(19) Евразийское патентное ведомство

(11) 039882 (13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2022.03.23

(21) Номер заявки
202191110

(22) Дата подачи заявки
2021.05.21

(51) Int. Cl. ***F03B 13/22*** (2006.01)
B63G 8/00 (2006.01)

(54) СИСТЕМА ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПОДВОДНОГО АППАРАТА

(31) **2020144021**
(32) **2020.12.28**
(33) **RU**
(43) **2022.03.21**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ "САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ" (RU)

(72) Изобретатель:
Мартынов Александр Александрович (RU)

(56) RU-C1-2724197
CN-A-106150844
RU-C1-2325549
EA-B1-032002

(57) Полезная модель относится к области электротехники и может быть использована в электроэнергетических системах подводных аппаратов с большой автономностью и дальностью плавания. Техническим результатом полезной модели является увеличение дальности, автономности и скрытности работы подводного аппарата. Технический результат достигается тем, что система энергообеспечения подводного аппарата дополнена капсулой с положительной плавучестью, в которой размещен электрический генератор кольцевого типа с магнитоэлектрическим возбуждением, в полости ротора которого размещены лопасти винта, обмотка статора генератора подключена к выпрямителю. Выпрямитель соединен кабель-тросом с зарядным устройством, выход которого подключен к аккумуляторной батареи. Для увеличения скорости потока воды, поступающей на лопасти винта, на входе капсулы установлена насадка конической формы. Кабель-трос наматывается на барабан, размещенный в негерметизированном отсеке подводного аппарата. При зарядке аккумуляторной батареи кабель-трос размотан, капсула с электрическим генератором находится в верхних слоях морского потока, имеющих наибольшую скорость, а после окончания зарядки аккумуляторной батареи кабель-трос наматывается на барабан и капсула втягивается в негерметизированный отсек подводного аппарата, где установлен барабан с кабель-тросом.

039882 B1

039882 B1

Изобретение относится к области электротехники и может быть использовано в электроэнергетических системах подводных аппаратов с большой автономностью и дальностью плавания.

Известна "Система электроснабжения телеуправляемого подводного аппарата с судна-носителя" (Патент РФ № 46611. МПК: H01Q; B60L; B63H, опубл. 10.07.2005 г., Б.И. № 19), содержащая входной преобразователь, вход которого соединен с судовой электрической сетью, инверторное устройство, силовой трансформатор, кабель-трос. Электрическая энергия переменного тока с судна-носителя передается на подводный аппарат, с помощью кабель-троса, питающий конец которого соединен с первичными обмотками согласующего трансформатора, установленного на подводном аппарате. Вторичные обмотки согласующего трансформатора подключены к управляемым выпрямителям. Выход одного из управляемых выпрямителей подключен к клеммам питания аппаратуры подводного аппарата, а выход второго управляемого выпрямителя подключен к преобразователю постоянного тока, выход которого подключен к клеммам питания аппаратуры подводного аппарата.

В этой системе энергообеспечения подводного аппарата передача электрической энергии с судна-носителя на борт подводного аппарата осуществляется по электрическому кабелю, который постоянно связывает между собой судно-носитель и подводный аппарат и имеет следующие недостатки: ограничены глубина погружения, автономность и дальность плавания подводного аппарата, ограничена и величина электрической энергии, передаваемой на борт подводного аппарата по электрическому кабелю; отсутствует скрытность работы подводного аппарата.

Известно "Устройство для бесконтактной передачи электроэнергии на подводный объект" (Патент РФ № 2502170. МПК: H02J3, опубл. 20.12.2013 г., Б.И. № 35), которое содержит однофазный автономный инвертор напряжения повышенной частоты, блок управления этим инвертором, входной конденсатор и первичная сторона трансформатора повышенной частоты, размещенные на судне-носителе. На подводном объекте размещены вторичная сторона трансформатора повышенной частоты, выпрямитель, сглаживающий реактор и выходной конденсатор. Трансформатор выполнен с разъемным сердечником магнитопровода.

Передача электрической энергии на борт подводного аппарата осуществляется через немагнитный зазор ферромагнитного сердечника трансформатора, размещенного в разъемном стыковочном узле, при механическом контакте сопрягаемых частей стыковочного узла.

Известное устройство имеет следующие недостатки: снижение коэффициента полезного действия и надежности энергообеспечения подводных аппаратов из-за увеличения тока намагничивания трансформатора, увеличения потерь мощности, вызванных появлением на сопрягаемых поверхностях стыковочного узла посторонних объектов - ракушек, водорослей и т.п.; ограничение автономности и дальности плавания подводного аппарата из-за необходимости нахождения судна-носителя в районе работы подводного аппарата для периодического пополнения энергии подводного аппарата.

Наиболее близким к заявляемому изобретению является "Устройство для обслуживания и ремонта подводно-кабельных магистралей связи". (Патент РФ № 2389638. МПК: B63C; H02G; F03B, опубл. 05.20.2010 г.).

Устройство содержит плавающий волновой источник энергии, воздушную турбину, электрический генератор, кабель-трос, аккумуляторную батарею и два электродвигателя. Конструктивно плавающий волновой источник энергии состоит из трех шарнирно соединенных между собой понтонов, воспринимающих колебания морских волн и представляет собой заякореваемый преобразователь энергии морских волн, снабженный водяным якорем, состоящим из плоского круга с растяжками. На одном из понтонов размещены емкость для закачки воздуха, воздушная турбина и электрический генератор, вал которого механически соединен с валом воздушной турбины. Кабель-трос механически и электрически соединен с электрическим генератором и подводным аппаратом.

Поднимаясь или падая, волна, соответственно, выталкивает или всасывает воздух внутрь емкости. Движение столба воздуха при этом приводит в движение воздушную турбину и электрический генератор. Электрический генератор вырабатывает электрическую энергию, которая по кабель-тросу передается аккумулятору и электродвигателю подводного аппарата. Кроме этого, вырабатываемая электрическая энергия передается гребному электродвигателю, установленному на одном из понтонов для перемещения корпуса плавающего волнового источника энергии вслед за подводным аппаратом.

Недостатками известного устройства, принятого за прототип, являются: ограничение скорости перемещения подводного аппарата; отсутствие скрытности работы подводного аппарата и возможности отсоединения от плавающего волнового источника энергии в случае необходимости из-за постоянной механической и электрической связи подводного аппарата с плавающим волновым источником энергии в течение всего времени работы подводного аппарата; низкая эффективность преобразования энергии волн в электрическую энергию, низкие показатели надежности и долговечности из-за наличия большого числа промежуточных преобразователей энергии волн в электрическую энергию и необходимости дополнительной выработки электрической энергии, передаваемой гребному электродвигателю для перемещения корпуса плавающего волнового источника энергии вслед за подводным аппаратом.

Задачей изобретения является создание автономной системы энергообеспечения подводного аппарата, обеспечивающей его электрической энергией без ограничения скорости и дальности передвижения.

Техническим результатом является увеличение дальности, автономности и скрытности работы подводного аппарата.

Технический результат достигается тем, что в систему энергообеспечения подводного аппарата, содержащую электрический генератор, кабель-трос, аккумуляторную батарею, причем кабель-трос механически и электрически соединен с электрическим генератором и подводным аппаратом, дополнительно введены капсула, барабан, выпрямитель и зарядное устройство, при этом капсула выполнена с герметичными полостями и внутренней сквозной полостью, в которой установлен электрический генератор с обмоткой, размещенной на статоре, и постоянными магнитами, размещенными на наружной поверхности ротора, а к внутренней поверхности ротора и к ступице ротора закреплены лопасти винта, капсула снабжена насадкой конической формы, установленной на входе внутренней сквозной полости, обмотка статора электрического генератора подключена к выпрямителю, кабель-трос механически закреплен с одной стороны к капсуле, а с другой - к барабану, который размещен в негерметичном отсеке подводного аппарата и снабжен электромеханическим приводом, электрически кабель-трос с одной стороны подключен к выпрямителю, размещенному в капсуле, а с другой - подключен через герметичный ввод к входу зарядного устройства, выход которого подключен к аккумуляторной батареи, которая вместе с зарядным устройством размещена в герметичном отсеке подводного аппарата.

Существенные отличия, позволяющие реализовать технический результат:

повышена эффективность преобразования энергии волн в электрическую энергию, благодаря размещению лопастей винта внутри корпуса электрического генератора и установки насадки конической формы на входе внутренней сквозной полости капсулы;

повышены автономность, дальность и скрытность работы подводного аппарата благодаря тому, что подводный аппарат снабжен собственным электрическим генератором, размещенным в капсуле, связанной с подводным аппаратом кабель-тросом, и выполненной с герметичными полостями, обеспечивающими ей положительную плавучесть.

После окончания заряда аккумуляторной батареи капсула с электрическим генератором убирается в негерметичный отсек подводного аппарата и не мешает движения подводного аппарата с требуемой скоростью.

Сущность изобретения поясняется чертежами, где:

на фиг. 1 приведена схема электромеханической связи подводного аппарата и капсулы с электрическим генератором и введены следующие обозначения:

1 - подводный аппарат,

2 - капсула,

3 - электрический генератор,

4 - барабан,

5 - кабель-трос,

6 - выпрямитель,

7 - зарядное устройство,

8 - насадка конической формы,

9 - негерметичный отсек подводного аппарата,

10 - электромеханический привод барабана,

11 - аккумуляторная батарея,

12 - герметичный отсек подводного аппарата;

на фиг. 2 приведена конструктивная схема капсулы с электрическим генератором и введены следующие обозначения:

13 - лопасти винта,

14 - ступица ротора,

15 - ротор электрического генератора (индуктор с постоянными магнитами),

16 - статор электрического генератора с обмоткой,

17 - герметичные полости;

на фиг. 3 приведена электрическая схема соединений системы энергообеспечения подводного аппарата и введены следующие обозначения:

1 - подводный аппарат,

2 - капсула,

3 - электрический генератор,

5 - кабель-трос,

6 - выпрямитель,

7 - зарядное устройство,

11 - аккумуляторная батарея.

Система энергообеспечения подводного аппарата содержит подводный аппарат 1, капсулу 2 с электрическим генератором 3, барабан 4 с кабель-тросом 5, выпрямитель 6, зарядное устройство 7, капсула 2 снабжена насадкой конической формы 8, обмотка статора электрического генератора 3 подключена к выпрямителю 6, кабель-трос 5 механически закреплен с одной стороны к капсуле 2, а с другой стороны -

к барабану 4, который размещен в негерметичном отсеке 9 внутри подводного аппарата 1 и снабжен электромеханическим приводом 10, кабель-трос 5 электрически подключен с одной стороны к выпрямителю 6, размещенному в капсуле 2, а с другой стороны подключен через герметичный ввод к входу зарядного устройства 7, выход которого подключен к аккумуляторной батареи 11, которая вместе с зарядным устройством 7 размещена в герметичном отсеке 12 подводного аппарата 1. Лопасти винта 13 закреплены на ступице 14 и на внутренней поверхности ротора 15. Ротор 15 с постоянными магнитами установлен в расточке статора 16 с обмоткой. В капсуле 2 размещены герметичные полости 17 для обеспечения положительной плавучести капсулы 2 вместе с электрическим генератором 3.

Система энергообеспечения подводного аппарата работает следующим образом.

Перед зарядкой аккумуляторной батареи подводный аппарат 1 перемещается в область акватории океана с достаточной для эффективной зарядки аккумуляторной батареи скоростью морского течения. Это могут быть участки приливно-отливных течений, проливы, естественные сужения подводного рельефа, где скорость морского течения выше скорости течения на уровне водной поверхности. Подводный аппарат 1 ложится на морское дно, электромеханический привод 10 вращает барабан 4, кабель-трос 5 раскручивается, а капсула 2, благодаря наличию герметичных полостей 17, поднимается вверх и достигает слои морского потока, имеющие наибольшую скорость. Морской поток входит в насадку конической формы 8, убыстряется и попадает на лопасти винта 13 и приводит его во вращение. Вместе с лопастями винта 13 и ступицей 14 вращается и ротор (индуктор) 15. Магнитный поток ротора 15 пересекает проводники обмотки статора 16 и наводит в них электродвижущую силу (ЭДС). Напряжение с обмотки статора электрического генератора 3 поступает на вход выпрямителя 6, и далее по кабель-тросу 5 поступает в герметичный отсек 12 подводного аппарата 1 на вход зарядного устройств 7. Напряжение с выхода зарядного устройства 7 поступает на аккумуляторную батарею 11 и заряжает ее. По окончании заряда аккумуляторной батареи 11 включается электромеханический привод 10 барабана 4, кабель-трос 5 накручивается на барабан 4, капсула 2 втягивается в негерметичный отсек 9. Электромеханический привод 10 выключается. После этого подводный аппарат 1 готов к продолжению работы в штатном режиме.

Пример расчета основных параметров системы энергообеспечения подводного аппарата.

Мощность $P_г$, генерируемая электрическим генератором, определяется с учетом эффективности работы генератора и винта [1]:

$$P_г=\eta_г \cdot \eta_в \cdot P_п,$$

где $P_п$ - мощность морского потока, поступающего на лопасти винта, Вт;

$\eta_г$ - КПД генератора, значение $\eta_г$=0,85-0,95;

$\eta_в$ - КПД винта, значение $\eta_в$=0,5-0,7.

Мощность морского потока, поступающего на лопасти винта, рассчитывается по формуле, приведенной в [1]:

$$P_п=\rho \cdot g \cdot Q \cdot H, \text{ Вт},$$

где:

ρ - плотность воды равна 1000 кг/м^3;

g - ускорение свободного падения равно 9,81 м/с^2;

Q - расход воды, м^3/с;

H - скоростной напор морского потока, м;

$$Q=S_т \cdot \upsilon_п;$$

$S_т$ - площадь сечения, через которое проходит морской поток на лопасти винта, м^2;

$\upsilon_п$ - скорость морского потока через лопасти винта, м/с.

Скоростной напор морского потока H можно определить по формуле:

$$H= \upsilon^2_п/2g.$$

С учетом значений параметров, приведенных выше, мощность морского потока можно определить по формуле:

$$P_п=0,5 \cdot \rho \cdot S_Т \cdot \upsilon_п^3 \text{ Вт}$$

Зададимся параметрами для расчета мощности электрического генератора:

размер диаметра лопастей винта D=0,5 м;

скорость морского потока $\upsilon_п$=3,084 м/с=11,1 км/ч;

плотность воды ρ=1000 кг/м^3.

Площадь $S_Т$ определяется с учетом известного значения диаметра лопастей винта D:

$$S_Т=\pi \cdot D^2/4=0,1963 \text{ м}^2.$$

Определим величину мощности морского потока, поступающего в полость винта без насадки конической формы:

$$P_п=0,5 \cdot \rho \cdot S_Т \cdot \upsilon_п^3=0,5 \cdot 1000 \cdot 0,1963 \cdot \upsilon_п^3=98,17 \cdot \upsilon_п^3 \text{ Вт}.$$

Значение мощности $P_п$ является по сути предельным значением мощности, которую можно получить от электрического генератора без учета потерь в электрическом генераторе и турбине при заданном значении скорости морского потока, размерах винта и отсутствии насадки конической форма на капсуле.

Мощность, генерируемая электрическим генератором $P_г$ с учетом минимально возможных значений КПД генератора $\eta_г$=0,9 и винта (турбины) $\eta_в$=0,5, в этом случае составит:

$$P_г=0,9\bullet\ 0,5\bullet\ 98,17\bullet\upsilon_п^3\ Вт=44,17\bullet\upsilon_п^3\ Вт.$$

При значении скорости морского потока в полости винта $\upsilon_п$=3,084 м/с электрический генератор способен генерировать мощность:

$$P_г=44,17\bullet3,084^3=44,17\bullet29,332=1295Вт=1,295кВт\approx1,3\ кВт.$$

Из физики [2] известно, что при стационарном течении жидкости скорость движения ее частиц через разные поперечные сечения трубы обратно пропорциональны площадям этих сечений.

Значит при установке насадки конической формы и отношении диаметра входного отверстия насадки к диаметру выходного отверстия насадки равным, например, 2:1, отношение площадей сечений входного и выходного отверстий насадки составит 4:1, следовательно, скорость морского потока в полости винта при установки такой насадки увеличится в 4 раза по отношению к скорости морского потока вне капсулы. Таким образом, при установки насадки конической формы на капсуле электрический генератор способен генерировать мощность, равную 1,3 кВт, при скорости морского потока вне капсулы равном всего лишь 3,08/4=0,77 м/с=2,134 км/ч. Совершенно очевидно, что это существенно расширяет области акватории морского океана, пригодные для эффективной зарядки аккумуляторной батареи. За сутки такой электрический генератор с насадкой конической формы при скорости морского потока, равной 2,134 км/ч, передаст для заряда аккумуляторной батареи 31,08 кВт·ч энергии.

Информация о скорости морских потоков приведена [3] и [4].

В таблице приведены значения скорости некоторых морских потоков, указанных в [3] и [4].

Значение скорости некоторых морских потоков

N п/п	Наименование течения	Скорость, км/час
1	Гольфстрим	6
2	Течение Игольного мыса	до 7,5
3	Флоридское	6,5
4	Японское (Куросио)	до 6
5	Восточно-Австралийское	до 5,7

Значения скорости морских потоков, приведенные в таблице, достаточно убедительно говорят о возможности эффективного использования заявляемой системы энергообеспечения подводного аппарата практически в большинстве акваторий мирового океана.

Определим основные размеры электрического генератора.

Скорость вращения винта, а значит и скорость вращения ротора электрического генератора, можно определить по формуле, приведенной в [1]:

$$n=\upsilon_п/h,\ об/с,$$

где h - шаг винта.

Принимаем отношение шага винта h к диаметру h/D=1,1, определим величину шага винта h=(h/D)·D=1,1·0,5=0,55 м.

Скорость вращения ротора электрического генератора составляет

$$n=\upsilon_п/h=3,084/0,55=5,607об/с=336,42\ об/мин.$$

Из теории электрических машин [5] известно, что основные размеры электрической машины связаны с электромагнитной мощностью машины соотношением:

$$D^2l=P_{эм}\bullet60/(n\bullet k\bullet A\bullet B_{\delta\ max}),$$

где D^2l-объем, ограниченный активной поверхностью расточки статора электрического генератора;

$P_{эм}$ - электромагнитная мощность электрического генератора, ВА;

A - линейная нагрузка электрического генератора, А/м;

$B_{\delta\ max}$ - индукция в зазоре между магнитопроводами статора и ротора, Т;

n - скорость вращения ротора, об/мин;

k - коэффициент;

l - длина (толщина набора электротехнической стали) магнитопровода статора генератора, м.

Для машин переменного тока [5]:

$$k=\pi^2\ k_{об}/\sqrt{2}.$$

Поскольку $k_{об}$ машин переменного тока для первой гармоники в среднем близок к значению $k_{об}\approx0,92$, то k=6,43.

Из приведенного ранее расчета следует, что электромагнитная мощность электрического генератора [5] должна быть не менее $P_{эм}=P_г/\eta_г$=1300/0,9=1444 ВА при скорости вращения ротора, равной n=336 об/мин.

С учетом рекомендаций, приведенных в [5], принимаем значения $B_{\delta\ max}$=0,6 Т, $A=1,3\bullet10^4$ А/м.

$$D^2l=1444\bullet60/(336\bullet6,43\bullet0,6\bullet1,3\bullet10^4)=51,41\bullet10^{-4}\ м^3.$$

Поскольку величина диаметра уже прията ранее, D=0,5 м, то длина магнитопровода статора электрического генератора составит:

$$l=51{,}41\cdot10^{-4}/0{,}25=205\cdot10^{-4}\text{ м}=2{,}05\text{ см}.$$

Размеры генератора вполне приемлемы для использования его в составе капсулы, которая при штатном режиме работы подводного аппарата должна находиться в негерметичном отсеке подводного аппарата и занимать сравнительно небольшой объем этого отсека.

На основании вышеизложенного видно, что предлагаемая система энергообеспечения подводного аппарата позволяет обеспечить:

увеличение дальности, автономности и скрытности работы подводного аппарата;

увеличение эффективности преобразования энергии морского течения в электрическую энергию;

эффективную зарядку аккумуляторной батареи подводного аппарата во многих акваториях мирового океана.

Использованная литература.

1. Кусков А.И. Разработка и исследование мобильной гидротурбинной установки для энергообеспечения и водоснабжения сельскохозяйственных объектов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Специальность 05.20.02. Москва. 2015 г.

2. Фарбер Ф.Е. Физика: учеб. пособие. Высшая школа, 1979. 320 с.

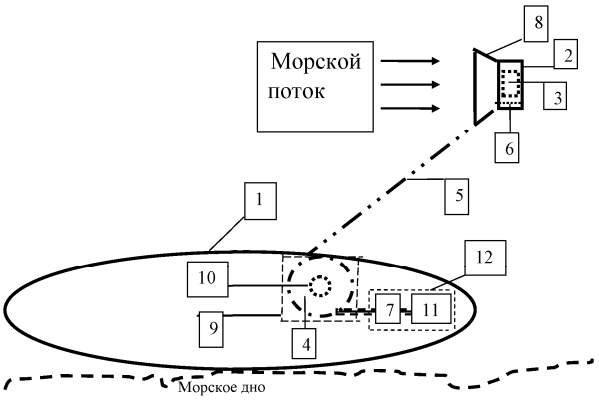
3. Атлас океанов. Тихий океан. М.: Главное управление навигации и океанографии. Министерство обороны СССР, 1974. 288 с.

4. Атлас океанов. Проливы мирового океана. М. ВМФ. 1993. 392 с.

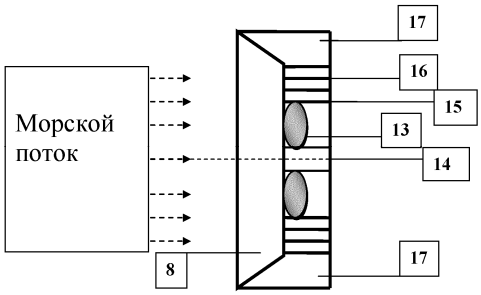
5. Вольдек А.И. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. Изд 2-е, перераб. и доп. Л: "Энергия", 1974. 840 с.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

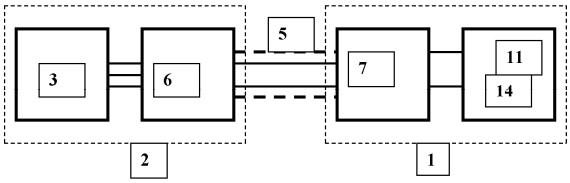
Система энергообеспечения подводного аппарата, содержащая электрический генератор, кабель-трос, аккумуляторную батарею, причем кабель-трос механически и электрически соединен с электрическим генератором и подводным аппаратом, отличающаяся тем, что в систему дополнительно введены капсула, барабан, выпрямитель и зарядное устройство, при этом капсула выполнена с герметичными полостями и внутренней сквозной полостью, в которой установлен электрический генератор с обмоткой, размещенной на статоре, и постоянными магнитами, размещенными на наружной поверхности ротора, а к внутренней поверхности ротора и к ступице ротора закреплены лопасти винта, капсула снабжена насадкой конической формы, установленной на входе внутренней сквозной полости, обмотка статора электрического генератора подключена к выпрямителю, кабель-трос механически закреплен с одной стороны к капсуле, а с другой - к барабану, который размещен в негерметичном отсеке подводного аппарата и снабжен электромеханическим приводом, электрически кабель-трос с одной стороны подключен к выпрямителю, размещенному в капсуле, а с другой - подключен через герметичный ввод к входу зарядного устройства, выход которого подключен к аккумуляторной батареи, которая вместе с зарядным устройством размещена в герметичном отсеке подводного аппарата.



Фиг. 1



Фиг. 2



Фиг. 3

Евразийская патентная организация, ЕАПВ
Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2