



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2015139630/07, 17.09.2015

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.09.2015

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.09.2015

(45) Опубликовано: 20.09.2016 Бюл. № 26

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: CN 101820245 В, 31.10.2012. EP 1746716
В1, 30.11.2011. RU 94011345 А1, 10.03.1996. SU
1467580 А1, 23.03.1989. RU 2044159 С1,
20.09.1995.

Адрес для переписки:

450000, Респ. Башкортостан, г. Уфа, ул. К.
Маркса, 12, УГАТУ, ОИС, Ефремовой В.П.

(72) Автор(ы):

Исмагилов Флюр Рашитович (RU),
Хайруллин Ирек Ханифович (RU),
Вавилов Вячеслав Евгеньевич (RU),
Фаррахов Данис Рамилевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

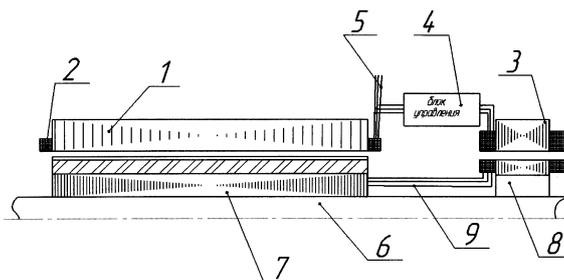
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования "Уфимский
государственный авиационный технический
университет" (RU)

(54) МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ГЕНЕРАТОР И СПОСОБ СТАБИЛИЗАЦИИ ЕГО ВЫХОДНОГО НАПРЯЖЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в магнитоэлектрических генераторах автономных систем электроснабжения. Технический результат: обеспечение возможности управления и стабилизации напряжения магнитоэлектрического генератора. На роторе генератора расположены постоянные магниты, между которыми выполнены пазы, в которых установлены нагреватели, электрически связанные с выводами подвижной части возбудителя. При этом нагреватели плотно прилегают к постоянным магнитам. Ток возбудителя пропускают через

нагревательные элементы и создают тепловое поле, температура которого пропорциональна квадрату величины тока. Созданным тепловым полем воздействуют на постоянные магниты ротора таким образом, что, изменяя температуру данного теплового поля, управляют напряжением магнитоэлектрического генератора. При коротком замыкании создают такое тепловое поле, температура которого максимально снижает энергетические характеристики постоянных магнитов и гасит магнитное поле в воздушном зазоре генератора. 2 н.п. ф-лы, 4 ил.



Фиг.1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
H02K 21/02 (2006.01)
H02P 9/14 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2015139630/07, 17.09.2015

(24) Effective date for property rights:
17.09.2015

Priority:

(22) Date of filing: 17.09.2015

(45) Date of publication: 20.09.2016 Bull. № 26

Mail address:

450000, Resp. Bashkortostan, g. Ufa, ul. K. Marksa,
12, UGATU, OIS, Efremovoj V.P.

(72) Inventor(s):

Ismagilov Flyur Rashitovich (RU),
KHajrullin Irek KHanifovich (RU),
Vavilov Vyacheslav Evgenevich (RU),
Farrakhov Danis Ramilevich (RU)

(73) Proprietor(s):

federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
professionalnogo obrazovaniya "Ufimskij
gosudarstvennyj aviatsionnyj tekhnicheskij
universitet" (RU)(54) **MAGNETOELECTRIC GENERATOR AND METHOD OF ITS OUTPUT VOLTAGE STABILIZATION**

(57) Abstract:

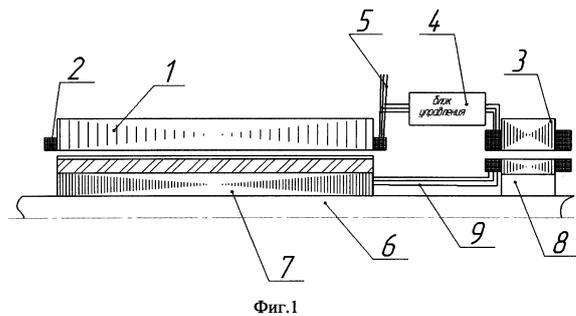
FIELD: electricity.

SUBSTANCE: invention relates to electrical engineering and can be used in magnetolectric generators of autonomous power supply systems. Permanent magnets are arranged on the generator rotor, between which there are slots, in which heaters are installed electrically connected to outputs of the movable part of the exciter. Herewith the heaters are tightly adjacent to the permanent magnets. Exciter current is passed through the heating elements and a thermal field is created, the temperature of which is proportional to square of the current value. Generated heat field acts on the rotor permanent magnets so, that by changing the temperature of the thermal field voltage of the electromagnetic generator is controlled. At a short circuit such a thermal field is created, the maximum

temperature of which reduces power characteristics of the permanent magnets and suppresses the magnetic field in the air gap of the generator.

EFFECT: enabling control and stabilization of voltage of the magnetolectric generator.

2 cl, 4 dwg



Фиг.1

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в магнитоэлектрических генераторах автономных систем электроснабжения.

Известен способ стабилизации выходного напряжения магнитоэлектрического генератора [патент CN 1262547 A1, H02K 7/12, 27.01.1999], по которому стабилизация 5 напряжения магнитоэлектрического генератора осуществляется за счет механического изменения положения ротора относительно статора благодаря возвратной пружине.

Недостатком данного способа является сложность его технической реализации и невысокая надежность, вызванная тем, что в нем применяются механические элементы, пружины, которые необходимо устанавливать внутри корпуса магнитоэлектрического 10 генератора.

Известен способ стабилизации и управления выходным напряжением магнитоэлектрических генераторов [CN 101820245, H02H 7/18, H02J 7/14, H02P 9/48, 14.05.2010], по которому устройство, реализующее данный способ, содержит схему 15 двухполупериодного мостового выпрямителя, схему модуляции напряжения, схему фильтрации выходного напряжения, схему дискретизации выходного напряжения, схему защиты, при этом стабилизирующее устройство напряжения контролирует выходное напряжение путем его измерения и регулирует выходное напряжение за счет широтно-импульсной модуляции.

Недостатком данного способа является сложность его технической реализации и 20 невысокая надежность, вызванная тем, что в нем применяются множество различных элементов и схем, а также ограниченные функциональные возможности, обусловленные отсутствием возможности запуска генератора в двигательном режиме и гашения поля генератора при внезапном коротком замыкании.

Известен способ и устройство регулирования напряжения магнитоэлектрического 25 генератора, реализующее данный способ [патент EP 1746716 A2, H02P 9/14, H02K 21/00, H02K 3/28, H02P 9/48, 20.07.2005], содержащее статор с размещенной в его пазах основной и дополнительной обмоткой, а также ротор, на котором установлены постоянные магниты. Дополнительные катушки соединены с основными через 30 полупроводниковые ключи, при подаче сигнала на которые от блока управления происходит подключение дополнительных катушек к основным катушкам таким образом, чтобы они либо снижали результирующее напряжение, либо повышали его, тем самым осуществляется стабилизация напряжения магнитоэлектрического генератора.

Недостатком аналога является сложность его технической реализации и невысокая 35 надежность, вызванная тем, что в нем применяются множество полупроводниковых ключей, а также ограниченные функциональные возможности, обусловленные отсутствием возможности гашения поля генератора при внезапном коротком замыкании, а также низкая точность стабилизации выходного напряжения магнитоэлектрического генератора.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату к 40 заявляемому относится способ стабилизации напряжения генератора с электромагнитным возбуждением и генератор для его реализации [Электрооборудование летательных аппаратов / под ред. С.А. Грузкова. - М.: МЭИ, 2005-. - ISBN 5-7046-1066-8. Т. 1: Системы электроснабжения летательных аппаратов / С.А. Грузков [и др.]. - 2005. - 568 с, стр. 185], по которому стабилизацию напряжения генератора осуществляют 45 блоком управления путем изменения тока возбуждения возбудителя, при этом ток возбуждения возбудителя, через блок выпрямителей питает обмотку ротора, и его изменение приводит к изменению тока, протекающего по обмотке ротора, а следовательно, либо к снижению, либо к повышению магнитного поля в воздушном

зазоре генератора и к изменению напряжения генератора. При этом генератор, реализующий данный способ, содержит статор, ротор, возбудитель, состоящий из неподвижной части, расположенной в корпусе со статором генератора, и подвижной части, расположенной на роторе генератора, неподвижная часть возбудителя соединена с обмоткой статора через блок управления, а подвижная часть с обмоткой возбуждения ротора через выпрямители.

Недостатком данного способа и генератора для его реализации являются ограниченные функциональные возможности, обусловленные отсутствием возможности использования его в магнитоэлектрических генераторах, ввиду отсутствия в них обмотки возбуждения, а также сложностью запуска генератора, выполненного по конструкции, реализующей данный способ в двигательном режиме.

Задача изобретения - расширение функциональных возможностей и повышение точности и надежности управления и стабилизации выходного напряжения магнитоэлектрического генератора.

Техническим результатом является возможность полного гашения магнитного поля в воздушном зазоре магнитоэлектрического генератора при коротком замыкании и возможность управления и стабилизации напряжением магнитоэлектрического генератора.

Указанный результат достигается в генераторе, содержащем статор, ротор, возбудитель, состоящий из неподвижной части, расположенной в корпусе со статором генератора, и подвижной части, расположенной на роторе генератора, причем неподвижная часть возбудителя соединена с обмоткой статора через блок управления, согласно изобретению на роторе генератора расположены постоянные магниты, между которыми выполнены пазы, в пазах установлены нагреватели, электрически связанные с выводами подвижной части возбудителя, при этом нагреватели плотно прилегают к постоянным магнитам.

Кроме того, указанный результат достигается тем, что в способе стабилизации напряжения электрического генератора, по которому напряжение генератора стабилизируют блоком управления путем изменения тока возбуждения возбудителя, согласно изобретению подвижную часть возбудителя электрически соединяют с нагревательными элементами, которые расположены в пазах ротора и плотно прилегают к его магнитам, при этом ток возбудителя пропускают через нагревательные элементы и создают тепловое поле, температура которого пропорциональна квадрату величины тока, затем созданным тепловым полем воздействуют на постоянные магниты ротора таким образом, что, увеличивая температуру данного теплового поля, снижают энергетические характеристики постоянных магнитов, а уменьшая температуру данного теплового поля, увеличивают энергетические характеристики постоянных магнитов, и тем самым управляют напряжением магнитоэлектрического генератора за счет изменения тока возбудителя, при коротком замыкании создают такое тепловое поле, температура которого максимально снижает энергетические характеристики постоянных магнитов и гасит магнитное поле в воздушном зазоре генератора.

Существо изобретения поясняется чертежами. На фигуре 1 изображен продольный разрез генератора. На фигуре 2 изображен поперечный разрез ротора генератора. На фигуре 3 изображена внешняя характеристика генератора. На фигуре 4 изображена зависимость магнитного поля в воздушном зазоре от температуры магнитов.

Предложенное устройство содержит (фиг. 1) корпус (на фигурах не показан), в котором установлен статор 1 с обмоткой 2, неподвижная часть возбудителя 3, соединенная через блок управления 4 с выводными концами обмотки статора 5, вал 6,

на который напрессовано ярмо 7 и подвижная часть возбудителя 8, электрически соединенная через выводные концы 9 с нагревательными элементами 10, установленными в пазах ротора (фиг. 2) и плотно прилегающими к постоянным магнитам 11, которые установлены на ярме 7.

5 Генератор работает следующим образом. При вращении вала 6 с ярмом 7 и постоянными магнитами 11 в обмотках 2 статора 1 наводится ЭДС, которая создает напряжение на выводных концах генератора. Через блок управления 4, соединенный с выводными концами 5 обмотки статора 2, питается электрическим током неподвижная часть возбудителя 3. Благодаря вращению неподвижной части возбудителя 8
10 относительно неподвижной части возбудителя 3, в обмотках подвижной части возбудителя 8 наводится электродвижущая сила и начинает протекать ток, величина которого регулируется блоком управления 4. При этом нагрузкой возбудителя являются нагревательные элементы 10, протекая по которым, электрический ток создает тепловую энергию, величина которой пропорциональна квадрату тока. Данная тепловая энергия
15 увеличивает температура постоянных магнитов 11 и снижает их энергетические характеристики, понижая тем самым магнитную индукцию в воздушном зазоре и электродвижущую силу в обмотках до заданной необходимой величины. При подключении к выводным концам генератора нагрузки за счет реакции якоря напряжение на выводных концах генератора просаживается (фиг. 3). При этом ток
20 возбудителя уменьшается, и температура магнитов 11 также уменьшается, что приводит к увеличению магнитной индукции в воздушном зазоре и стабилизации напряжения генератора.

Пример конкретной реализации способа.

Магнитоэлектрический генератор мощностью 100 кВт и частотой вращения 24000
25 об/мин вырабатывает фазное напряжение при холостом ходе 140 В. При этом индукция в его воздушном зазоре при применении магнитов марки NdFeB SH 38 составляет 0,8 Тл. Номинальное напряжение во всем диапазоне изменения нагрузок должно составлять 115 В. Для этого блок управления 4 обеспечивает неподвижную часть возбудителя 3 током 10 А, при этом по нагревательным элементам 10 начинает протекать ток 25 А,
30 который нагревает постоянные магниты 11 до 60 градусов. При данной температуре энергетические характеристик магнитов (остаточная индукция и коэрцитивная сила) изменяются следующим образом:

$$35 \quad B_r(\Theta) = B_r \left(1 - \frac{k_{Br}(\Theta_{ВПМ} - 23)}{100} \right), \quad (1)$$

$$40 \quad H_{св}(\Theta) = H_{св} \left(1 - \frac{k_{Hc}(\Theta_{ВПМ} - 23)}{100} \right), \quad (2)$$

где $B_r(\Theta)$, $H_{св}(\Theta)$ - действующие значения остаточной индукции и коэрцитивной силы
40 по индукции постоянных магнитов соответственно;

B_r , H_c - значения остаточной индукции и коэрцитивной силы по индукции постоянных магнитов при начальной температуре соответственно;

$\Theta_{ВПМ}$ - температура постоянных магнитов;

k_{Br} - температурный коэффициент остаточной индукции постоянных магнитов;

45 k_{Hc} - температурный коэффициент коэрцитивной силы постоянных магнитов. То есть при повышении температуры энергетические характеристики постоянных магнитов снижаются (фиг. 4).

Тогда магнитная индукция в воздушном зазоре генератора, в зависимости от

температуры магнитов, определяется в виде:

$$B_{\delta 0} = \frac{1}{1 + k_z \left(\frac{\delta_{\min} + \delta_{\delta}}{2h_M \mu_0} \right) \left(\frac{B_r(\Theta)}{k_{\text{рас}} H_{\text{сВ}}(\Theta)} \right) k_{\text{рас}}}, \quad (3)$$

где k_z - коэффициент воздушного зазора;

h_M - высота постоянных магнитов;

$k_{\text{рас}}$ - коэффициент рассеяния магнитной системы ротора;

δ_{\min} - воздушный зазор;

δ_{δ} - толщина бандажной оболочки ротора;

μ_0 - магнитная проницаемость вакуума;

И напряжение на выводных концах генератора определяется в виде:

$$U_H = \frac{4k_{\text{об}} k_{\phi} w f B_{\delta 0} S_{\text{п}}}{k_e}, \quad (4)$$

где w - число витков фазы статора;

$k_{\text{об}}$ - обмоточный коэффициент;

k_{ϕ} - коэффициент формы поля;

$S_{\text{п}}$ - площадь полюса;

k_e - коэффициент, учитывающий внутреннее падение напряжение в обмотках генератора.

Благодаря повышению температуры магнитов выходное напряжение при холостом ходе понижается до необходимых 115 В.

При подключении нагрузки к выводным концам 5 в обмотке 2 статора 1 начинает протекать ток, который создает магнитное поле реакции якоря, из-за чего выходное напряжение в генераторе снижается до 100 В. При этом блок управления 4 снижает ток неподвижной части возбудителя 3 до 3 А, при этом по нагревательным элементам 10 начинает протекать ток 8 А, поэтому температура нагревательных элементов 10 снижается до 30 градусов, то есть постоянные магниты 11 охлаждаются до 30 градусов, благодаря чему повышаются их энергетические характеристики и напряжение стабилизируется до 115 В.

При коротком замыкании блок управления 4 повышает ток неподвижной части возбудителя 3 до 15 А, при этом по нагревательным элементам 10 начинает протекать ток 40 А, поэтому температура нагревательных элементов 10 повышается до 120 градусов, то есть постоянные магниты 11 нагреваются до 120 градусов, благодаря чему снижаются их энергетические характеристики и магнитное поле в воздушном зазоре снижается до минимума, что обеспечивает защиту генератора при коротких замыканиях.

Таким образом, достигается возможность полного гашения магнитного поля в воздушном зазоре магнитоэлектрического генератора при коротком замыкании и возможность управления и стабилизации напряжением магнитоэлектрического генератора благодаря преобразованию электрической энергии возбудителя в тепловую энергию нагревателя.

Итак, заявляемое изобретение позволяет расширить функциональные возможности и повысить точность и надежность управления и стабилизации выходного напряжения магнитоэлектрического генератора.

Формула изобретения

1. Генератор, содержащий статор, ротор, возбудитель, состоящий из неподвижной части, расположенной в корпусе со статором генератора, и подвижной части, расположенной на роторе генератора, причем неподвижная часть возбудителя соединена с обмоткой статора через блок управления, отличающийся тем, что на роторе генератора расположены постоянные магниты, между которыми выполнены пазы, в пазах установлены нагреватели, электрически связанные с выводами подвижной части возбудителя, при этом нагреватели плотно прилегают к постоянным магнитам.

2. Способ стабилизации напряжения генератора, по которому напряжение генератора стабилизируют блоком управления путем изменения тока возбуждения возбудителя, отличающийся тем, что подвижную часть возбудителя электрически соединяют с нагревательными элементами, которые расположены в пазах ротора и плотно прилегают к его магнитам, при этом ток возбудителя пропускают через нагревательные элементы и создают тепловое поле, температура которого пропорциональна квадрату величины тока, затем созданным тепловым полем воздействуют на постоянные магниты ротора таким образом, что, увеличивая температуру данного теплового поля, снижают энергетические характеристики постоянных магнитов, а уменьшая температуру данного теплового поля, увеличивают энергетические характеристики постоянных магнитов, и тем самым управляют напряжением магнитоэлектрического генератора за счет изменения тока возбудителя, при коротком замыкании создают такое тепловое поле, температура которого максимально снижает энергетические характеристики постоянных магнитов и гасит магнитное поле в воздушном зазоре генератора.

25

30

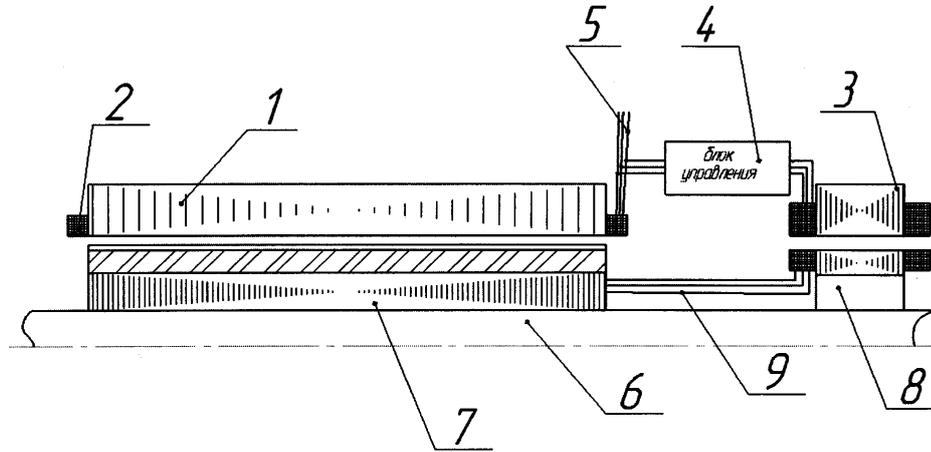
35

40

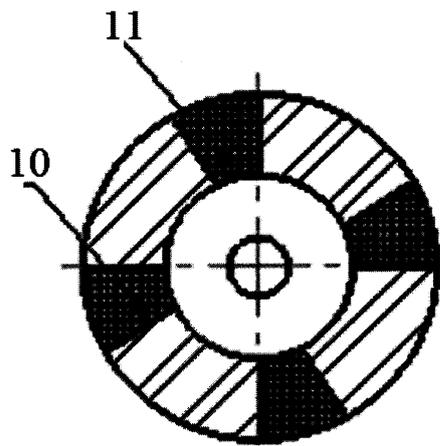
45

10

Магнитоэлектрический генератор и способ стабилизации его
выходного напряжения

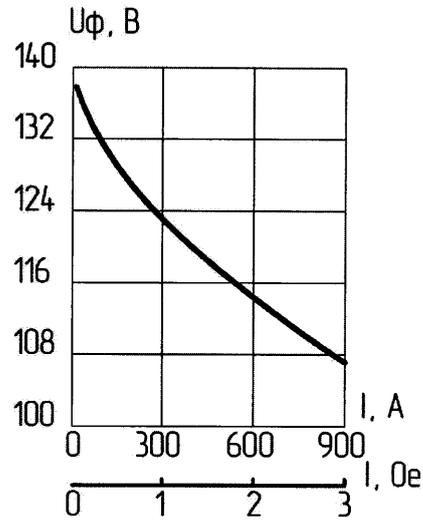


Фиг.1

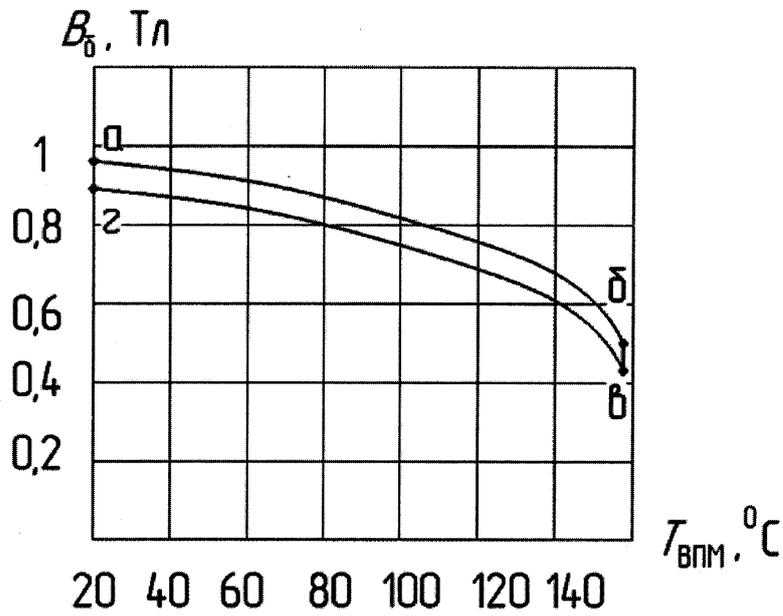


Фиг.2

Магнитоэлектрический генератор и способ стабилизации его
выходного напряжения



Фиг. 3



Фиг. 4