

УДК 532.135
DOI 10.18101/2306-2363-2018-2-3-64-68

ГИДРОФОН НА ОСНОВЕ PVDF ПЬЕЗОЭЛЕМЕНТА С ТРАНСИМПЕДАНСНЫМ УСИЛИТЕЛЬНЫМ КАСКАДОМ

© **Демин Антон Сергеевич**

аспирант,
Бурятский государственный университет
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
E-mail: demantser@gmail.com

© **Данилова Виктория Александровна**

студент,
Бурятский государственный университет
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а
E-mail: newironwoman@gmail.com

© **Дамдинов Баир Батуевич**

доктор физико-математических наук, доцент,
Бурятский государственный университет
670000, г. Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а;
Институт физического материаловедения СО РАН
670047, г. Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6
E-mail: bdamdinov@bsu.ru

© **Балошин Юрий Александрович**

доктор физико-математических наук, профессор,
Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет
информационных технологий, механики и оптики
197101, г. Санкт-Петербург, Кронверкский пр., 49
E-mail: baloshin1940@mail.ru

Представлена конструкция лабораторного гидрофона, работающего в диапазоне частот 20–70 кГц, на основе доступных элементов. Разработан гидрофон и определены основные параметры и характеристики устройства. Соотношение сигнал/шум в районе 40 дБ гидрофона позволяет выполнять измерения скорости звука и прохождение сигналов в различных средах. Схема электронной части гидрофона рассчитана в программе LTspice и может применяться для акустических приемников с другими компонентами с учетом их характеристик

Ключевые слова: пьезоэлемент; гидрофон; акустические измерения; жидкость; скорость волны; гидроакустика; инструментальный усилитель.

Введение

Основные технические задачи гидроакустики — излучение и прием акустической энергии в жидкой среде. Акустическое поле представляет собой поле механических возмущений, для создания и приема которых используют механические колебательные системы [1]. Такие электроакустические системы представляют собой устройства, осуществляющие электромеханическое преобразование колебаний. Чаще всего таким преобразователем является пьезоэлектрический

элемент. Приемное устройство на основе пьезоэлемента обладает высоким выходным сопротивлением, что осложняет усиление принимаемого сигнала [2]. Разработка доступной для повторения конструкции лабораторного гидрофона и ее реализация приводит к решению технических задач, определяющих основные параметры и характеристики устройства. Электронная схема должна обладать малыми собственными шумами и устойчивостью к электромагнитным помехам. Эти условия накладывают требования на выбор доступных элементов, расчет принципиальной схемы.

Конструкция гидрофона

Гидрофон (рис. 1) состоит из алюминиевого корпуса диаметром 30 мм, внутри которого расположен усилитель сигнала. В торец корпуса герметично вклеен пьезоэлемент. Такое расположение позволяет ему совершать изгибные колебания под воздействием акустической волны. Преобразованный звуковой сигнал подается по кабелю на осциллограф или ЦАП.

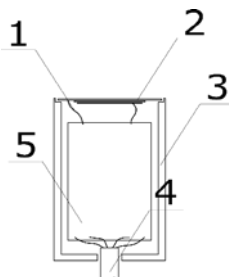


Рис. 1. Конструкция гидрофона. 1 — соединительные провода; 2 — пьезоэлемент; 3 — алюминиевый корпус; 4 — многожильный кабель; 5 — усилитель сигнала.

В качестве пьезоэлемента используется пьезоизлучатель, применяемый в устройствах оповещения. Он состоит из латунной пластинки, на которую нанесен слой PVDF полимера с металлизацией. Измеренная резонансная частота пьезоэлемента равна 3,7 кГц.

Моделирование и результаты измерения характеристик усилителя

Сигнал с пьезоэлемента подается на усилитель, входной каскад которого выполнен по схеме преобразователя тока, а выходной является инструментальным усилителем. Принципиальная схема усилителя изображена на рис. 2. Сопротивления R_1 , R_2 являются токоограничивающими и призваны снизить шум, связанный с электромагнитными помехами, наводимыми на пьезоэлемент и соединительные провода. Сопротивления R_3 , R_4 задают коэффициент усиления, а конденсаторы, подключенные к этим резисторам, стабилизируют работу схемы. Oy_1 и Oy_2 — половины операционного усилителя TL072. В качестве входных операционных усилителей необходимо использовать, ОУ с малым входным током. Такому критерию удовлетворяют усилители с входным каскадом на JFET транзисторах. Также полоса пропускания устройства будет зависеть от полосы ОУ, поэтому в случае приема высоких частот необходимо подобрать ОУ с частотой нулевого усиления не менее чем в 5-10 раз больше полосы устройства. Далее усиленный симметричный сигнал подается на вход инструментального усилителя AD8220, который фильтрует синфазную помеху и усиливает сигнал до необходимой амплитуды. Усиление ОУ3, задаваемое R_5 , так же влияет на полосу про-

пускания всего устройства, поэтому в усилителях, предназначенных для частоты свыше 100 кГц, необходимо сделать коэффициент усиления равным 1 и усиливать амплитуду дополнительным каскадом. В таком случае ОУ3 будет играть роль подавителя синфазной помехи.

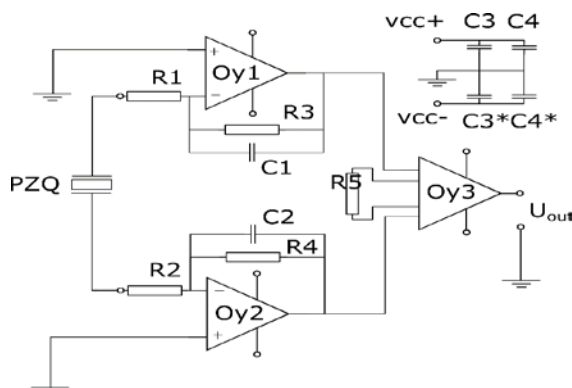


Рис. 2. Принципиальная схема гидрофона с усилителем.

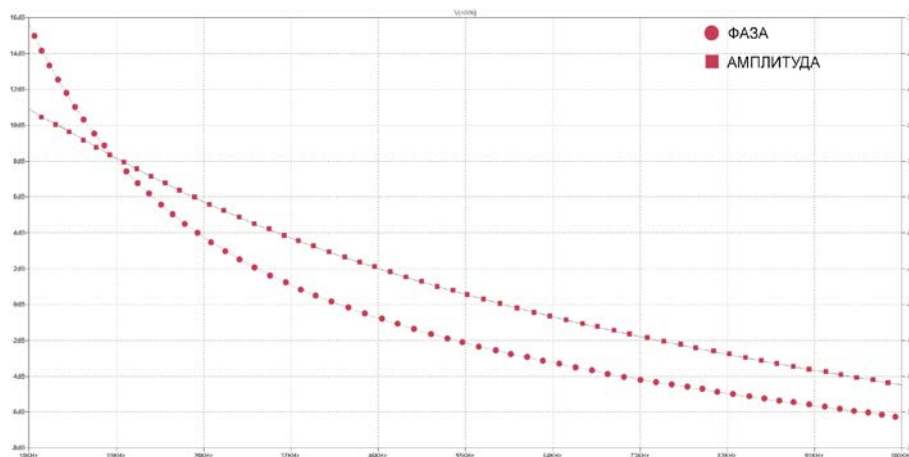


Рис. 3. Амплитудно-частотная характеристика модели усилителя

Моделирование в программе LTspice амплитудно-частотной характеристики (рис. 3) данного устройства позволяет определить частоту среза в районе 60 кГц. Для диапазона АЧХ пьезоэлемента имеет небольшой подъем в сторону высоких частот [3]. Таким образом, в диапазоне 20-40 кГц АЧХ гидрофона практически линейна, а выше 40 кГц чувствительность падает, достигая уровня -3 дБ на частоте 70 кГц.

Результаты и обсуждение

Создан и исследован лабораторный гидрофон, обладающий большой чувствительностью и оптимальной эксплуатационной характеристикой, способствующими его широкому применению для различных измерений скорости звука и прохождения сигналов в различных средах. Гидрофон обеспечивает чувствительность до 40 дБ в диапазоне частот 20–70 кГц.

Модификация схемы может позволить использовать гидрофон для решения большого количества технических задач, с учетом основных параметров и характеристик устройства. Основным ограничителем полосы пропускания является инструментальный усилитель ОУЗ. Из результатов моделирования следует, что применив высокочастотный усилитель можно расширить частотный диапазон гидрофона.

Работа выполнена при поддержке РФФИ грант 18-02-00523 и БГУ грант №16.8168.2017/БЧ.

Литература

1. Свердлин Г. М. Прикладная гидроакустика. Л.: Судостроение, 1990. 320 с.
2. Фурдуев В. В. Электроакустика. Л.: Изд-во технико-теоретической литературы, 1948. 516 с.
3. Шарапов В. М., Мусиенко М. П., Шарапова Е. В. Пьезоэлектрические датчики. М.: Техносфера, 2006. 632 с.

HYDROPHONE BASED ON PVDF PIEZOELEMENT WITH TRANSIMPEDANS AMPLIFIRE

Anton S. Demin
postgraduate,
Buryat State University
24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia
E-mail: demantser@gmail.com

Viktorya A. Danilova
student,
Buryat State University
24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia
E-mail: newironwoman@gmail.com

Bair B. Damdinov
Doctor of Physics and Mathematics, associate Professor
Buryat State University
24a Smolina str., Ulan-Ude, 670000 Russia
Institute of Physical Materials Science SB RAS
6 Sahyanova str., Ulan-Ude, 670047, Russia
E-mail: bdamdinov@bsu.ru

Yury A. Baloshin
Doctor of Physics and Mathematics, Professor
Saint Petersburg National Research University
of Information Technologies, Mechanics and Optics
49 Kronverksky pr., Saint-Peterburg, 197101, Russia
E-mail: baloshin1940@mail.ru

Paper is devoted to design and measurement of hydrophone for laboratory experiments, construction of hydrophone consists of common elements one have 20–70 KHz band. The hydrophone has been developed and the main parameters and characteristics of the device.

One have been determined and 40 dB signal/noise ratio, allows to make sound velocity measurements and signal transition in different media. Electronic part of the hydrophone is modeled in LTspice application and can be used for acoustic receivers with other components taking their characteristics into account.

Keywords: piezoelement, hydrophone, acoustic measurements, liquid, wave velocity, rhydro acoustic, transimpedance amplifier