

РЕФЕРАТЫ

УДК 681.883.45

Ключевые слова: подводная акустическая связь, акустические модемы, импульсные помехи, автономные необитаемые подводные аппараты.

Кебкал К.Г., Кебкал А.Г., Кебкал В.К., Себастьяо Л., Паскоаль А., Рибейро Дж., Индивери Дж, Келхолт Э., Джизус С., Мантуока А. ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДВУХКАНАЛЬНОЙ ЦИФРОВОЙ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОЙ СВЯЗИ НА ФОНЕ ИМПУЛЬСНЫХ ПОМЕХ ИЗЛУЧАЮЩЕГО СПАРКЕРА // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1(25). С. 4–12.

Представлены результаты работ по развитию комбинированной системы позиционирования и связи в составе разрабатываемого мобильного комплекса подводной сейсмоакустической (геотехнической) разведки в рамках проекта H2020 WiMUST (Widely scalable Mobile Underwater Sonar Technology). Рассмотрены результаты передачи потоков данных по двум одновременно работающим каналам гидроакустической (г/а) связи – высокоскоростными и низкоскоростными г/а модемами. Высокоскоростная г/а связь использовалась для доставки данных полезной нагрузки от сейсмокос, буксируемых автономными необитаемыми подводными аппаратами (АНПА), на борт сопровождающего судна (на терминал оператора). Низкоскоростная г/а связь использовалась для передачи сопровождающим плавсредством сервисных и навигационных данных, предназначенных для позиционирования АНПА. Кроме одновременной работы устройств г/а связи, дополнительным условием, усложняющим передачу данных, являлось присутствие в составе комплекса сейсмоакустической разведки постоянно работающих источников широкополосных зондирующих импульсов. Представлены результаты натурных экспериментов по передаче данных на небольшое расстояние (сотни метров) с использованием одновременно двух разнотипных г/а модемов: модели S2CR18/34 (для обмена сервисными и навигационными данными) и модемов S2CR42/65 (для доставки данных полезной нагрузки от сейсмокос АНПА на судно сопровождения).

Эксперименты проведены в условиях фоновых импульсных помех излучающего спаркера Geo-Source 400 компании Geo Marine Survey. Влияние межканальной интерференции и импульсных помех выразилось в умеренном снижении эффективности скорости передачи данных и умеренном снижении вероятности доставки пакетов данных по каждому из двух г/а каналов связи.

УДК 681.883.41: 551.462.8

Ключевые слова: группа автономных подводных роботов, гидролокатор бокового обзора, диаграмма направленности, боковые лепестки, взаимное влияние, помеха, интенсивность, дальность действия, реверберация, линейно-частотная модуляция, согласованный фильтр, медианный фильтр.

Золотарёв В.В., Инзарцев А.В., Ходоренко М.С. К ВОПРОСУ О ВЗАИМНОМ ВЛИЯНИИ ГИДРОЛОКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ОБЗОРНО-ПОИСКОВЫХ РАБОТ ГРУППОЙ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ РОБОТОВ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1(25). С. 12–21.

На примере гидролокатора бокового обзора (ГБО) даны оценки возможного взаимного влияния дистанционно действующих акустических устройств при выполнении обзорно-поисковых работ группой автономных подводных роботов (АПР). Рассмотрены два типа помех: мощные помехи, обусловленные прямым проникновением зондирующих посылок одного ГБО на приёмный тракт другого ГБО из группы АПР, и реверберационные помехи, обусловленные отражениями от дна в направлениях, близких к зеркальному. Показано, что несмотря на высокий уровень помех первого типа они относительно просто могут быть устранены правильным выбором параметров ГБО-съёмки. Задача выявления или минимизации помех второго типа представляется задачей гораздо более сложной, поскольку они по своим характеристикам практически неотличимы от полезного сигнала.

УДК 621.3:001.3+14.232

Ключевые слова: подводный аппарат, заряд аккумуляторных батарей, бесконтактная передача электроэнер-

гии, высокочастотный трансформатор, конструктивные параметры, методика расчета.

Герасимов В.А., Комлев А.В., Красковский М.В., Филоженко А.Ю. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТРАНСФОРМАТОРА БЕСКОНТАКТНОЙ СИСТЕМЫ ЗАРЯДА АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ ПОДВОДНОГО АППАРАТА // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1(25). С. 21–29.

Объектом исследования в статье является специальный высокочастотный силовой трансформатор с разделяющимися первичной и вторичной частями.

В качестве задачи исследования поставлено обоснование и разработка методики расчета конструктивных параметров трансформатора, удовлетворяющего заданным условиям эксплуатации. В основу исследований положено математическое моделирование электромагнитных процессов в трансформаторе в программном пакете ANSYS Maxwell в сочетании с натурным экспериментом. Выделены характеризующие параметры в виде коэффициента магнитной связи и удельной индуктивности витка обмотки и предложена система относительных единиц, в которой эти параметры имеют постоянное значение для любых сердечников одного типоразмера,

Предложена методика расчета основных конструктивных параметров трансформатора, отвечающего требуемым электрическим характеристикам и допустимой ошибке автоматического причаливания подводного аппарата к средству подводного базирования. Экспериментальные натурные исследования убедительно подтверждают достоверность приведенных результатов, которые могут найти применение в системе бесконтактного заряда аккумуляторных батарей автономных необитаемых подводных аппаратов.

УДК 626.022

Ключевые слова: многостепенной манипулятор, подводный аппарат, избыточные степени подвижности, ограничения, особые (вырожденные) положения, обратная задача кинематики.

Филаретов В.Ф., Губанков А.С., Горностаев И.В., Коноплин А.Ю. РАЗРАБОТКА МЕТОДА ФОРМИРОВА-

НИЯ ПРОГРАММНЫХ СИГНАЛОВ УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРАМИ, УСТАНОВЛЕННЫМИ НА ПОДВОДНЫХ АППАРАТАХ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 30–37.

Рассмотрены особенности решения обратной задачи кинематики для подводных манипуляторов с кинематической схемой типа PUMA, имеющих конструктивные ограничения перемещений в соответствующих степенях подвижности, обусловленные установкой этих манипуляторов на подводные аппараты. Предложен метод, который за счет придания манипулятору дополнительной (избыточной) степени подвижности посредством перемещений подводного аппарата вблизи объекта работ не допускает заранее непредсказуемого выхода любой степени подвижности этого манипулятора на ограничения, а также выхода его рабочего инструмента за границы рабочей зоны. При этом траектории движения манипулятора могут быть заранее определены или формироваться непосредственно в процессе выполнения задаваемых манипуляционных операций. Разработанный метод позволяет автоматически сохранять плавные движения рабочих инструментов путем исключения нежелательных (неожиданных) реверсов исполнительных приводов манипуляторов, не создавая аварийных ситуаций и не снижая качества выполняемых работ.

УДК 534.231

Ключевые слова: векторная акустика океана, вихри и завихренность вектора акустической интенсивности, ротор вектора интенсивности, сингулярные точки фазового фронта.

Щуров В.А., Ляшков А.С. ВИХРЕВАЯ СТРУКТУРА ВЕКТОРА АКУСТИЧЕСКОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ В РЕАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ МЕЛКОГО МОРЯ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 38–46.

Исследованы векторно-фазовые свойства деструктивной и конструктивной интерференции тонального сигнала в реальном волноводе мелкого моря. В деструктивной области обнаружены физические объекты, которые по известным детерминистическим признакам определяем как вихри вектора интенсивности. В области

конструктивной интерференции наблюдается завихренность вектора интенсивности. Вихри и завихренность образуют вихревую структуру векторного акустического поля. Обнаружены регулярные колебательные смещения вихрей относительно фазового центра комбинированного приемника в направлении вдоль оси волновода. Показано, что структура вихрей зависит от отношения сигнал/шум. Исследовался тональный сигнал частотой 88 ± 1 Гц от приповерхностного движущегося источника звука. Результаты исследований оригинальны и должны учитываться в реальных моделях мелкого моря и прикладных задач гидроакустики.

УДК 534.23

Ключевые слова: интерференция, пограничные волны Рэлея-Шолте, инвариант.

Касаткин Б.А., Касаткин С.Б. ОСОБЕННОСТИ РАСПРОСТРАНЕНИЯ И ИНТЕРФЕРЕНЦИИ НОРМАЛЬНЫХ ВОЛН В ВОЛНОВОДНОЙ СИСТЕМЕ ВОДНЫЙ СЛОЙ – МОРСКОЕ ДНО С НИЗКОЙ СДВИГОВОЙ УПРУГОСТЬЮ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 46–58.

Выполнен расчёт комплексных корней дисперсионного уравнения для нормальных волн в волноводе типа водный слой – твёрдое полупространство осадочного типа для случая, когда скорость сдвиговой волны в полупространстве меньше скорости звука в водном слое. Выполнены расчёты дисперсионных зависимостей для фазовых и групповых скоростей и коэффициентов затухания нормальных волн различного порядка. Особое внимание уделено сопряжённой паре нормальных волн нулевого порядка, которые в предельных случаях низких или высоких частот вырождаются в пограничную волну Рэлея или в пограничные волны Рэлея–Шолте, регулярную и обобщённую соответственно. Рассмотрены варианты практической реализации пограничных волн Рэлея–Шолте в интерференционных структурах, регистрируемых комбинированным приёмником в регулярном и нерегулярном волноводах.

УДК: 551.46.07

Ключевые слова: автономный подводный профилирующий аппарат,

система управления, микропроцессорная техника, фреймворк программной системы, океанология.

Кочетов О.Ю., Островский А.Г., Волков С.В., Ольшанский В.М. УНИФИЦИРОВАННАЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ ПЛАТФОРМА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫХ ПОДВОДНЫХ ПРОФИЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1(25). С. 59–66.

Представлены результаты разработки унифицированной аппаратно-программной платформы системы управления для линейки автономных подводных профилирующих аппаратов (АППА) различного типа – как свободно плавающих за счет изменения собственной плавучести, так и привязных, перемещающихся за счет работы электромеханических приводов. Аппаратная часть платформы представляет собой комплект электронных плат, на которых имеются 32-разрядный ARM-микроконтроллер и драйверы для работы с исполнительными механизмами, такими как двигатели постоянного тока, электромагнитные клапаны, гидро- и пневмонасосы. Контроллер также оснащен средствами навигации GLONASS/GPS и беспроводной связи GSM и WiFi. Программное обеспечение контроллера основано на модульном фреймворке в операционной системе реального времени. Фреймворк может быть расширен путем реализации функционала, специфичного для требуемой модификации и типа АППА. Прикладное программное обеспечение выполнено как кроссплатформенное приложение, также позволяющее расширять функционал по мере необходимости. На базе данной системы управления изготовлены опытные образцы АППА (зонд с управляемой плавучестью класса АРГО и подводный лебедочный зонд), а также прототип системы управления исполнительными механизмами глайдера, которые проходят испытания на черноморском полигоне Института океанологии РАН им. П.П. Ширшова.

УДК 550.84: 549.905

Ключевые слова: природные газы, газовые факелы, зоны разломов, геологические процессы.

Обжиров А.И., Телегин Ю.А., Окулов А.К. ГАЗОГЕОХИМИЧЕС-

КИЕ ПОЛЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ В ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫХ МОРЯХ // Подводные исследования и робототехника. 2018. № 1 (25). С. 66–74.

Рассматривается механизм формирования газо-геохимических полей в дальневосточных морях. Учитываются вулканические, тектонические и другие процессы в акваториях и на континенте. Предметом исследования лаборатории газовой геохимии ТОИ ДВО РАН являются газы, растворенные в водной среде. К ним относятся: метан, тяжелые углеводороды, диоксид углерода, водород, гелий, кислород, азот. Углеводородные газы в воде и донных отложениях являются индикаторами месторождений углеводородов, газовых гидратов в недрах. Они используются в качестве критериев для их поиска в морских условиях. Аномальные концентрации водорода и гелия в придонной воде характеризуют сейсмическую и тектоническую активность и фиксируют зоны разломов. Природные газы влияют на гидроакустические, электромагнитные поля. Для изучения морских геохимических, акустических, биологических и других характеристик газовых месторождений используются технические средства корабля с перспективой включения подводной робототехники в их состав.

ABSTRACTS

Keywords: underwater acoustic communication, acoustic modems, impulse noise, autonomous underwater vehicles (AUV).

Kebkal K.G., Kebkal A.G., Kebkal V.K., Sebastião L., Pascoal A., Ribeiro J., Indiveri G., Kelholt E., Jesus S., Mantouka A. PERFORMANCE EVALUATION OF A TWO-CHANNEL DIGITAL HYDROACOUSTIC COMMUNICATION IN PRESENCE OF STRONG IMPULSIVE NOISE // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 4–12.

The article describes some results of the development of a combined positioning and communication system within the mobile underwater seismoacoustic (geotechnical) survey technology under the H2020 project WiMUST (Wide-scale intelligent Mobile Underwa-

ter Technology). Particularly, the results of data transmission via two simultaneously operating hydroacoustic data link channels (high-speed and low-speed hydroacoustic modems) are presented. High-speed data link was used to deliver payload data from seismic streamers towed by unmanned underwater vehicles (UUVs) to the accompanying vessel (to the operator on terminal). Low-speed data link was used for transmission of accompanying packets, e.g. service and navigation data packets, intended for positioning purposes of the UUVs. In addition to the simultaneous operation of the modems, an additional condition (complicating the transfer of data) was the presence of a seismoacoustic sparker (sources of broadband acoustic pulses) continuously operating during data exchange between modems. Analysis of the full-scale experiments on short distance data transmission (hundreds of meters) during simultaneous operation of two different types of modems (S2CR18/34 and S2CR42/65) and the sparker (Geo-Source 400 of Geo Marine Survey) demonstrates the effect of inter-channel interference and impulse noise on the quality of data transmission, expressed as a moderate decrease in the efficiency of data transmission for each of the two communication channels.

Keywords: group of autonomous underwater robots, side-scan sonar, directivity pattern, side lobes, mutual influence, interference, intensity, range, reverberation, linear-frequency modulation, matched filter, median filter.

Zolotarev V.V., Inzartsev A.V., Khodorenko M.S. ON THE QUESTION OF THE MUTUAL INFLUENCE OF SONAR DEVICES WHEN PERFORMING A SURVEY BY A GROUP OF AUTONOMOUS UNDERWATER ROBOTS // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 12–21.

On the example of the side-scan sonar (SSS), the estimates of the possible mutual influence of remotely acting acoustic devices in the process of performing survey-search operations by a group of autonomous underwater robots (AUV) were made. Two types of interference are considered: powerful interference due to direct penetration of sonar sounding pulses of one SSS to the receiver of another SSS operating on the adjacent AUV in the group and reverberation-interference due to reflections from

the seabed towards nearly mirror directions. It is shown that, despite the high level of interference of the first type, they can be relatively easily eliminated by the correct choice of sonar survey parameters. The problem of detecting or minimizing the interference of the second type seems to be a much more complicated task, since their characteristics are virtually indistinguishable from the characteristics of useful signal.

Keywords: underwater vehicle, battery charge, non-contact power transmission, high-frequency transformer, design parameters, calculation method.

Gerasimov V.A., Komlev A.V., Kraskovskiy M.V., Filozhenko A. Yu. TRANSFORMER DESIGN PARAMETERS CALCULATION METHOD OF THE NON-CONTACT CHARGING SYSTEM BATTERIES UNDERWATER VEHICLE // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1(25). P. 21–29.

The object of research in the article is a special high-frequency power transformer with separated primary and secondary parts.

The research task is to justify and develop a methodology for calculating the design parameters of a transformer that meets the specified operating conditions. The research is based on mathematical modeling of electromagnetic processes in a transformer in the software package ANSYS Maxwell in combination with full-scale experiment. Characteristic parameters in the form of magnetic coupling coefficient and the specific inductance of the winding coil is highlighted. The relative units system in which these parameters have constant value for any cores of one type is suggested.

The calculation method of transformer basic design parameters proper the required electrical characteristics and the permissible error of the underwater vehicle automatic docking to the docking station is offered. The experimental field studies clearly confirm the accuracy of these results, which can be used in the underwater vehicle non-contact battery charge system.

Keywords: multilink manipulator, underwater vehicle, redundant mobility degrees, restrictions, singular positions, inverse kinematics.

Filaretov V.F., Gubankov A.S., Gornostaev I.V., Konoplin A. Yu. DEVELOPMENT OF FORMATION

METHOD OF PROGRAM CONTROL SIGNALS OF MANIPULATORS INSTALLED ON UNDERWATER VEHICLES // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 30–37.

In this paper the features of solution of inverse kinematics for underwater manipulators with the PUMA kinematic scheme having constructive restrictions in the corresponding mobility degrees caused by the installation of these manipulators on underwater vehicles are considered. A method is suggested that does not allow the unpredictable exit of any mobility degree of this manipulator to restrictions and the exit of its working tool beyond the boundaries of the working area. This is done by giving the manipulator an additional (redundant) mobility degree by moving the underwater vehicle near the work object. At the same time movement trajectories of the manipulator can be defined in advance or be formed directly in the process of performance of the set manipulation operations. The developed method allows to keep automatically the smooth movements of working tools by an exception of an undesirable (unexpected) reverses of executive drives of manipulators without emergencies and reducing quality of the performed works.

Keywords: ocean vector acoustics, vortices of the acoustic intensity vector, vorticity, intensity vector rotor, singular points of the phase front.

Shchurov V.A., Lyashkov A.S. VORTEX STRUCTURE OF THE ACOUSTIC INTENSITY VECTOR IN THE REAL CONDITIONS OF THE SHALLOW SEA // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 38–46.

The vector-phase properties of the destructive and constructive interference of a tonal signal in a real waveguide of the shallow sea are studied. In the destructive area, physical objects are detected, which, according to known deterministic features, are defined as the vortices of the intensity vector. In the area of constructive interference, the vorticity of the intensity vector is observed. Vortices and vorticity form a vortex structure of the vector acoustic field. Regular vortex oscillations are detected with respect to the phase center of the combined receiver in the direction along the waveguide axis. It is shown that the structure of vortices depends on the signal-to-noise ratio. A tonal

signal of 88 Hz from a near-surface moving sound source was studied. The results of the studies are original and should be taken into account in real models of the shallow sea.

Keywords: interference, waves, waveguide, Rayleigh-Sholte, invariant.

Kasatkin B.A., Kasatkin S.B. FEATURES OF DISTRIBUTION AND INTERFERENCE OF NORMAL WAVES IN THE WAVEGUIDE SYSTEM THE WATER LAYER – THE SEABED WITH LOW SHIFT ELASTICITY // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 46–58.

Calculation of complex roots of the dispersive equation for normal waves in a type wave guide a water layer – a firm half-space of sedimentary type for a case when the speed of a shift wave in a half-space is less than acoustic speed in a water layer is executed. Calculations of dispersive dependences for phase and group speeds and coefficients of attenuation of normal waves of various order are executed. Special attention is paid to the interfaced couple of normal waves of a zero order which in limit cases of low or high frequencies degenerate in a boundary wave of Rayleigh or in boundary waves of Rayleigh-Sholte, regular and generalized, respectively. Options of implementation of boundary waves of Rayleigh-Sholte in the interferential structures registered by the combined receiver in regular and irregular wave guides are considered.

Keywords: underwater profiling probe, control system, microcontroller, software framework, oceanography.

Kochetov O.Yu., Ostrovskiy A.G., Volkov S.V., Olshanskiy V.M. HARDWARE AND SOFTWARE PLATFORM UNIFIED FOR CONTROL SYSTEMS OF AN AUTONOMOUS UNDERWATER PROFILING VEHICLES // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1(25). P. 59–66.

This paper concerns with development of a unified hardware and software platform for control systems of autonomous underwater profiling vehicles of various types, both floating due to change in their own buoyancy, and tethered, moving with the help of electromechanical drives. The hardware of the platform is based on 32-bit ARM-microcontroller. The set of electronic PCBs is capable of operating DC motors, solenoid valves,

pumps etc. It is also carries GNSS receiver and GSM/WiFi wireless communication modules. Embedded software is a RTOS-based modular framework, where all necessary basic functions have been implemented. Its functionality can be expanded by adding custom code to accommodate specific functions of a profiler. The diagnostic and programming software is implemented as a cross-platform desktop GUI application, which also can be expanded to match the profiler features. It controls the actuators, such as DC motors, solenoid valves, hydraulic and pneumatic pumps.

The control system was employed at prototypes of several underwater profilers (the buoyancy driven probe of the ARGO type and the underwater winch probe), as well as at a prototype of the control system of glider actuators. All of these systems undergo the field trials at the Black sea test site of Shirshov Institute of Oceanology Russian Academy of Sciences.

Keywords: natural gases, gas flares, faults, geological processes.

Obzhairov A.I., Telegin Yu.A., Okulov A.K. GASGEOCHEMICAL FIELDS AND NATURAL GASES DISTRIBUTION IN THE FAR EASTERN SEAS // Underwater Investigation and Robotics. 2018. No. 1 (25). P. 66–74.

A mechanism for the formation of gas-geochemical fields in the Far Eastern seas is considered. Volcanic, tectonic and other processes in the water areas and the continent are taken into account. The subject of the research of the gas geochemistry laboratory of POI FEB RAS is gases dissolved in the aqueous medium. These include: methane, heavy hydrocarbons, carbon dioxide, hydrogen, helium, oxygen, nitrogen. Hydrocarbon gases in water and bottom sediments are indicators of hydrocarbon deposits, gas hydrates in the bowels. They are used as criteria for their search in marine conditions. Anomalous concentrations of hydrogen and helium in the near-bottom water characterize the seismic and tectonic activity and fix the fault zones. Natural gases affect hydroacoustic, electromagnetic fields. To study marine geochemical, acoustic, biological and other characteristics of gas fields, ship technical means are used with the prospect of incorporating underwater robotics into their composition.