
**ПРИБОРЫ, ИЗГОТОВЛЕННЫЕ
В ЛАБОРАТОРИЯХ**

УДК 534.222.2+551.463.2

**АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ МНОГОЧАСТОТНОГО
АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ**

© 2021 г. И. В. Корсков

Поступила в редакцию 01.10.2020 г.

После доработки 06.10.2020 г.

Принята к публикации 07.10.2020 г.

DOI: 10.31857/S0032816221020063

Комплекс предназначен для многочастотного акустического зондирования морской среды. Комплекс содержит процессор управления и обработки, тракт излучения зондирующих импульсов и тракт приема, выполненный на базе цифрового синтезатора частот, который генерирует набор частот, равный числу рабочих частот антенны. Применение цифрового синтезатора частот в схеме гетеродинного преобразования сигналов расширяет функциональные возможности комплекса за счет формирования любого числа измерительных каналов под акустическую антенну с любым набором рабочих частот.

Для дистанционного определения в морской воде неоднородностей с резонансными свойствами, таких как газовые пузырьки, рыбы с плавательным пузырем, отдельные виды планктона, содержащие газовые пузырьки (сифонофоры) и др., разработаны методы многочастотного акустического зондирования [1, 2]. Изучение рассеяния звука на различных частотах позволяет определить функцию распределения таких включений по размерам [1, 2].

Основы построения систем многочастотного акустического зондирования описаны в [1, 2]. В системе многочастотного акустического зондирования обычно имеется набор излучателей с определенным количеством рабочих частот, набор соответствующих узкополосных фильтров, многоканальные усилители, сложные системы обработки информации, что приводит к существенному усложнению и удорожанию аппаратного комплекса. В работе [3] предложен метод временного разделения частот, который позволяет частично упростить схему и улучшить ситуацию с обработкой акустической информации. Основным недостатком типичного комплекса акустического зондирования является необходимость перестройки фильтров (или их замены) при изменении рабочих частот акустической антенны, а также при замене отдельных излучателей необходимость заново калибровать тракт приема.

Улучшить характеристики комплекса можно путем применения в тракте приема гетеродинного преобразования частот. Традиционные схемы приемных трактов с гетеродинным преобразованием частот используют для настройки на нужную частоту перестройку частоты гетеродина для получения в смесителе так называемой промежуточной частоты [4]. В системе многочастотного акустического зондирования обычно имеется набор излучателей с определенным количеством рабочих частот, поэтому для гетеродинного преобразования требуется соответствующее количество частот гетеродина. Цифровые генераторы (синтезаторы частот) позволяют формировать сигнал в виде суммы необходимого числа частот для гетеродинного преобразования. Эта сумма частот постоянно генерируется в течение всего цикла измерений и присутствует на первом входе перемножителя сигналов (смесителя). При зондировании импульсами одной из рабочих частот многоканальной системы и подаче принимаемых сигналов на второй вход смесителя, на первом входе смесителя всегда присутствует одна из частот гетеродина, которая при перемножении дает промежуточную (разностную) частоту приемного тракта [5, 6]. При зондировании импульсами следующей частоты в сигнале гетеродина также найдется соответствующая частота, позволяющая передать принятый сигнал в приемный тракт промежуточной частоты.

Таким образом, гетеродин приемного тракта не перестраивается, но всегда выдает нужную для работы тракта приема частоту. Теперь сигналы всех частот переносятся на одну промежуточную частоту и усиливаются селективным усилителем с высокой избирательностью. Это исключает задержку на время переключения частоты гетеродина, учет неравномерности амплитудно-частотной характеристики приемного тракта, обычно связанной с перестройкой частоты, повышает стабильность работы усилителя. После усиления и фильтрации сигналы промежуточной частоты оцифровываются аналого-цифровым преобразо-

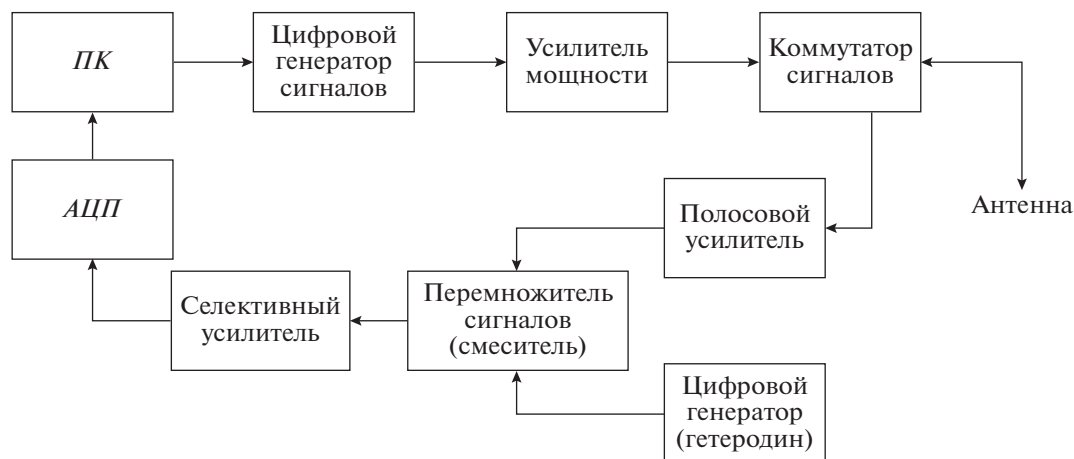


Рис. 1. Функциональная схема аппаратного комплекса для многочастотного зондирования морской среды. ПК – процессор управления и обработки, АЦП – аналого-цифровой преобразователь.

вателем и поступают для дальнейшей обработки в процессор. Поскольку порядок частот зондирования, генерируемых генератором акустических сигналов, известен, то и порядок поступающих на антенну сигналов рассеяния и отражения определен. Функциональная схема берегового комплекса системы многочастотного зондирования представлена на рис. 1.

Тракт излучения не изменен, описан в [3, 5], работает в режиме последовательных посылок, прием отраженных и рассеянных сигналов проводится через диодный коммутатор сигналов. В полосовом усилителе происходит ограничение полосы пропускания частот до рабочего диапазона антенны и предварительное усиление сигналов.

Описанная схема реализована на морской экспериментальной станции ТОИ ДВО РАН в бухте Витязь залива Петра Великого Японского моря. Донная станция оснащена антенной, установленной на дно бухты, с тремя излучателями с рабочими частотами 519, 216 и 138 кГц. Береговой аппаратный комплекс обеспечивает излучение, прием и обработку акустических сигналов многочастотной антенны донной станции.

В качестве полосового усилителя применен селективный нановольтметр UNIPAN SN-232 (Польша) с регулируемой полосой пропускания верхних и нижних частот. Генератор сигналов произвольной формы ГСПФ-053 выполнял функцию гетеродина – синтезатора частот. Смеситель выполнен на микросхеме перемножителя AD633 фирмы Analog Devices. Сигналы промежуточной частоты усиливались селективным усилителем SN-233 (Польша) с диапазоном частот до 150 кГц и селективностью до 54 дБ на октаву.

При использовании антенны с другими рабочими частотами или замене излучателей требует-

ся только изменить набор частот гетеродина без замены усилителей и фильтров. Другим важным моментом является понижение частоты сигнала при гетеродинировании в нашем случае почти в 3.5 раза (с 519 до 150 кГц), что позволяет использовать более низкочастотные усилители и АЦП и экономить ресурсы компьютера. Аппаратурный комплекс для системы многочастотного акустического зондирования морской среды защищен патентом на полезную модель [6].

Работа выполнена по госзаданию № 0271-2019-0009 и частично поддержана грантами РФФИ № 17-02-00561а и программы “Дальний восток” № 18-I-004.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреева И.Б. // Акуст. журн. 1999. Т. 45. № 4. С. 437–444.
2. Farmer D., Vagle S. // J. Geophys. Res. 2010. V. 115. P. C12054.
3. Буланов В.А., Корсков И.В. // ПТЭ. 2009. № 3. С. 120.
4. Колосовский Е.А. Устройства приема и обработки сигналов. М.: Изд-во Горячая линия – Телеком, 2012.
5. Буланов В.А., Корсков И.В., Соседко С.Н., Стороженко А.В. // ПТЭ. 2020. № 3. С. 131. <https://doi.org/10.31857/S0032816220030167>
6. Корсков И.В. Патент на полезную модель 199 731 РФ. МПК G 01 S 15/02 (2006.01) // Оpubл. 16.09.2020. Бюл. № 26.

Адрес для справок: Россия, 690041, Владивосток, ул. Балтийская, 43, Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева ДВО РАН, лаборатория гидрофизики. Тел.: 423 2374913. Факс: 423 2312573. E-mail: i_korskov@poi.dvo.ru