



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статья 1365 часть 1 Федерального закона от 26.03.2004 № 35
Полнота: утвено на 5 год с 29.04.2020 по 28.04.2021

(21) Заявка: 2016116739/07, 28.04.2016	(72) Автор(ы): Нестеренко Андрей Александрович (RU)
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 28.04.2016	(73) Патентообладатель(и): Нестеренко Андрей Александрович (RU)
Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 28.04.2016	
(45) Опубликовано: 18.12.2016 Бюл. № 34	
Адрес для переписки: 129226, Москва, пр-т Мира, 171, кв.19, Давыдов К.Ф.	

(57) ДИСКОВЫЙ ГЕНЕРАТОР

(57) Реферат:
Полезная модель относится к электротехнике и может быть использована для построения низкооборотных дисковых генераторов. Требуемый технический результат достигается в повышении к.п.д., достигается в устройстве, содержащем ротор, выполненный из двух закрепленных соосно на валу одинаковых параллельных дисков, на каждом из которых на обращенных друг к другу поверхностях размещен ряд постоянных магнитов, полярность которых в ряду чередуется, а также статор, выполненный по форме параллельных дисков, размещенный между параллельными дисками соосно и с снабженный катушками, причем, катушки и постоянные магниты выполнены в форме равнобедренных трапеций, отверстие между внутренними участками витков катушек имеет форму треугольника, длину отверстия L в катушке выбирают равным длине магнитов, а число витков N катушки выбирают из соотношения

$$N = \frac{2 \lambda (A - T) H}{\pi D^2}$$

где T - ширина отверстия в катушке по средней линии трапеции, A - ширина катушки по средней линии трапеции, H - высота катушки, D - диаметр обмоточного провода. Ил. 12.

Полезная модель относится к электротехнике и может быть использована для построения низкооборотных дисковых генераторов. Известно устройство ПУТ 69348, U1, H02K 21/00, H02K 37/00, H02K 19/00, 10.12.2007, содержащее, по меньшей мере, один узел с вращающейся частью и не вращающейся частью, который содержит выполненный из магнитно-мягкого материала корпусной элемент, вал, связанный с корпусным элементом с возможностью вращения одного из них при неподвижном другом, жестко связанный с валом кольцеобразный элемент, выполненный с возможностью прохождения по нему магнитного потока, множество простирающихся в радиальном направлении проводников магнитного потока, расположенных по существу в круговой ряд, множество постоянных магнитов, расположенных по существу в круговой ряд с чередованием полярности полюсов, выполненный из магнитно-мягкого материала дискообразный элемент, отделенный осевым промежутком от проводников магнитного потока, принадлежащую не вращающейся части упомянутого узла кольцевую обмотку, размещенную в осевом промежутке, при этом, обращенные друг к другу поверхности проводников магнитного потока и поверхности постоянных магнитов отделены рабочим зазором, обеспечивающим прохождение магнитного потока, постоянные магниты жестко связаны с кольцеобразным элементом, проводники магнитного потока жестко связаны с корпусным элементом. Недостатком устройства является его относительно высокая сложность. Наиболее близким к заявленному является генератор [RU 2506688, С2, H02K 21/24, H02K 1/27, H02K 16/02, 10.02.2014], ротор которого снабжен постоянными магнитами, а статор содержит две параллельные пластины, между которыми размещены кольцевые обмотки, ротор выполнен из двух закрепленных на валу параллельных дисков, на каждом из которых на обращенных друг к другу поверхностях размещены кольцеобразные ряды постоянных магнитов, полярность постоянных магнитов в каждом ряду чередуется, при этом, полюса постоянных магнитов одного ряда обращены к противоположному полюсам постоянных магнитов другого ряда, а кольцевые обмотки статора выполнены в форме равнобедренных трапеций, боковые стороны которых расположены радиально относительно оси вращения ротора, а участки кольцевых обмоток в основаниях трапеций выгнуты по дуге, кольцевые обмотки парно вставлены друг в друга, при этом, расстояние l между участками кольцевых обмоток в основаниях трапеций превышает расстояние b кольцеобразного ряда постоянных магнитов, а постоянные магниты в каждом кольцеобразном ряду примыкают друг к другу смежными боковыми сторонами.

Недостатком устройства является относительно низкий коэффициент полезного действия (к.п.д.). Задача, решаемая в полезной модели, заключается в создании генератора, обладающего простой конструкцией, но имеющего оптимальные параметры, обеспечивающие повышение его надежности и к.п.д. Требуемый технический результат достигается в повышении к.п.д., достигается в предложенном дисковом генераторе за счет использования его оптимальных параметров, обеспечивающих повышение его надежности и к.п.д. Приведем обоснование оптимальности его параметров.

Оптимизации подвергались конструктивные параметры дискового генератора (фиг. 1) - размеры магнитов и катушек, намоточные данные катушек, а также определялась масса генератора и исходные данные для оценки стоимости изготовления. Ниже приведена методика определения оптимальных параметров дискового генератора и пример его конструктивного выполнения.

В соответствии с законом электромагнитной индукции Фарадея электродвижущая сила (ЭДС) на выводах катушки E_c определяется выражением:

$$E_c = - \frac{d\psi}{dt}$$

где ψ - потокоцепление катушки и магнита. Полагая, что потокоцепление изменяется по гармоническому закону:

$$\psi = \psi_0 \cos \frac{\pi \omega t}{2}$$

где ψ₀ - максимальное потокоцепление магнита и катушки, π - число полюсов ротора, ω - угловая скорость вращения ротора, получим:

$$E_c = \frac{\psi_0 \pi \omega}{2} \sin \frac{\pi \omega t}{2}$$

Если общее число катушек равно числу полюсов n, то при их последовательном соединении ЭДС E генератора можно будет рассчитана по формуле:

$$E = \frac{\psi_0 n^2 \omega}{2} \sin \frac{\pi \omega t}{2}$$

С учетом ω=2π F, где F - частота вращения ротора (в оборотах в секунду) получим:

$$E = \pi F n^2 \psi_0 \sin \left(2\pi \frac{F n t}{2} \right)$$

Амплитуда ЭДС генератора E₀:

$$E_0 = \pi F n^2 \psi_0$$

Действующее выходное напряжение U_{xx} генератора при отсутствии нагрузки (напряжение холостого хода):

$$U_{xx} = \frac{\sqrt{2}}{2} \pi F n^2 \psi_0$$

Частота выходного напряжения f:

$$f = \frac{F}{2}$$

Расчет потокоцепления и других параметров катушки B дисковом генераторе используются катушки без ферромагнитного сердечника. Чтобы получить максимальное потокоцепление и вписаться в заданные габариты, необходимо использовать катушки и постоянные магниты в виде трапеций или секторов (фиг. 2). При этом катушки следует наматывать на оправку треугольной формы. На чертеже (фиг. 2) обозначены: A - ширина отверстия в катушке по средней линии трапеции; A' - ширина катушки по средней линии трапеции; L - длина отверстия в катушке; E - длина катушки; A, T-E-L, то E-A-T-L.

Число витков N трапецидальной катушки может быть достаточно точно найдено по формуле:

$$N = \frac{2 \lambda (A - T) H}{\pi D^2}$$

где λ - фактор упаковки (отношение площади, занятой проводом в поперечном сечении обмотки без учета изоляции, к площади поперечного сечения обмотки), D - диаметр обмоточного провода.

Активное сопротивление R трапецидальной катушки достаточно точно определяется выражением:

$$R = \frac{16 \lambda \rho (L + A)(A - T) H}{\pi^2 D^4}$$

где ρ - удельное электрическое сопротивление обмоточного провода. Если в катушке генератора соединены последовательно, то внутреннее сопротивление генератора R_{гн} может быть найдено следующим образом:

$$R_{гн} = \frac{16 \lambda \rho (L + A)(A - T) H n}{\pi^2 D^4}$$

Для получения максимального потокоцепления величина A должна быть как можно ближе к расстоянию между центрами соседних магнитов A_M, а длина отверстия в катушке L должна быть примерно равна длине магнитов (фиг. 3). Амплитуда потокоцепления катушки и создаваемого системой постоянных магнитов магнитного поля Y₀ (момент, когда катушка находится точно между полюсами) определяется посредством формулы:

$$\psi_0 = \int_{-A}^A B_n(x) S(x) dN(x)$$

где B_n(x) - среднее значение нормальной составляющей магнитной индукции к плечам катушки в пределах контура площадью S(x), N - число витков, x - переменная интегрирования (расстояние от центра катушки до заданной точки по линии размера A). B_n(x) можно вычислить таким образом:

$$B_n(x) = \frac{1}{x} \int_0^x B_0 \cos \frac{\pi x'}{A_M} dx' = \frac{B_0 A_M \sin \frac{\pi x}{A_M}}{\pi x}$$

где B₀ - амплитуда нормальной составляющей магнитной индукции в плоскости магнитов.

Площадь контура S(x) может быть найдена из соотношения S(x)=2Lx, при условии, что длина магнита примерно равна длине отверстия в катушке L. Тогда

$$\psi_0 = \int_{-A}^A B_n(x) S(x) dN(x) = \int_{-A}^A \frac{B_0 A_M \sin \frac{\pi x}{A_M}}{\pi x} 2Lx \frac{4 \lambda H}{\pi D^2} dx = \frac{8 \lambda B_0 A_M H L}{\pi^2 D^2} \int_{-A}^A \sin \frac{\pi x}{A_M} dx$$

И, наконец,

$$E_0 = \pi F n^2 \frac{8 \lambda B_0 A_M H L}{\pi^2 D^2} \left[\cos \frac{\pi T}{2 A_M} - \cos \frac{\pi A}{2 A_M} \right]$$

Выходное напряжение U_{xx} = π F n² ψ₀ / √2 = π F n² λ B₀ A_M H L / √2 [cos π T / 2 A_M - cos π A / 2 A_M].

Выходное сопротивление генератора и, соответственно, выходная мощность достигает максимума при максимальном заполнении обмоткой пространства между магнитами, а именно:

- минимальном отверстии в катушке (T → 0);
- ширине катушки, равной расстоянию между магнитами (A → A_M);
- максимальной высоте катушке H, которую ограничивает только необходимость наличия конструктивных зазоров между магнитами и катушками;
- максимальном значении фактора упаковки λ.

Кроме того, величина потокоцепления, определяющая выходное напряжение дискового генератора, зависит от произведения B₀ H. При увеличении высоты катушки H и, соответственно, расстояния между оппозитными постоянными магнитами величина магнитной индукции (при уменьшении H). Соответственно этому максимуму высота катушки H, а также расстояние между оппозитными магнитами (равное сумме высоты катушки и конструктивных зазоров) будет оптимальной для снятия максимума мощности с дискового генератора. Расчет магнитного поля

Постоянные магниты (фиг. 4), выполненные, например, из неодим-железо-бор, коэрцитивная сила 950 кА/м, остаточная индукция 1,15 Тл, форма в виде трапеции 56 х 36 мм, высота (или соответствующий размер сектора): основания 56 и 36 мм, длина 80 мм, высота (толщина) 5 мм (намагничивание по высоте). Постоянные магниты крепятся на поверхности стальных дисков толщиной 10 мм с диаметром 500 мм. Полярность магнитов чередуется. Зазор между соседними магнитами 20 мм. Статор генератора оппозитными магнитами 34 мм.

Распределение силовых линий магнитного поля в магнитной системе генератора (для двух соседних пар оппозитных магнитов) показано на фиг. 5.

Нормальная составляющая магнитной индукции к плоскости сечения A-A' показана на фиг. 6, где нормальная составляющая магнитной индукции к плоскости A-A' (черные точки), для сравнения показана синусоида (тонкая сплошная линия). Распределение магнитной индукции в зазоре между магнитами достаточно хорошо совпадает с синусоидальным. Амплитудное значение нормальной составляющей магнитной индукции в плоскости катушки B₀=0,262 Тл.

Оптимизация расстояния между оппозитными магнитами Оптимизация сводится к получению максимального потокоцепления Y₀, определяемого произведением B₀ H при прочих постоянных параметрах.

Результаты расчетов приведены в таблице (фиг. 7). При расчетах предполагалось, что зазор между магнитами и катушкой по 2 мм с каждой стороны.

Из таблицы видно, что оптимальное расстояние между оппозитными магнитами примерно 38 мм, при этом высота катушки H с учетом зазоров по 2 мм с каждой стороны равна 34 мм. Для расчета можно взять катушку высотой по 30 мм (больше магнитная индукция, меньше расход меди). При этом остается некоторый запас по мощности (за счет увеличения высоты катушки еще на 4 мм).

Расчет крутящего момента Момент на валу генератора может быть приблизительно найден по формуле:

$$M = \frac{P}{2 \pi F \eta}$$

где P - выходная мощность, η - КПД генератора. Пример окончательного расчета. Если частота вращения ротора равна 300 об/мин=5 об/с, то для получения выходного напряжения частотой 50 Гц необходимо 20-полюсный ротор (20 постоянных магнитов на каждом из дисков) и статор с 20 катушками.

При допустимой плотности тока в медных обмоточных проводах 3 А/мм² и максимальном токе примерно 15 А диаметр обмоточного провода должен быть равным примерно 2,5 мм.

Тогда: F=5 об/с (частота вращения ротора); n=20 (число полюсов генератора, при этом число магнитов 40, число катушек 20); B₀=0,26 Тл (амплитудное значение магнитной индукции в центре промежутка между магнитами);

$$T=0,01 \text{ м (ширина отверстия в катушке);}$$

$$L=0,08 \text{ м (длина отверстия в катушке);}$$

$$A=0,06 \text{ м (ширина катушки по средней линии);}$$

$$E=0,13 \text{ м (длина отверстия в катушке);}$$

$$H=0,03 \text{ м (высота катушки);}$$

$$A_M=0,066 \text{ м (расстояние между центрами соседних магнитов);}$$

$$D=0,0025 \text{ м (диаметр обмоточного провода);}$$

$$\lambda=0,6 \text{ (фактор упаковки);}$$

$$r=1,67 \cdot 10^{-8} \text{ Ом (удельное электрическое сопротивление медного провода).}$$

Постоянный магнит состава неодим-железо-бор призматической с основаниями 36 и 56 мм длиной 80 мм высотой (толщиной) 5 мм (или в виде сектора соответствующих размеров), намагничивание по высоте (40 штук). Соответствующая частота генератора:

$$f = \frac{F}{2} = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ Гц}$$

Из формулы для действующего выходного напряжения холостого хода одной фазы генератора:

$$U_{xx} = F n^2 \lambda \sqrt{2} \frac{8 \lambda B_0 A_M H L}{\pi^2 D^2} \left[\cos \frac{\pi T}{2 A_M} - \cos \frac{\pi A}{2 A_M} \right]$$

получаем:

$$U_{xx} = 5 \cdot 20^2 \cdot 4 \cdot \sqrt{2} \cdot 0,6 \cdot 0,26 \cdot 0,066^2 \cdot 0,03 \cdot 0,08 \left[\cos \frac{\pi \cdot 0,01}{2 \cdot 0,066} - \cos \frac{\pi \cdot 0,06}{2 \cdot 0,066} \right] \approx 248 \text{ В}$$

Число витков одной катушки:

$$N = \frac{2 \lambda (A - T) H}{\pi D^2}$$

$$N = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot (0,06 - 0,01) \cdot 0,03}{\pi \cdot 0,0025^2} \approx 92 \text{ витков}$$

Активное внутреннее сопротивление одной фазы генератора:

$$R_{гн} = \frac{16 \lambda \rho (L + A)(A - T) H n}{\pi^2 D^4}$$

$$R_{гн} = \frac{16 \cdot 0,6 \cdot 1,67 \cdot 10^{-8} \cdot (0,08 + 0,06) \cdot (0,06 - 0,01) \cdot 0,03 \cdot 20}{\pi^2 \cdot 0,0025^4} \approx 1,8 \text{ Ом}$$

При токе 15 А падение напряжения на обмотках одной фазы составит примерно 27 В. Выходное напряжение одной фазы генератора при максимальной выходной мощности будет равно 248-27=221 В (примемлемо).

Момент на валу генератора:

$$M = \frac{P}{2 \pi F \eta}$$

при выходной мощности P=3000 Вт, КПД η=0,8 и частоте вращения F=5 об/с:

$$M = \frac{3000}{2 \cdot \pi \cdot 5 \cdot 0,8} \approx 120 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Конструкция генератора. Примерные габариты генератора без корпуса и подшипников узлов: диаметр 600 мм, высота 60 мм. Ротор (фиг. 8).

На двух стальных дисках внешним диаметром 500 мм толщиной 10 мм устанавливаются катушки с чередующейся полярностью по 20 постоянных магнитов состава неодим-железо-бор (коэрцитивная сила по намагниченности 950 кА/м, остаточная индукция 1,15 Тл). Форма магнитов трапецидальная (или секторная соответствующих размеров). Размеры: основания трапеции 56 х 36 мм, длина - 80 мм, высота (толщина) - 5 мм, намагничивание по высоте. Находящиеся напротив друг друга на разных дисках магниты должны создавать в промежутке между дисками 34 мм. Диски с магнитами притягиваются друг к другу с большим усилием. Это необходимо учитывать при сборке.

Статор (фиг. 9). Катушки генератора (20 штук) имеют форму трапеции с основаниями 80 и 40 мм. Длина катушки 130 мм, высота (толщина) 30 мм. Катушки наматываются на оправку треугольной формы, каждая имеет по 92 витка медного провода диаметром 2,5 мм. Катушки устанавливаются в промежутке между ротором с магнитами на изолирующем основании и соединяются последовательно.

Зазор между магнитами и катушками в осевом направлении генератора по 2 мм с обеих сторон (воздушный зазор, узлы крепления магнитов, изоляция катушек) - фиг. 10.

Перед намоткой всех катушек желательно изготовить одну пробную, и проверить ротор на вращение с вышесказанной частотой (5 оборотов в секунду) и измерить действующее выходное напряжение катушки. Оно должно быть равно примерно 248;20=12,4 вольт. Если напряжение отличается, то нужно пропорционально скорректировать число витков в ту или иную сторону.

Схема воздушного охлаждения показана на фиг. 12. Диски с магнитами выполняют роль центробежного вентилятора. Воздух засасывается через отверстия в дисках и выбрасывается в радиальном направлении вдоль платы с катушками. Внешний корпус может быть герметичным, тогда циркулирующий воздушный поток будет охлаждаться на стенках корпуса. Для улучшения охлаждения на внешнем корпусе могут быть выполнены воздухозаборные отверстия с воздушными фильтрами, предотвращающими попадание внутрь генератора пыли и грязи.

Масса генератора: постоянные магниты (40 шт., объем каждого примерно 18,6 см³, Ne-Fe-B), примерно 5,5 кг; катушки (20 шт., объем каждой примерно 210 см³, фактор упаковки 0,6, провод медный), примерно 20 кг; ротор (2 стальных диска диаметром 500 мм, толщиной 10 мм), примерно 30 кг (массу можно уменьшить за счет отверстия в центральной части дисков, где нет магнитов), корпус, подшипники, ось - примерно 30 кг. Итого масса дискового генератора может составить 80...90 кг.

Районная деловая экспедиция разработала образцы: 1. Неодимовые магниты выполнены в форме равнобедренных трапеций, отверстие между внутренними участками витков катушек имеет форму треугольника, длину отверстия L в катушке выбирают равной длине магнитов, а число витков N катушки выбирают из соотношения

$$N = \frac{2 \lambda (A - T) H}{\pi D^2}$$

где T - ширина отверстия в катушке по средней линии трапеции, A - ширина катушки по средней линии трапеции, H - высота катушки, D - диаметр обмоточного провода, λ - фактор упаковки (отношение к площади, занятой проводом в поперечном сечении обмотки без учета изоляции, к площади поперечного сечения обмотки).



Фиг. 1

ФАКСИМИЛЬНЫЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ

Реферат:

Описание:

Рисунки:

ИЗВЕЩЕНИЯ

Дата прекращения действия патента: 29.04.2017

Дата внесения записи в Государственный реестр: 22.01.2018

Дата публикации и номер бюллетеня: 22.01.2018 Бюл. №3

Дата, с которой действие патента восстановлено: 26.03.2018

Дата внесения записи в Государственный реестр: 26.03.2018

Дата публикации и номер бюллетеня: 26.03.2018 Бюл. №9