



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
F03B 13/20 (2018.02)

(21)(22) Заявка: 2017127435, 31.07.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
31.07.2017

Дата регистрации:  
22.06.2018

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 31.07.2017

(45) Опубликовано: 22.06.2018 Бюл. № 18

Адрес для переписки:  
197046, Санкт-Петербург, ул. Малая Посадская,  
30, АО "Концерн "ЦНИИ "Электроприбор", зам.  
генерального директора по экономике и  
управлению операционной эффективностью  
Попову А.Б.

(72) Автор(ы):  
Грязин Дмитрий Геннадьевич (RU),  
Епифанов Олег Константинович (RU)

(73) Патентообладатель(и):  
Акционерное общество "Концерн  
"Центральный научно-исследовательский  
институт "Электроприбор" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2577924 C1, 19.06.1995. RU  
2037642 C1, 19.06.1995. JPН02230969 А,  
13.09.1990. US 2016252071 А1, 01.09.2016. EP  
2461466 А1, 06.06.2012.

(54) Установка для восполнения энергии аккумуляторов малых морских автономных аппаратов и буёв

(57) Реферат:

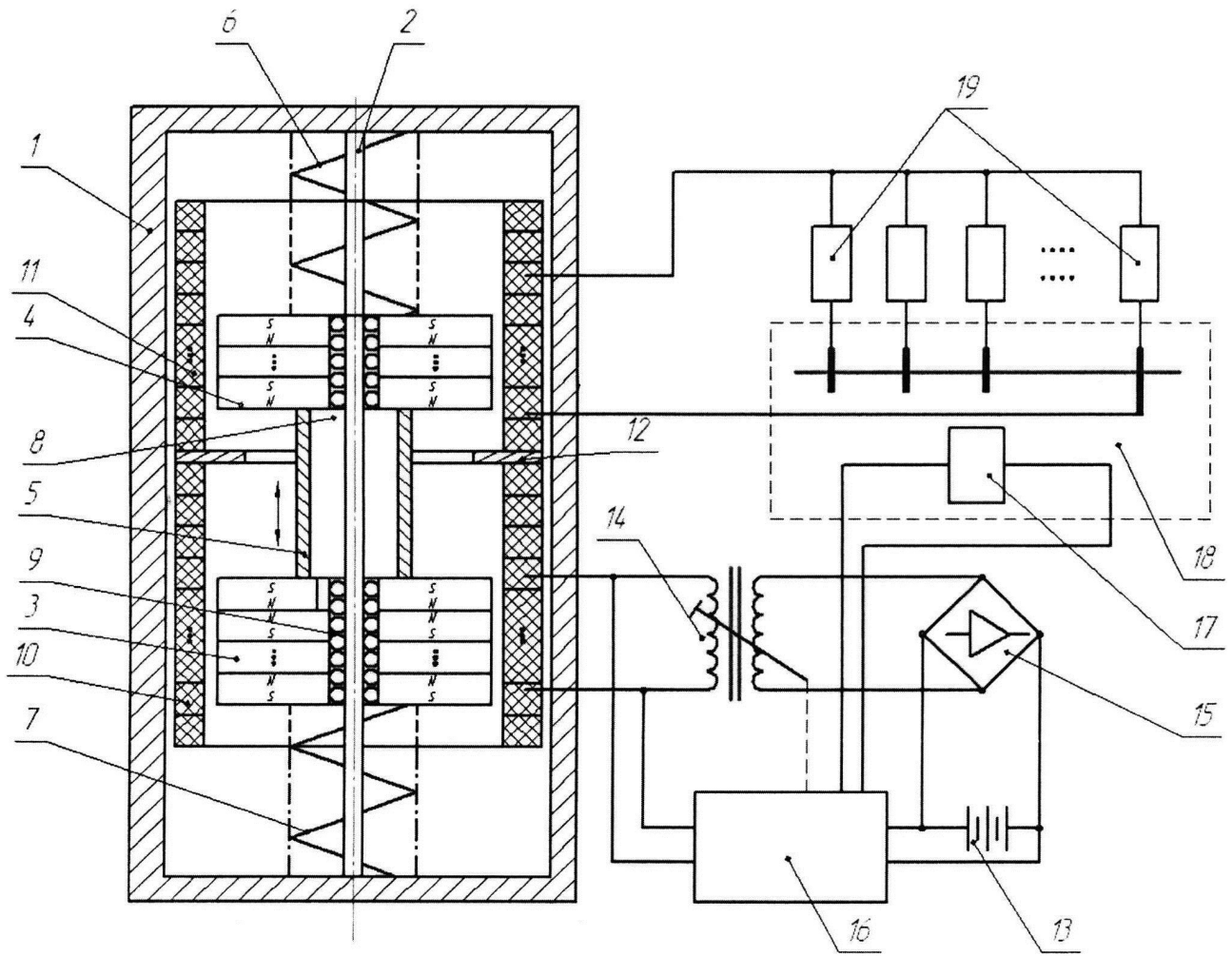
Изобретение относится к области источников для восполнения энергии и может быть использовано для пополнения энергии аккумуляторных батарей подвижных объектов. В качестве инерционного тела установки используются цилиндрические постоянные магниты, которые вместе с неподвижными обмотками образуют как линейный генератор переменного тока возвратно-поступательного движения, так и линейный возвратно-поступательный магнитоэлектрический элемент. В качестве демпфирующего механизма установлен электромагнитный демпфирующий механизм с магнитоэлектрическим элементом, создающий силу демпфирования за счет

регулируемой силы электромагнитного торможения, пропорциональной току в обмотках кольцевого статора магнитоэлектрического элемента. Вычислитель по выходному напряжению с обмотки линейного генератора переменного тока оценивает преобладающую частоту вертикальных колебаний и вырабатывает сигналы управления для электромагнитного демпфирующего механизма с целью настройки работы механической системы установки с резонансной частотой собственных колебаний. Изобретение направлено на повышение надежности работы и эффективности заряда аккумулятора, увеличения коэффициента полезного действия и ресурса установки. 1 ил.

RU 2 658 713 C1

RU 2 658 713 C1

RU 2658713 C1



RU 2658713 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*F03B 13/20 (2018.02)*

(21)(22) Application: **2017127435, 31.07.2017**

(24) Effective date for property rights:  
**31.07.2017**

Registration date:  
**22.06.2018**

Priority:

(22) Date of filing: **31.07.2017**

(45) Date of publication: **22.06.2018 Bull. № 18**

Mail address:

**197046, Sankt-Peterburg, ul. Malaya Posadskaya,  
30, AO "Kontsern "TSNII "Elektropribor", zam.  
generalnogo direktora po ekonomike i upravleniyu  
operatsionnoj effektivnostyu Popovu A.B.**

(72) Inventor(s):

**Gryazin Dmitrij Gennadevich (RU),  
Epifanov Oleg Konstantinovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Aksionernoe obshchestvo "Kontsern  
"Tsentralnyj nauchno-issledovatel'skij institut  
"Elektropribor" (RU)**

(54) **INSTALLATION FOR BATTERY ENERGY REPLENISHMENT OF SMALL MARINE AUTONOMOUS EQUIPMENT AND BUOYS**

(57) Abstract:

FIELD: power engineering.

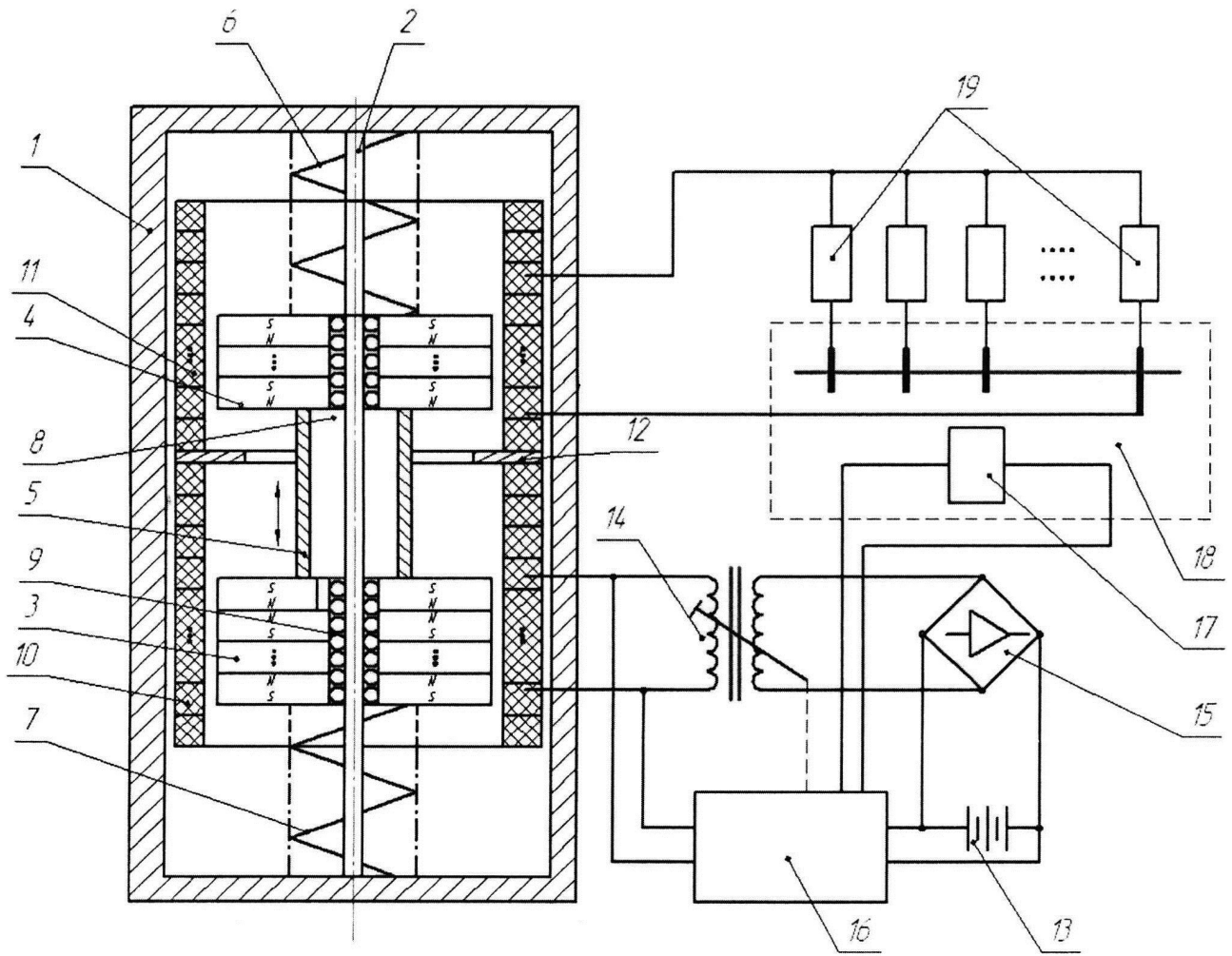
SUBSTANCE: invention relates to the field of sources for replenishment of energy and can be used to replenish the energy of storage batteries of mobile objects. As an inertial body of the installation, cylindrical permanent magnets are used, which together with fixed windings form both a linear alternating current generator of reciprocating motion and a linear reciprocating magnetolectric element. As the damping mechanism is installed an electromagnetic damping mechanism with a magnetolectric element, which creates a damping force due to the regulated force of electromagnetic braking, proportional to the current in

the windings of the ring stator of the magnetolectric element. Output voltage calculator from the winding of the linear alternator evaluates the prevailing frequency of the vertical oscillations and generates control signals for the electromagnetic damping mechanism in order to adjust the operation of the mechanical system of the installation with the resonance frequency of natural oscillations.

EFFECT: invention is aimed at improving the reliability of the battery performance and efficiency, increasing the efficiency and the resource of the installation.

1 cl, 1 dwg

RU 2658713 C1



RU 2658713 C1

Изобретение относится к области источников для восполнения энергии и может быть использовано для пополнения энергии аккумуляторных батарей подвижных объектов, работающих в условиях качки, например малых морских автономных надводных, подводных аппаратов и буев, работающих как в условиях воздействия

5

поверхностного морского волнения, так и подповерхностных волн. Известна поплавокная волновая электростанция (патент РФ №2037642), преобразующая энергию морских волн в электроэнергию, корпус которой представляет собой цилиндрическую вытянутую герметичную капсулу, расположенную вертикально на поверхности моря за счет балласта в ее нижней части. Внутри капсулы подвешена

10

на раме колебательная система, представляющая собой инерционную массу, подвешенную на пружине и совершающую вертикальные колебательные возвратно-поступательные линейные перемещения, которая связана с генератором переменного тока и маховиком через привод, преобразующий возвратно-поступательные перемещения инерционной массы во вращательное движение как ротора генератора, так и маховика. За счет качки капсулы подвижная инерционная масса совершает

15

вертикальные колебательные перемещения, а связанный с ней привод преобразует энергию, раскручивающую маховик, который является накопителем энергии. Маховик, в свою очередь, подключается к генератору при необходимости увеличения тока потребления. К недостаткам этой волновой электростанции относится отсутствие

20

возможности перестройки резонансной частоты колебательной системы с целью увеличения ее КПД при изменении средней частоты поверхностных гравитационных волн, непосредственно связанной с их длиной. Подобное изменение частоты и длины волн будет происходить при изменении характера и интенсивности волнения. Кроме того, известно устройство для восполнения энергии морских буев (патент РФ №2577924). В корпусе этого устройства расположена неподвижно опора в виде рамы с вертикальными направляющими. Механическая система содержит инерционное тело (подвижную массу) в виде груза, перемещающегося на этих вертикальных направляющих и подвешенного сверху через блок на гибкой тяге, противоположный конец которой прикреплен к основанию рамы через упругий элемент подвески - пружину, и генератор

25

переменного тока. Вал генератора кинематически соединен с валом одного из роликов блока, вращающегося под воздействием вертикального колебательного возвратно-поступательного перемещения инерционного тела. В состав устройства входит аккумулятор, подключенный к генератору через диодный выпрямитель, трансформатор с устройством изменения его коэффициента трансформации и цифровой вычислитель, выполняющий функции электрического регулятора, осуществляющего управление

35

собственной частотой колебаний механической системы. Цифровой вычислитель соединен с выходом генератора для оценки частоты колебаний, а также аккумулятором и вырабатывает сигнал на шаговый двигатель, который является исполнительным органом воздушного демпфера в системе воздушного демпфирования, регулирующего

40

степень успокоения колебательной системы и средней частоты ее собственных колебаний за счет изменения коэффициента демпфирования путем перекрытия площади воздушной трубки в демпфирующем механизме диском, управляемым от шагового двигателя. Для повышения КПД колебательная система устройства настраивается в резонанс со средней частотой вертикальных колебаний с помощью изменения коэффициента демпфирования.

45

Данное устройство выбрано за прототип предлагаемого изобретения. Устройство-прототип позволяет обеспечить выработку электрической энергии для заряда аккумуляторных батарей, однако имеет большое число подвижных механических элементов, в которых возникают силы трения, что ограничивает ресурс его работы,

надежность и КПД в условиях функционирования на качке, а также настраивается на среднюю частоту колебаний вследствие пневматического (воздушного) демпфирования колебаний инерционного тела и большой постоянной времени механической колебательной системы, что не всегда оправдано в условиях качки с двухмодальным спектром, который возникает от наложения волн зыби на ветровые волны.

Как известно [Д.А. Браславский. Приборы и датчики летательных аппаратов // Издательство «Машиностроение», Москва, 1970, стр. 76], выражение для частоты собственных колебаний механической системы  $\omega_c$  имеет вид:

$$\omega_c = \omega_0 \sqrt{1 - \xi^2},$$

где  $\omega_0 = \sqrt{\frac{c_{жс}}{m}}$  - частота свободных, недемпфированных колебаний системы,

$c_{жс}$  - жесткость упругого элемента,

$m$  - масса инерционного тела,

$$\xi = \frac{K_D}{2\sqrt{mc_{жс}}} - \text{степень успокоения системы,}$$

$K_D$  - коэффициент демпфирования.

Таким образом, изменение частоты собственных колебаний механической системы достигается за счет изменения коэффициента демпфирования.

Решаемой технической проблемой изобретения является совершенствование конструкции прототипа. Заявляемая установка позволит производить перенастройку частоты собственных колебаний механической системы в зависимости от преобладающей частоты вертикальных колебаний. Совершенствование конструкции производится путем ее упрощения с уменьшением силы трения в ее элементах и реализации управляемого электромагнитного демпфирующего механизма с магнитоэлектрическим элементом.

Технический результат - повышение надежности работы и эффективности заряда аккумулятора, увеличения коэффициента полезного действия и ресурса установки. Технический результат достигается тем, что установка для восполнения энергии аккумуляторов малых морских автономных аппаратов и буев, содержащая плавучий корпус и расположенные в нем цилиндрическое основание с неподвижной направляющей, подвижное инерционное тело, контактирующее с вертикальной направляющей, упругий пружинный подвес, прикрепленный к неподвижной направляющей, систему демпфирования собственных механических колебаний инерционного тела, линейный генератор переменного тока, выходная обмотка которого подключена через трансформатор к устройству изменения его коэффициента трансформации и диодный выпрямитель к заряжаемому аккумулятору, шаговый двигатель и цифровой вычислитель, соединенный как с шаговым двигателем, генератором переменного тока, аккумулятором, так и с устройством изменения коэффициента трансформации, согласно изобретению, снабжена электромагнитным демпфирующим механизмом с магнитоэлектрическим элементом, по оси которого закреплена вертикальная направляющая, линейный генератор переменного тока выполнен линейным с ротором в виде цилиндрического постоянного магнита, имеющим возможность возвратно-поступательного движения на неподвижной направляющей,

и с кольцевым статором с выходной обмоткой, который смонтирован непосредственно на внутренней поверхности цилиндрического основания неподвижно и соосно с неподвижной направляющей, а электромагнитный демпфирующий механизм с магнитоэлектрическим элементом состоит из цилиндрического постоянного магнита, располагаемого подвижно на неподвижной направляющей и прикрепляемого неподвижно сверху к ротору линейного генератора переменного тока, образуя вместе с ним инерционное тело, и из кольцевого статора с обмоткой, прикрепляемого неподвижно к кольцевому статору линейного генератора переменного тока, причем кольцевые статоры линейного генератора переменного тока и магнитоэлектрического элемента расположены радиально напротив по отношению к своим постоянным магнитам, при этом кольцевые статоры линейного генератора переменного тока и магнитоэлектрического элемента размещены снаружи упругого пружинного подвеса, а обмотка кольцевого статора магнитоэлектрического элемента через управляемый контактор подключена к одному или нескольким из нагрузочных резисторов с номиналом сопротивления, определяемым вычислительным устройством, управляющим переключением контактора командами управления на шаговый двигатель по выходному напряжению с обмотки кольцевого статора линейного генератора переменного тока, путем расчета значения преобладающей частоты вертикальных колебаний инерционного тела из распределения частот его колебаний и адаптивного изменения коэффициента демпфирования для настройки работы механической системы установки с резонансной частотой собственных колебаний, за счет соответствующего изменения величины протекающего тока в обмотке кольцевого статора магнитоэлектрического элемента при подключении того или иного из нагрузочных резисторов.

На чертеже показан общий вид установки для восполнения энергии аккумуляторов малых морских автономных аппаратов и буев, где приняты следующие обозначения:

- 1 - цилиндрическое основание;
- 2 - неподвижная направляющая;
- 3 - постоянные магниты ротора генератора;
- 4 - постоянные магниты магнитоэлектрического элемента;
- 5 - немагнитное соединительное кольцо (далее - немагнитное кольцо);
- 6 - верхняя пружина подвеса;
- 7 - нижняя пружина подвеса;
- 8 - верхний линейный подшипник инерционного тела;
- 9 - нижний линейный подшипник инерционного тела;
- 10 - обмотка кольцевого статора генератора (далее - обмотка генератора);
- 11 - обмотка кольцевого статора магнитоэлектрического элемента (далее - обмотка магнитоэлектрического элемента);
- 12 - разъединительное кольцо;
- 13 - аккумулятор;
- 14 - трансформатор;
- 15 - диодный выпрямитель;
- 16 - цифровой вычислитель;
- 17 - шаговый двигатель;
- 18 - управляемый контактор;
- 19 - нагрузочные резисторы.

Предлагаемая установка для восполнения энергии аккумуляторов малых морских автономных аппаратов и буев содержит цилиндрическое основание 1, закрепленное внутри корпуса плавучего объекта неподвижно относительно него. В цилиндрическом

основании 1 по его вертикальной оси установлена и закреплена неподвижная направляющая 2, вдоль которой, при вертикальных колебаниях плавучего объекта на волнении, передвигается инерционное тело (подвижная масса), состоящая из цилиндрических постоянных магнитов ротора 3 и магнитоэлектрического элемента 4, соединенных неподвижно друг относительно друга немагнитным кольцом 5. Подвижная масса подвешена на верхней пружине 6 и нижней пружине 7, которые соответственно внутри цилиндрического основания закреплены к его противоположным по оси сторонам. Между соединенными постоянными магнитами ротора 3 и магнитоэлектрического элемента 4 и направляющей установлены линейные подшипники инерционного тела - верхний 8 и нижний 9. Напротив радиально по отношению к постоянным магнитам ротора 3 и магнитоэлектрического элемента 4 на внутренней поверхности цилиндрического основания 1 закреплены кольцевые статоры с обмотками генератора 10 и обмотками магнитоэлектрического элемента 11. Магнитоэлектрический элемент расположен непосредственно над линейным генератором. При этом каждый из постоянных магнитов ротора 3 и магнитоэлектрического элемента 4 может состоять из нескольких постоянных магнитов с различным направлением намагничивания, а обмотки генератора 10 и обмотки магнитоэлектрического элемента 11 могут включать в себя соответственно несколько секций электрически соединенных между собой обмоток. Кольцевые статоры с обмотками генератора 10 и магнитоэлектрического элемента 11 электрически и конструктивно разъединены кольцом 12. Аккумулятор 13 соединен с обмоткой генератора 10 через трансформатор 14, содержащий устройство изменения его коэффициента трансформации, и диодный выпрямитель 15. Цифровой вычислитель 16 соединен с выходной обмоткой генератора 10, аккумулятором 13 и диодным выпрямителем 15, а также соединен с обмоткой шагового двигателя 17 управляемого контактора 18. Управляемый контактор 18 подключает к обмотке магнитоэлектрического элемента 11 один или несколько нагрузочных резисторов 19. В установке реализован электромагнитный демпфирующий механизм, состоящий из цилиндрических постоянных магнитов магнитоэлектрического элемента 4 и его неподвижного кольцевого статора с обмотками 11, нагрузочных резисторов 19 с различными по номиналу сопротивлениями и управляемого контактора 18 с шаговым двигателем 17. Цифровой вычислитель 16 представляет собой вычислительно-управляющее устройство.

Установка работает следующим образом.

При движении плавучего корпуса на волнении инерционное тело (подвижная масса), состоящее из цилиндрических постоянных магнитов ротора 3 и магнитоэлектрического элемента 4 и имеющее упругий подвес в виде верхней 6 и нижней 7 пружин, совершает линейное возвратно-поступательное движение по неподвижной направляющей 2. В обмотке генератора 10 вырабатывается энергия (переменное напряжение). Регулирование амплитуды переменного напряжения, поступающего с обмотки генератора 10 через трансформатор 14 и диодный выпрямитель 15 на вход аккумулятора 13, осуществляется с помощью цифрового вычислителя 16 и устройства изменения коэффициента трансформации трансформатора 14. Цифровой вычислитель 16, соединенный с обмоткой генератора 10, являющейся выходом генератора, осуществляет расчет преобладающей частоты вертикальных колебаний плавучего корпуса, вычисляемой из распределения частот вертикальных колебаний инерционного тела по выходному переменному напряжению от обмотки генератора 10, и вырабатывает сигнал управления шаговому двигателю 17 управляемого контактора 18, который подключает к обмотке кольцевого статора магнитоэлектрического элемента 11 один



или несколько из нагрузочных резисторов 19 для получения требуемого значения коэффициента демпфирования за счет протекающего тока в обмотке магнитоэлектрического элемента 11, создающего пропорциональный его силе при взаимодействии с постоянными магнитами магнитоэлектрического элемента 4 силу электромагнитного торможения подвижной массы, что, в свою очередь, обеспечивает настройку с помощью цифрового вычислителя 16 частоту собственных колебаний механической системы установки, необходимую для работы в резонансном режиме с преобладающей частотой вертикальных колебаний плавучего корпуса. Также для обеспечения высокой эффективности работы установки и, соответственно, заряда ее аккумулятора инерционное тело подвешено в упругом подвижном подвесе между верхней 6 и нижней 7 пружинами, что повышает амплитуду его собственных вертикальных колебаний и, соответственно, повышает напряжение на обмотке генератора 10, поступающего на аккумулятор 13.

Возможность работы установки проверена с помощью компьютерного моделирования. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что указанные существенные признаки позволяют производить настройку частоты колебаний механической системы установки для ее работы в резонансном режиме с преобладающей частотой вертикальных колебаний плавучего корпуса, что в зависимости от ширины спектра набегающих волн не менее чем на 30% увеличивает коэффициент полезного действия подобных установок. Минимальное число подвижных механических элементов, в которых возникают силы трения, увеличивает ресурс его работы и надежность по сравнению с прототипом в условиях функционирования на качке, а автоматическая адаптивная настройка механической системы в резонанс с преобладающей частотой колебаний позволяет увеличить эффективность заряда аккумулятора и коэффициент полезного действия генератора. Таким образом, заявленный технический результат считается достигнутым.

#### (57) Формула изобретения

Установка для восполнения энергии аккумуляторов малых морских автономных аппаратов и буев, содержащая плавучий корпус и расположенные в нем цилиндрическое основание с неподвижной направляющей, подвижное инерционное тело, контактирующее с вертикальной направляющей, упругий пружинный подвес, прикрепленный к неподвижной направляющей, систему демпфирования собственных механических колебаний инерционного тела, линейный генератор переменного тока, выходная обмотка которого подключена через трансформатор к устройству изменения его коэффициента трансформации и диодный выпрямитель к заряжаемому аккумулятору, шаговый двигатель и цифровой вычислитель, соединенный как с шаговым двигателем, генератором переменного тока, аккумулятором, так и с устройством изменения коэффициента трансформации, отличающаяся тем, что установка снабжена электромагнитным демпфирующим механизмом с магнитоэлектрическим элементом, по оси которого закреплена вертикальная направляющая, линейный генератор переменного тока выполнен линейным с ротором в виде цилиндрического постоянного магнита, имеющим возможность возвратно-поступательного движения на неподвижной направляющей, и с кольцевым статором с выходной обмоткой, который смонтирован непосредственно на внутренней поверхности цилиндрического основания неподвижно и соосно с неподвижной направляющей, а электромагнитный демпфирующий механизм с магнитоэлектрическим элементом состоит из цилиндрического постоянного магнита, располагаемого подвижно на неподвижной направляющей и прикрепляемого

неподвижно сверху к ротору линейного генератора переменного тока, образуя вместе с ним инерционное тело, и из кольцевого статора с обмоткой, прикрепляемого неподвижно к кольцевому статору линейного генератора переменного тока, причем кольцевые статоры линейного генератора переменного тока и магнитоэлектрического элемента расположены радиально напротив по отношению к своим постоянным магнитам, при этом кольцевые статоры линейного генератора переменного тока и магнитоэлектрического элемента размещены снаружи упругого пружинного подвеса, а обмотка кольцевого статора магнитоэлектрического элемента через управляемый контактор подключена к одному или нескольким из нагрузочных резисторов с номиналом сопротивления, определяемым вычислительным устройством, управляющим переключением контактора командами управления на шаговый двигатель по выходному напряжению с обмотки кольцевого статора линейного генератора переменного тока, путем расчета значения преобладающей частоты вертикальных колебаний инерционного тела из распределения частот его колебаний и адаптивного изменения коэффициента демпфирования для настройки работы механической системы установки с резонансной частотой собственных колебаний, за счет соответствующего изменения величины протекающего тока в обмотке кольцевого статора магнитоэлектрического элемента при подключении того или иного из нагрузочных резисторов.

20

25

30

35

40

45

УСТАНОВКА ДЛЯ ВОСПОЛНЕНИЯ ЭНЕРГИИ АККУМУЛЯТОРОВ МАЛЫХ  
МОРСКИХ АВТОНОМНЫХ АППАРАТОВ И БУЁВ

