

Отчет о проверке на заимствования №1



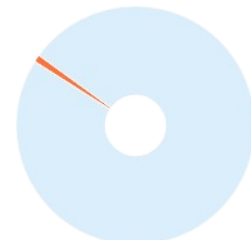
Автор: Косяченко Оксана Викторовна kosyachenko@msun.ru / ID: 376
Проверяющий: Косяченко Оксана Викторовна (kosyachenko@msun.ru / ID: 376)
Организация: Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельск
 Отчет предоставлен сервисом «Антиплагиат» - <http://msun.antiplagiat.ru>

ИНФОРМАЦИЯ О ДОКУМЕНТЕ

№ документа: 178
 Начало загрузки: 08.11.2019 04:45:57
 Длительность загрузки: 00:00:03
 Корректировка от 08.11.2019 05:12:16
 Имя исходного файла: Ву, Чернов
 Размер текста: 970 кБ
 Тип документа: Статья
 Символов в тексте: 14132
 Слов в тексте: 1791
 Число предложений: 203

ИНФОРМАЦИЯ ОБ ОТЧЕТЕ

Последний готовый отчет (ред.)
 Начало проверки: 08.11.2019 04:46:01
 Длительность проверки: 00:00:08
 Комментарии: [Автосохраненная версия]
 Модули поиска: Сводная коллекция ЭБС, Коллекция РГБ, Цитирование, Коллекция eLIBRARY.RU, Модуль поиска Интернет, Модуль поиска "msun", Кольцо вузов



Заимствования — доля всех найденных текстовых пересечений, за исключением тех, которые система отнесла к цитированиям, по отношению к общему объему документа.
 Цитирования — доля текстовых пересечений, которые не являются авторскими, но система посчитала их использование корректным, по отношению к общему объему документа. Сюда относятся оформленные по ГОСТу цитаты; общеупотребительные выражения; фрагменты текста, найденные в источниках из коллекций нормативно-правовой документации.
 Текстовое пересечение — фрагмент текста проверяемого документа, совпадающий или почти совпадающий с фрагментом текста источника.
 Источник — документ, проиндексированный в системе и содержащийся в модуле поиска, по которому проводится проверка.
 Оригинальность — доля фрагментов текста проверяемого документа, не обнаруженных ни в одном источнике, по которым шла проверка, по отношению к общему объему документа.
 Заимствования, цитирования и оригинальность являются отдельными показателями и в сумме дают 100%, что соответствует всему тексту проверяемого документа.
 Обращаем Ваше внимание, что система находит текстовые пересечения проверяемого документа с проиндексированными в системе текстовыми источниками. При этом система является вспомогательным инструментом, определение корректности и правомерности заимствований или цитирований, а также авторства текстовых фрагментов проверяемого документа остается в компетенции проверяющего.

№	Доля в отчете	Доля в тексте	Источник	Ссылка	Актуален на	Модуль поиска	Блоков в отчете	Блоков в тексте
[01]	0%	3,25%	не указано	https://tel.archives-ouvertes.fr	08 Мая 2018	Модуль поиска Интернет	0	5
[02]	0%	2,89%	Чернов Борис Борисович	http://msun.ru	08 Июл 2019	Модуль поиска Интернет	0	6
[03]	0%	2,49%	Материалы 12-ой международной нау...	http://msun.ru	13 Окт 2018	Модуль поиска Интернет	0	4
[04]	0%	2,29%	Electrochemical formation and transform.	https://doi.org	23 Окт 2019	Модуль поиска Интернет	0	3
[05]	0%	0,86%	Characterisation of calcareous deposits o.	https://doi.org	16 Окт 2019	Модуль поиска Интернет	0	1
[06]	0,45%	0,45%	ГИДРОФОБИЗИРОВАННЫЕ СУХИЕ СМ...	http://elibrary.ru	11 Мая 2018	Коллекция eLIBRARY.RU	63	1

Текст документа

УДК 620.197.5

КАТОДНАЯ ЗАЩИТА МОРСКИХ СООРУЖЕНИЙ ПРИ ПОМОЩИ

СОЛНЕЧНЫХ ПАНЕЛЕЙ

CATHODE PROTECTION OF MARINE STRUCTURES USING SOLAR

PANELS

В. М. Ву1,2, Б. Б. Чернов1,* , А. М. Нугманов1

1Морской Государственный университет им. адм. Г.И. Невельского,

690003, Владивосток, Российская Федерация

2Вьетнамский морской университет, 180000, Хайфон, Вьетнам

V. M. Vu1,2, B. B. Chernov1,* , A. M. Nugmanov1

1Maritime State University named after adm. G.I. Nevelskoy, Vladivostok,

Russian Federation

2Vietnam Maritime University, Haiphong, Vietnam

*e-mail: chernov@msun.ru

Аннотация: Экспериментально изучена работоспособность пилотной

установки по катодной защите металлов в морской воде, которая питается

только от солнечной панели без использования других источников

постоянного тока. Показано, что для обеспечения максимальной защиты малолегированных сталей необходимы плотности катодного тока более 0,2 А/м², которые легко достигаются при использовании солнечных панелей. Защитная способность таких режимов для защиты от коррозии морских конструкций достигается за счет формирования покрытий из CaCO₃ и Mg(OH)₂ в дневное время суток, которые способны защищать объекты и в ночной, бестоковый период времени. Доказана возможность использования катодной защиты при защите металлов в морской воде с использованием солнечных панелей, когда другие источники постоянного тока не используется.

Annotation: The operability of a cathodic protection device for marine structures powered only by a solar panel without the use of other direct current sources was experimentally studied. It is shown that to ensure maximum protection of low-alloy steels, cathodic current densities of more than 0,2 A/m² are required, which are easily achieved by using solar panels. The protective ability of such modes to protect against corrosion of marine structures is achieved by the formation of coatings of CaCO₃ and Mg(OH)₂ in the daytime, which are able to protect objects in the night, currentless period of time. The possibility of cathodic protection for protecting metals in seawater using solar panels when other direct current sources are not used is proved.

Ключевые слова: катодная защита, коррозия, плотность тока, солнечная панель, гальваностатический режим, солевые катодные осадки, защитное покрытие, морская вода.

Key words: cathodic protection, corrosion, current density, calcareous deposits, protective coating, seawater, solar panel, galvanostatic mode.

Введение

Самой эффективной защитой морских металлических конструкций является катодная защита [1, 2]. Часто такие сооружения удалены от стационарных источников электрического тока, поэтому целесообразно использовать автономные источники. Одним из таких надежных источников постоянного тока являются солнечные панели, срок службы которых превышает 25 лет. Они имеют один существенный недостаток – они не генерируют электроэнергию ночью и для непрерывности работы катодной защиты в состав таких устройств должны входить аккумуляторы, которые имеют значительно меньший срок службы по сравнению с солнечными панелями и требуют обслуживания. Широко известно, что катодная защита морских сооружений сопровождается образованием на металлической поверхности солевых катодных осадков [3-7], которые обладают защитной способностью [8-10], что позволяет отключать на определенный период ток катодной защиты, например, для ремонта или для замены анодов. Этот факт замечен давно и положен в основу принципов проведения прямых экспериментов по катодной защите от устройств, питающихся только от солнечных батарей.

Поэтому целью данной работы является прямая экспериментальная оценка работы устройства по катодной защите малолегированных сталей в природной морской воде при различных токовых режимах с питанием только от солнечной панели.

Методика экспериментов

Пилотная установка по катодной защите с питанием от солнечной панели была изготовлена на кафедре Химии и экологии Морского Государственного Университета им. адмирала Г.И. Невельского.

Принципиальная схема установки представлена на рис. 1.

Рис. 1. Принципиальная схема устройства катодной защиты с питанием от солнечной панели. 1 – солнечная панель; 2 – преобразователь напряжения с выходом 12В; 3 – блок задержки времен с электромагнитным реле; 4 – преобразователь напряжения с выходом

6,0В; 5 – рамка с анодом, образцами под катодной защитой и контрольными образцами;

А – анод; К – 1÷4 защищенные образцы с чистой поверхностью, а 01÷04 - защищенные образцы, которые были покрыты продуктами коррозии; R1÷R4 -резисторы.

Преобразователи напряжения 2 и 4, получающие питание при достижении своих порогов срабатывания (3,0 В для преобразователя 2 и 6,0 В для преобразователя 4) на своих выходах выдают 12 В и 6,0 В. При этом напряжение на анод А не подается, пока не истечет установленное время задержки tзад блока 3, которое устанавливалось с промежутком времени tзад = 6 мин. При срабатывании электромагнитного реле блока 3 схема катодной защиты получает электропитание, которое распределяется по токам в соответствии с номиналами калиброванных резисторов R1÷R4 в цепи.

Номиналы резисторов: R1 = 2·R2 = 4·R3 = 8·R4 (R1 = 5,4 кΩ; R2 = 2,7 кΩ; R3 = 1,35 кΩ; R4 = 675 Ω). Соответственно, должны быть кратны 2 и плотности токов на катодных образцах: 58; 116; 231; 463 (мА/м²).

Когда выходное напряжение солнечной панели 1 падало до 6,0 В отключается преобразователь напряжения 4, падении а при до 3,0 В преобразователь 2. Схема катодной защиты обесточивается до следующего цикла.

В качестве защищаемых образцов и контрольных использовали

образцы из стали Ст3кп (по ГОСТ 19903-74) с приблизительным составом (в массах %): Fe - 99,26; Mn - 0,441; Cr - 0,150; Cu - 0,146; размером 50×80×1,5 мм. Нерастворимым анодом 400×25×1,5 мм служил платинированный титан. Четыре образца из восьми выдерживались в морской воде в течение 7 суток. После чего 4 образца без продуктов коррозии и 4 образца с продуктами коррозии подключались к токовой защите. Образцы и анод крепились на рамке размером 520×400 мм при помощи полиэтиленового шнура. Рамка с испытуемыми образцами опускалась на глубину 2 м и закреплялась на пирсе. Все образцы перед опытами обрабатывали соляной кислотой (1:3), затем обильно промывали дистиллированной водой, сушили при 90оС в течение 0,5 часа и взвешивали на аналитических весах AW-220 ("Shimadzu").

Испытание проводили с пирса в природной морской воде яхт-клуба МГУ им. адмирала Г.И. Невельского, г. Владивосток (бухта Федорова) с применением стандартной монокристаллической солнечной панели SOLARLAND на 12 В мощность 30 Вт.

Электродом сравнения служил хлорсеребряный электрод.

После эксперимента с образцов удаляли продукты коррозии по ГОСТ 9.907-83 (100 мл конц. H₂SO₄ + 5 г CS(NH₂)₂ на 1 л воды), промывали дистиллированной водой, высушивали при 90оС и взвешивали на аналитических весах для определения изменения массы образцов 6 Дткор.

Для образцов с продуктами коррозии в Δткор входила поправка, связанная с потерей массы за 7 суток, равной 0,240 г. По изменениям массы оценивали толщину коррозионных потерь h и скорости коррозии Vк

и (1)

, (2)

где S – площадь образцов, см²; h – толщина коррозионных потерь, см;

ρ – плотность металла (для стали ρ = 7,8 г/см³); Dt – время экспозиции, лет.

Степень защиты образцов определяли по формуле

, (3)

где Vс.к – средняя скорость коррозии четырех контрольных образцов,

Vзк - скорость коррозии защищенных образцов.

Результаты и их обсуждение

Установка эксплуатировалась 94 суток. Результаты проведенных измерений и расчетные значения коррозионных потерь и скоростей

коррозии представлены на рис. 2, 3 и в таблице.

Рис. 2. Общий вид всех образцов до опытов (а) и после опытов (б).

Рис. 3. Общий вид образцов после эксперимента: а) -4; б) -04; в) -2 и г) -14.

Из рис. 2 и 3 видно, что в ходе экспериментов образцы биообразтали, на поверхности образцов формировались продукты коррозии и солевые осадки (рис. 2). На поверхности незащищаемых образцов (рис. 3г) и защищаемых образцов низким током 0,102 А/м² (рис. 3в) наблюдались большее количество продуктов коррозии красного цвета, по-видимому в виде Fe₂O₃. На поверхности чистых образцов и с первоначальными продуктами коррозии, защищаемых током 0,387 А/м², продуктов коррозии было меньше (рис. 3а и 3б). Однако это только качественная оценка коррозионных потерь. Точная оценка результатов по коррозионным потерям и скоростям коррозии образцов после удаления продуктов коррозии представлена в таблице.

Таблица

Результаты испытаний защищенных и контрольных образцов, полученных на пилотной установке по катодной защите с использованием солнечной

панели

i , А/м² Коррозионные потери

Скорость

коррозии;

V_k , мм/год

Степень защиты,

%

Δm , г h, мкм

Чистые образцы под защитным током

0,0521 1,8844 30,2 0,117 0,1

0,102 1,4063 22,5 0,087 26

0,203 0,7654 12,3 0,048 59

0,387 0,6754 10,8 0,042 64

Предварительно прокорродировавшие образцы под защитным током

0,0521 1,7472 28,0 0,109 8

0,102 1,6344 26,2 0,101 14

0,203 0,5631 9,0 0,035 70

0,387 0,0984 1,6 0,006 95

Контрольные образцы

- 1,8907 30,3 0,118 -

- 1,8657 29,9 0,116 -

- 1,9294 30,9 0,120 -

- 1,9214 30,8 0,119 -

Из таблицы следует, что для всех образцов всегда проявляется защитный эффект, который с ростом плотности защитного тока возрастает, достигая при плотности тока 0,387 А/м² степени защиты 64%. Степень защиты более выражена при плотностях тока более 0,2 А/м² у чистых и предварительно прокорродировавших образцов. Для образцов с продуктами коррозии степень защиты достигает 70% и 95% при плотностях защиты 0,203 А/м² и 0,387 А/м². Среднее значение скорости коррозии контрольных образцов за время экспозиции составило 0,118 мм/год, что соответствует экспериментальным величинам, полученным ранее [11,12]. Из результатов экспериментов следует, что при плотностях тока больше 0,15 А/м², скорости коррозии образцов, которые предварительно подверглись коррозии, меньше чем скорости коррозии чистых образцов. Снижение скорости коррозии предварительно прокорродировавших образцов может быть объяснено образованием

покрытий из продуктов коррозии и из СКО на поверхности образцов, которые обладают более защитными свойствами.

Заключение

Результаты этой работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Результаты экспериментов показано, что для обеспечения максимальной защиты малолегированных сталей необходимы плотности катодного тока более 0,2 А/м², которые легко достигаются при использовании солнечных панелей. Защитная способность таких режимов для защиты от коррозии морских конструкций достигается за счет формирования покрытий из CaCO₃ и Mg(OH)₂ в дневное время суток, которые способны защищать объекты и в ночной, бестоковый период времени.

2. Показано, что катодная защита металлов в морской воде, питающаяся от солнечной панели как единственного источника постоянного тока, может защищать морские конструкции, которые после своего строительства длительное время находились без защиты.

3. Доказана возможность использования катодной защиты при защите металлов в морской воде с использованием солнечных панелей, когда других источников постоянного тока не используется. Очевидно, что целесообразно использовать такие устройства для защиты морских сооружений в районах, удаленных от стационарных источников электроэнергии и людских ресурсов, экономя при этом значительные материальные средства. Такая защита не исключает возможность совместного использования ее с другими традиционными способами защит.

Список литературы

1. Hartt, W. H. Cathodic Protection of Offshore Structures—History and Current Status / W. H. Hartt // Corrosion. 2012. Vol. 68. No. 12. Pp.1063–1075. DOI: 10.5006/0718.
2. Grabowski, M. Cathodic Corrosion of Magnesium Alloy AM50 in Deicing Salt Solutions During “Cathodic Protection”. Corrosion. // M. Grabowski, S.Virtanen // 2017. Vol. 73. Is. 5. Pp. 563-582. DOI:10.5006/2301.
3. Чернов, Б. Б. Кристаллизация CaCO₃ на поверхности стали при катодной защите морских сооружений / Б. Б. Чернов, Ву Ван Мынг, А. М. Нугманов, Л. Ю. Фирсова // Морские интеллектуальные технологии. 2017. Т. 2. No 3(37). С. 133–140.
4. Чернов, Б. Б. Формирование солевых отложений на стальной поверхности при катодной защите инженерных сооружений в морской воде / Б. Б. Чернов, Ву Ван Мынг, А. М. Нугманов, Л. Ю. Фирсова // Морские интеллектуальные технологии. 2018. Т. 5. No 4 (42). С. 120–124.
5. Ву, М. Формирование осадков на стальной поверхности при катодной защите / М. Ву, Б. Б. Чернов // Проблемы транспорта Дальнего Востока . 2017. No 2(2). С. 173–183.
6. Ву, В. М. К теории массовой кристаллизации труднорастворимых соединений на поверхности электродов катодным током в жесткой воде / В. М. Ву, А. М. Нугманов, Б. Б. Чернов // Журнал физической химии. 2019. Т. 93. No 5. С. 764–769. DOI: 10.1134/S0044453719050327.
7. Barchiche, C. Role of sulphate ions on the formation of calcareous deposits on steel in artificial seawater: The formation of green rust compounds during cathodic protection / C. Barchiche, C. Deslouis, O. Gil, S. Joiret, Ph. Refait, B. Tribollet // Electrochimica Acta. 2009. Vol. 54. Pp. 3580–3588.
8. Refait, Ph. Electrochemical formation and transformation of corrosion products on carbon steel under cathodic protection in seawater / Ph. Refait, M. Jeannin, R. Sabot, H. Antony, S. Pineau // Corrosion Science. 2013. Vol. 71. Pp.

32–36.

9. Liu, F. G. Characterisation of calcareous deposits on freely corroding

low carbon steel in artificial sea water / F. G. Liu, S. R. Wu , C. S. Lu //

Corrosion Engineering, Science and Technology. 2011. Vol. 46. No. 5. Pp. 611–617.

10. Kenichi Akamine. Corrosion protection of steel by calcareous

electrodeposition in seawater (Part 2) / Kenichi Akamine, Isamu Kashiki //

Zairyo-to-Kankyo. 2003. Vol. 52. Pp. 401–407.

11. Chernov, B. B. Corrosion performance of low alloy steels in sub-

Arctic natural seawater / B. B. Chernov, I. A. Chaves, A. M. Nugmanov, R. E.

Melchers // Corrosion . 2018. Vol. 74(12), Pp. 1466–1475.

12. Нугманов А. М. Изучение начальных стадий процессов коррозии

стали в различных районах амурского залива / А. М. Нугманов, Г. П.

Щетинина, Б. Б. Чернов // «Вестник» Морской государственный

университет им. адм. Г.И. Невельского, Владивосток, Серия «Теория и

практика защиты моря» 2012. No. 55 С. 30–35.