовых линий с одних доменов на другие, ближе расположенные [1, 2]. Важно отметить, что такой переброс может возникать как для доменов одного, так и другого магнитных полюсов, то есть для пограничных доменов ротора и статора, притом, возможно, с равной вероятностью. Если происходит срыв с доменов ротора, то магнитное поле, связанное с группой магнитных силовых линий таких доменов, не перемещается в

магнитных зазорах. Если же срыв происходит в пограничных доменах статора, то магнитное поле движется в направлении вращения ротора. Поскольку вероятность срывов для пограничных доменов ротора и статора можно считать одинаковой, то угловая скорость вращения магнитного поля оказывается вдвое ниже угловой скорости вращения ротора, то есть тогда $\omega_M = 0,5 \omega_p$.

Ротор 1 через ось вращения 2 соединен с синхронным двигателем переменного тока 8, подключенным к генератору переменного тока 9 с перестраиваемой частотой F , значение которой измеряется частотомером 12. Так что угловая скорость вращения ротора $\omega_p = 2\pi F$. Тогда измеряемая вольтметром 10 э.д.с. индукции E равна $E = B l n \omega_M R = 0,5 B l n \omega_p R = f(F)$, так как $B l n R = \text{const}$ при неизменном токе подмагничивания I_M от источника постоянного тока 7. Величина магнитной индукции B определяется током I_M и числом витков N в катушке подмагничивания 6 ротора 1 по формуле:

$$B = \mu_0 (\chi + 1) I_M N / \{ [L_{\text{ж}} / (\chi + 1)] + L_{\text{з\Delta з}} \},$$

где $\mu_0 = 1,256 \cdot 10^{-6}$ Гн/м - магнитная постоянная, χ - магнитная восприимчивость ферромагнетика (ротора и статора), $L_{\text{ж}}$ - длина ферромагнитного магнитопровода системы «ротор-статор» в метрах, $L_{\text{з\Delta з}}$ - длина воздушного магнитного зазора в метрах, равная удвоенной величине магнитного зазора между ротором и тороидами 3 и 4 статора, включающего магнитопроводящий цилиндр 5 статора. Магнитная индукция B измеряется в Тл $B = \Phi / S$. Таким образом, величина B линейно зависит от тока I_M намагничивания ротора и относительной магнитной проницаемости ферромагнетика ротора и статора $\mu = \chi + 1$ (полагаем их одинаковыми, хотя это и необязательно так). В свою очередь, величина относительной магнитной проницаемости μ определяется напряженностью внешнего магнитного поля $H = B / \mu_0$ согласно известной кривой Столетова: она сначала возрастает с ростом тока I_M , достигает максимума, а затем с ростом тока подмагничивания падает, достигая минимальных величин при магнитном насыщении. Обычно для стали величина магнитной индукции может быть задана в пределах 1,2...1,5 Тл, а для ферритов эта величина обычно берется в пределах 0,3...0,5 Тл при соответствующем выборе произведения $I_M N$.

Таким образом, измеряемые значения э.д.с. E регистрирующим вольтметром 10 и частоты F вращения ротора 1 позволяют оценить значения угловой скорости вращения магнитного поля ω_M и сравнить их с угловой скоростью вращения ротора ω_p . Это позволит, во-первых, доказать фактор «вмороженности» магнитных силовых линий в совокупность пограничных доменов на магнитных полюсах ротора и статора, и рассматривать магнитное поле как некую группу невесомых микрочастиц, как это согласуется с позициями квантовой электродинамики, а во-вторых, установить вероятностную связь перебросов магнитных силовых линий с домена на домен приграничных зон ротора и статора - является ли эта вероятность одинаковой для перебросов на роторе и статоре, или она различна. В частности, такое различие может иметь место для разных по величине магнитных восприимчивостей ферроматериалов ротора и статора.

Общее выражение для угловой скорости ω_M вращения магнитного поля в магнитном зазоре между ротором 1 и тороидальными статорами 3 и 4 с их последовательно соединенными обмотками имеет вид:

$$\omega_M = E \{ [L_{ж} / (\chi + 1)] + L_{\lambda 3} \} / \mu_0 (\chi + 1) I_M N / n R. \quad (1)$$

Имея в виду, что $\omega_M = k\omega_p = 2\pi kF$, где $k = \omega_M / \omega_p \approx 0,5$ выражение (1) принимает вид:

$$F = E \{ [L_{ж} / (\chi + 1)] + L_{\lambda 3} \} / 2 \pi k \mu_0 (\chi + 1) I_M N / n R. \quad (2)$$

Соответствующие графики линейных функций $E(F)$ приведены на рис.2 для различных значений тока подмагничивания ротора $I_{M1} > I_{M2} > I_{M3}$, которые из (2) определены выражением:

$$E = 2 \pi k \mu_0 (\chi + 1) I_M N / n R F / \{ [L_{ж} / (\chi + 1)] + L_{\lambda 3} \}. \quad (3)$$

Из выражения (3) видно, что функция $E(F)$ остается линейной по переменной F при заданном значении тока подмагничивания ротора I_M , если не изменяется значение магнитной восприимчивости χ ферромагнетика, из которого выполнен ротор и статор. Однако, если этот параметр изменяется при изменении тока I_M , то зависимость $E(F)$ оказывается нелинейной.

Указанное обстоятельство важно учитывать при построении многовитковых униполярных машин без скользящих контактов. Так, если в представленном на рис.1 устройстве соединить последовательно все обмотки - тороидальных статоров 3 и 4 и обмотку катушки подмагничивания 6 ротора 1, а также подключить эти обмотки к источнику постоянного тока, то образуется многовитковая униполярная машина - двигатель постоянного тока без скользящих контактов, и в статорных тороидальных обмотках 3 и 4 будет протекать постоянный ток достаточно большой величины, что приведет к намагничиванию статорных магнитопроводящих тороидов 3 и 4, следовательно, изменит относительную магнитную проницаемость этих рабочих частей статора. Часть доменов в тороидах 3 и 4 будет ориентирована по кругу, то есть вдоль образующей тороидов (в противоположных направлениях), а другая часть доменов будет выстраиваться вдоль магнитного поля в магнитном зазоре между ротором 1 и статорными тороидами 3 и 4. Следовательно, не все домены будут ориентированы по магнитному полю в магнитном зазоре, что и отразится на значении относительной магнитной проницаемости магнитопровода элементов 3 и 4 в направлении векторов магнитной индукции в двух магнитных зазорах (в противоположных направлениях). Это также может привести к нарушению равной вероятности перебросов магнитных силовых линий с пограничных доменов ротора и статора, то есть к изменению величины k относительно $k = \omega_M / \omega_p \approx 0,5$. Это, в свою очередь, приведет к нелинейности характеристик $E(F)$.

С помощью заявляемого устройства можно оценить влияние тока подмагничивания тороидальных статоров 3 и 4, которым определяется величина вращательного момента ротора при работе униполярной машины в качестве двигателя постоянного тока, на характер изменения коэффициента k , определяющего замедление угловой скорости вращения магнитного поля в магнитном цилиндрическом зазоре относительно скорости вращения ротора под действием совокупной силы Лоренца, приложенной между рабочими частями витков, намотанных на тороидальных статорах 3 и 4 и расположенных в магнитном зазоре ортогонально вектору магнитной индукции B , и магнитными полюсами - роторными и статорными. При этом составляющая сил Лоренца, приложенная к тороидальным статорам 3 и 4, работы не производит в силу их неподвижности, а составляющая сил Лоренца, приложенная по касательной к поверхности ротора 1, вызывает его вращение по правилу «правой руки». Отметим,

что рабочие части витков тороидальных статоров 3 и 4 должны располагаться с отступом от магнитопроводящей поверхности статоров, возможно ближе к поверхности ротора 1, чтобы составляющая силы Лоренца максимально распределялась в направлении к ротору. С этой целью в устройстве тороидальных статоров 3 и 4

использованы цилиндрические немагнитные вкладыши, на которые производится намотка проводника (на рис.1 это показано цилиндрами-вкладышами светлого тона). При работе с заявляемым устройством измеряемыми являются частота F вращения ротора 1, э.д.с. индукции E и ток намагничивания I_M ротора, что согласно выражению (3) позволяет рассчитать параметры χ и k при заданных постоянных величинах N , l , n , R , $L_{\text{Ж}}$ и $L_{\text{ЗАЗ}}$. Это будет способствовать правильному проектированию многовитковых униполярных машин - двигателей постоянного тока без скользящих контактов с отсутствующими при их работе переходными процессами (так как ток в обмотках постоянный), характерных для коллекторных или вентильных двигателей постоянного тока. Последнее повышает быстродействие таких двигателей, повышает их надежность и срок действия, а также повышает удельную мощность на единицу объема двигателя. Такие двигатели могут найти широкое применение, в частности, в электромобилях и на железнодорожном электротранспорте, а также в гироскопии.

Литература

1. Меньших О.Ф. Магнитопараметрический генератор. Патент РФ №2359397, опублик. в бюлл. №17 от 20.06.2009;
2. Меньших О.Ф. Прибор для измерения спектра сигнала индукции в магнитно-связанной системе. Патент РФ №2467464, опублик. в бюлл. №32 от 20.11.2012.

Формула изобретения

Устройство для измерения угловой скорости вращения магнитного поля, содержащее вращающийся ферромагнитный ротор и неподвижный магнитопроводящий статор, отличающееся тем, что ферромагнитный ротор выполнен в форме цилиндра с осью вращения, в средней части которого осесимметрично размещена бесконтактно обмотка подмагничивания ротора, связанная с регулируемым источником постоянного тока, измеряемым амперметром, магнитопроводящий статор выполнен в форме двух соосно с ротором расположенных цилиндров, на которых выполнены соответственно две обмотки вблизи магнитных полюсов ротора в виде тороидов, часть каждого из витков которых расположена в цилиндрических магнитных зазорах между ротором и статором, и эти части витков расположены на некотором расстоянии от статора внутри магнитных зазоров, например, по их середине или ближе к цилиндрической поверхности ротора, при этом ротор приводится во вращательное движение от синхронного двигателя переменного тока с регулируемой частотой вращения, измеряемой частотомером, а возникающая в статорной обмотке э.д.с. индукции измеряется регистрирующим вольтметром.

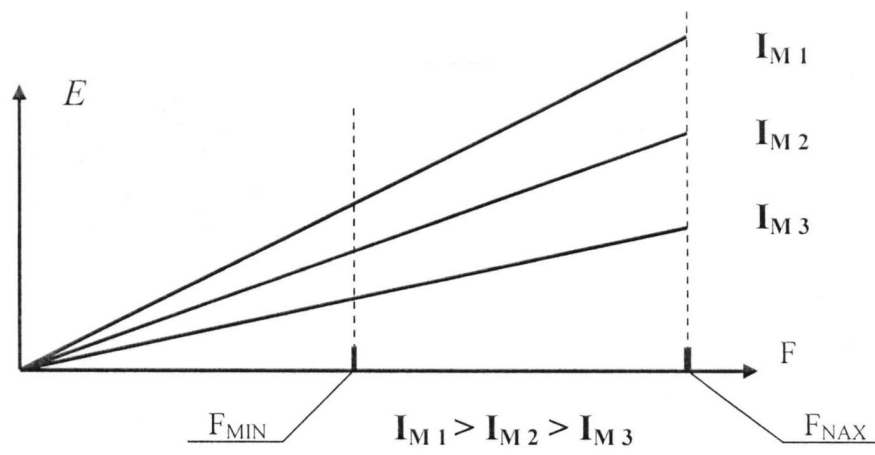


Рис. 2