

АВТОНОМНАЯ НИЗКОЧАСТОТНАЯ ШИРОКОПОЛОСНАЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКАЯ ИЗЛУЧАЮЩАЯ СТАНЦИЯ

Пивоваров А.А., Ярошук И.О., Самченко А.Н., Швырев А.Н.

Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичёва ДВО РАН

E-mail: pivovarov@poi.dvo.ru

Аннотация

Разработана и изготовлена автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая излучающая станция с электромагнитным преобразователем, развивающая акустическое давление до 2400 Па (188 дБ), приведенное к расстоянию 1 метра от оси излучателя, в диапазоне частот 420–520 Гц (по уровню –3 дБ) и глубиной погружения до 500 м. Примененные технические решения позволяют использовать станцию для широкого круга океанологических исследований, а также при построении систем навигации подводных аппаратов и передачи данных по гидроакустическому каналу.

Ключевые слова: гидроакустическая станция, фазоманипулированные сигналы, частотный диапазон.

AN AUTONOMOUS LOW-FREQUENCY BROADBAND HYDROACOUSTIC EMITTING STATION

Pivovarov A.A., Yaroshchuk Y.O., Samchenko A.N., Shvyrev A.N.

V.I. Il'ichev Pacific Oceanological Institute,

Far Eastern Branch Russian Academy of Sciences

E-mail: pivovarov@poi.dvo.ru

Abstract

An autonomous low-frequency broadband hydroacoustic emitting station with electromagnetic transducer has been developed and manufactured, for developing acoustic pressure up to 2400 Pa (188 dB) measured a distance of 1 meter from the axis of the emitter in the frequency range 420–520 Hz (at –3 dB level) and immersion depth up to 500 m. The applied technical solutions allow to use the station for a wide range of oceanographic studies, as well as when construction of navigation systems for underwater vehicles and data transmission on the hydroacoustic channel.

Keywords: hydroacoustic station, phase-shift keyed signals, frequency range.

Введение

При отработке методов и техники решения задач акустической томографии в океане и шельфовой зоне активно применяется зондирование водной среды с помощью широкополосных когерентных (частотно-модулированных, фазоманипулированных) гидроакустических сигналов на стационарных исследовательских трассах. Наиболее удобным и практичным для излучения различных типов сигналов является применение автономных донных гидроакустических излучающих станций. Постановка излучателя на якорь или на дно дает возможность стабилизировать измерительные трассы распространения сигнала, а автономность излучателя позволяет производить работы в произвольной акватории, не привязываясь к береговой инфраструктуре.

Для проведения натуральных экспериментов по решению исследовательских задач в области океанологии и акустической томографии сотрудниками лаборатории «Статистического моделирования» Тихоокеанского океанологического института имени В.И. Ильичёва была сконструирована и изготовлена автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая станция.

В данной статье рассматриваются конструктивные решения и применение автономной низкочастотной широкополосной гидроакустической станции с электромагнитным преобразователем, создающей акустическое давление до 2400 Па в диапазоне частот 420–520 Гц [1]. Испытания станции проведены на шельфе Японского моря в октябре 2017 года. На рис. 1 показан внешний вид станции на контрольном испытании.

Постановка проблемы

Основными требованиями к станции являлись: минимизация массогабаритных характеристик (общий вес не более 100 кг), автономность не менее 3 суток, рабочий частотный диапазон 420–520 Гц, акустическое давление в рабочем диапазоне, приведенное к 1 метру, не менее 2000 Па, возможность синхронизации с другими устройствами и наличие приемного гидрофона для записи акустических сигналов. Дополнительной опцией является возможность использовать автоном-

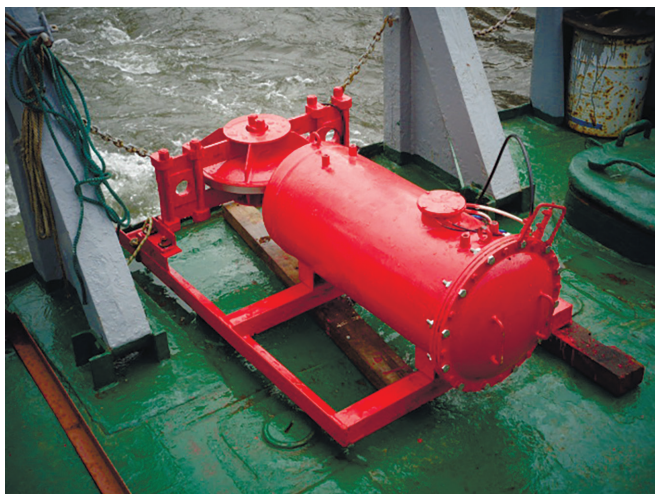


Рис. 1. Внешний вид автономной широкополосной низкочастотной гидроакустической станции

ную излучающую станцию в качестве ретранслятора гидроакустических сигналов и маяка для позиционирования подводных аппаратов. В качестве электроакустического преобразователя, исходя из требований к срокам автономности, массогабаритным характеристикам и излучаемой акустической мощности станции, был выбран преобразователь электромагнитного типа. Электромагнитные преобразователи в данном частотном диапазоне обладают рядом преимуществ: они просты в изготовлении и обслуживании, обладают наиболее высокими удельной мощностью и электроакустическим КПД по сравнению с пьезоэлектрическими и электродинамическими преобразователями [2]. Кроме того, для задач подводного позиционирования и ретрансляции гидроакустических сигналов, а также обработки и интерпретации, полученных в океанологических исследованиях, натуральных данных, существует необходимость в наличии канала синхронизации с различными устройствами и регистрации гидроакустических сигналов.

Технические решения

Автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая станция состоит из следующих элементов: стального герметичного

контейнера и электромагнитного гидроакустического преобразователя, закрепленных на металлической раме через виброизолирующие демпферные крепежные элементы. На контейнере расположен компенсатор гидростатического давления в акустически жестком корпусе и приемный гидрофон. Во внутренней полости герметичного контейнера находятся аккумуляторная батарея, термостатированный высокостабильный кварцевый генератор тактовой частоты, микроконтроллерный блок управления, соединенный последовательным синхронным интерфейсом блоком энергонезависимой твердотельной SD-памяти, подключенный к блоку управления канал регистрации гидроакустического поля в составе гидрофона, масштабирующего усилителя и аналого-цифрового преобразователя, а также подключенный к выходу микроконтроллерного блока управления усилитель мощности, соединенный с электромагнитным гидроакустическим преобразователем.

На рис. 2 приведена функциональная схема автономной широкополосной гидроакустической станции.

Автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая станция работает следующим образом. Во время подготовки излучающей станции к работе накачивается воздухом компенсатор

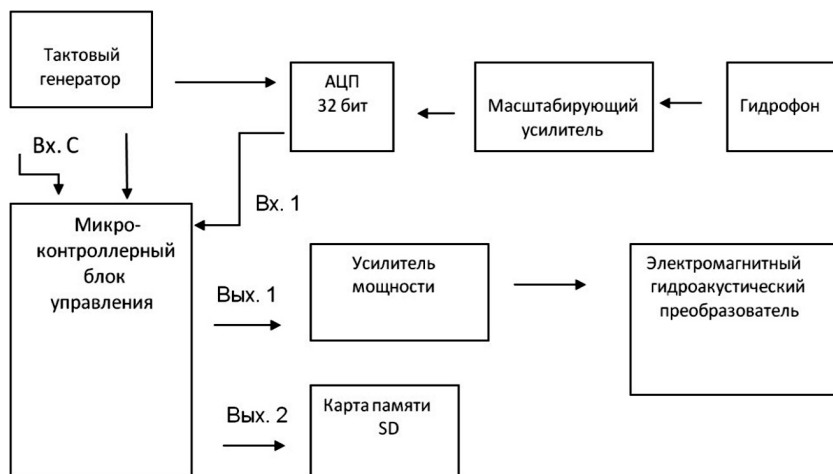


Рис. 2. Функциональная схема автономной широкополосной гидроакустической станции

гидростатического давления для электромагнитного преобразователя и устанавливается аккумуляторная батарея питания. При включении питания усилитель мощности переходит в режим ожидания сигнала с микроконтроллерного блока управления. Микроконтроллерный блок управления, изготовленный на базе микроконтроллера PIC32MM0064GPL036, коммутирует вход 1 (Вх. 1) приемного тракта опорного гидрофона и переходит в режим ожидания внешнего синхросигнала запуска работы системы, подаваемого на вход С (Вх. С). Это может быть сигнал с устройства точного времени (Глонасс, GPS), и в дальнейшем синхронизация поддерживается с помощью высокостабильного тактового генератора.

Тактовая частота для микроконтроллерного блока управления и АЦП приемного гидрофона подается с высокостабильного термостатированного тактового генератора МХО37/8Р. При поступлении на вход С микроконтроллерного блока управления внешнего сигнала запускается программа формирования и передачи на усилитель мощности излучаемого сигнала, а также преобразования и записи гидроакустического сигнала, поступающего на вход 1. Сигнал с гидрофона ЭПБА 3 проходит через масштабирующий усилитель с фильтром низкой частоты и поступает на 32-битное АЦП, а далее по SPI протоколу на цифровой вход 1 (Вх. 1) микроконтроллерного блока управления. Данные накапливаются в буфере памяти блока управления и затем блоками выдаются на цифровой выход 2 (Вых. 2) для записи на энергонезависимую карту памяти типа SD емкостью 128 Гбайт, что позволяет обеспечить непрерывность записи на срок до трех месяцев. Сигнал, формируемый по заданной программе, с микроконтроллерного блока управления подается через аналоговый выход 1 (Вых. 1) на усилитель мощности и далее на электромагнитный гидроакустический преобразователь, и происходит излучение гидроакустического сигнала в водную среду. Формирование типов и продолжительности сигналов определяется программой и выбирается из условий и задач применения излучающей станции.

Использование фазоманипулированного, частотно-модулированного зондирующего сигнала и наличие синхронизации с другими устройствами позволяет расширить область применения автономной

низкочастотной широкополосной гидроакустической излучающей станции в направлении построения системы передачи данных по гидроакустическому каналу и позиционирования для подводных аппаратов в произвольной акватории, а также расширения возможностей в области акустической томографии водной среды.

В режиме подводного маяка для позиционирования подводных аппаратов несколько автономных низкочастотных широкополосных гидроакустических излучающих станций устанавливаются на дно в районе использования подводных аппаратов и периодически излучают фазоманипулированные сигналы на различных несущих частотах в границах рабочего диапазона. На подводных аппаратах устанавливается приемный гидрофон и специальный блок обработки данных. В памяти блока находятся точные координаты постановки автономных излучателей и опорные сигналы соответствующих им частот, а также точное синхронизированное время их излучения. Затем в блоке обработки производится операция свертки полученного с приемного гидрофона сигнала с опорными сигналами, в результате которой получаются времена прохождения сигнала от маяков до подводного аппарата и, зная среднюю скорость звука в данной акватории, методом триангуляции определяется текущее положение аппарата.

Благодаря использованию микроконтроллерного блока управления и наличию канала приемного гидрофона с помощью соответствующей модификации управляющей программы также существует возможность передачи телеметрической информации и ретрансляции сигналов других станций с целью построения распределенной информационной системы для выбранной акватории. И хотя гидроакустический канал в пределах частотного диапазона станций обладает сравнительно низкой пропускной способностью, но для широкого класса задач по передаче команд и данных телеметрии этого оказывается достаточно.

Заключение

При проектировании излучающей станции были найдены разумные компромиссы между такими определяющими параметрами, как

срок автономности, массогабаритные характеристики и излучаемая мощность. Предлагаемые технические решения за счет установки электромагнитного гидроакустического преобразователя позволяют производить излучение гармонических, частотно-модулированных, фазоманипулированных сигналов с высоким качеством и КПД. Кроме того, включение в состав оборудования излучающей станции высокоточного тактового генератора, канала синхронизации с другими устройствами и канала записи с гидрофона расширяет перечень используемых методик для задач акустической томографии, дает возможность использования станции в качестве подводных маяков для позиционирования подводных аппаратов, а также передачи ретрансляции данных по гидроакустическому каналу.

Работа выполнена по госзаданию номер: АААА-А20-120021990003-3 «Изучение фундаментальных основ возникновения, развития, трансформации и взаимодействия гидроакустических, гидрофизических и геофизических полей Мирового океана».

Литература

1. Пивоваров А.А., Ярошук И.О., Швырев А.Н., Самченко А.Н. Автономная низкочастотная широкополосная гидроакустическая излучающая станция. Патент 176198 ПМ № 2017133585 от 12.01.2018 г. Бюл. № 2.
2. Долгих Г.И., Чупин В.А., Долгих С.Г., Пивоваров А.А., Самченко А.Н., Швырев А.Н., Яковенко С.В., Ярошук И.О. Излучающая гидроакустическая система на частотах 19–26 Гц // Приборы и техника эксперимента. 2017. № 4. С. 137. DOI: 10.7868/S0032816217030181.

References

1. Pivovarov A.A., Yaroshchuk I.O., Shvyrev A.N., Samchenko A.N. An autonomous low-frequency broadband hydroacoustic emitting station // Patent 176198 ПМ № 2017133585 12.01.2018. Бюл. № 2.
2. Dolgikh G.I., Dolgikh S.G., Pivovarov A.A., Samchenko A.N., Shvyrev A.N., Chupin V.A., Yakovenko S.V., Yaroshchuk I.O. A hydroacoustic system that radiates at frequencies of 19–26 Hz // Instruments and Experimental Techniques. 2017. Vol. 60. Iss. 4. P. 596. DOI: 10.1134/S0020441217030186.