

## ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС НИЗКОЧАСТОТНОЙ АКУСТИЧЕСКОЙ ТРУБЫ С ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

*Лейко А.Г., Гулега Л.Г., Зацерковский Р.А., Коцюба В.С.,  
Лейко Н.С., Руснак В.Н., Хоменко А.Г.,  
Киевский государственный НИИ ГИДРОПРИБОРОВ*

*Безвербный И.А., Сематюк М.В., Чичирин Е.Н  
Институт кибернетики им. акад. Глушкова В.М. НАН Украины*

Для разработки акустических покрытий различного назначения требуется знание акустических характеристик материалов.

Исследования акустических характеристик материалов выполняются обычно с помощью акустических труб импульсным методом и методом стоячих волн.

В низкочастотной области из-за ограничений конструктивного характера, накладываемых на размеры трубы, применяется метод стоячих волн с непрерывным возбуждением акустического поля в столбе воды и разделением прямой и отраженной волн. Последнее достигается благодаря раздельному приему сигналов от излучателя и испытываемого образца.

Получение большого объема информации об отражающих свойствах материалов в воде, описываемых коэффициентами отражения, как функции частоты при различных значениях температуры и гидростатического давления, с требуемой точностью и в сжатые сроки возможно только при полной автоматизации процесса измерений на базе цифровых методов обработки сигналов.

В Украине создана низкочастотная акустическая измерительная система (НЧАИС) с внутренним диаметром акустической трубы, равным 208 мм, для проведения исследований в области технической акустики методом акустической интерферометрии.

НЧАИС имеет в своем составе:

- корпусно-механическую часть (толстостенная труба с затвором, термоизолирующая рубашка, опорно-несущая конструкция);
- автоматизированную систему управления параметрами среды (температурой и давлением) – технологический комплекс «среда»;
- измерительный комплекс ИК НЧАИС, включающий акустическую подсистему, электронную аналоговую аппаратуру возбуждения акустического излучателя и усиления принимаемых сигналов и цифровую вычислительную систему.

Ниже рассматриваются вопросы построения ИК НЧАИС.

### 1 Акустическая подсистема.

Акустическая подсистема (АП) состоит из излучателя 1 и группы из 3-х гидрофонов 2, установленных вертикально в заполненной водой трубе (рисунок 1).

Акустический излучатель сконструирован на базе стержневого пьезокерамического преобразователя. Излучатель установлен в нижней части трубы. В верхней части трубы расположен испытываемый образец материала О.



Трехдиапазонный преселектор выполнен в виде последовательного соединения активных фильтра верхних и фильтра нижних частот Баттерворда 8-го порядка и обеспечивает работу в полосах:

- 130 - 1620 Гц;
- 850 - 5150 Гц;
- 130 - 5150 Гц.

Усилители построены с использованием современной элементной базы:

- интегральные фильтры UAF42F6;
- инструментальные терационные усилители INA 163 OA;
- двоянные операционные усилители NE 5532 AP.

## 2.2 Устройство возбуждения акустического излучателя.

Особенностями тракта излучения является работа на динамическую активно-реактивную (емкостную) нагрузку в полосе частот 200 - 4000 Гц (тактовые) с динамическим диапазоном - 40 дБ.

Канал возбуждения выполнен в виде 2-х каскадного усилителя (10) задающих сигналов, поступающих от цифровой вычислительной системы (ЦВС) с регулируемым в функции частот уровнем  $U = U(\omega)$ .

Выходной каскад, выполненный на базе специализированной для работы на емкостную нагрузку микросхемы операционного усилителя RA94, через коммутатор 9 "Контроль-работа" подключается к излучателю или эквиваленту, выходы которого через ключи соединены с вторым входом 4-го усилителя.

Коэффициент усиления  $H = 10$ . На частоте  $f = 200$  Гц усилитель развивает напряжение 20В.

## 3 ЦВС обработки сигналов управления, отображения.

ЦВС имеет в своём составе:

- управляющую ЭВМ обработки информации, управления, отображения - 11;
- контроллер аналоговой аппаратуры -12.

ЭВМ и контроллер связаны двунаправленным последовательным каналом передачи данных и команд с интерфейсом RS-422.

### 3.1 Управляющая ЭВМ.

ЭВМ управления, обработки информации, отображения представляет собой персональный IBM-совместимый контроллер с параметрами:

- центральный процессор Cell-1. 2GHz, ОЗУ – 256 Мбайт; жёсткий диск – 60 Gb, CD RW 52x;
- монитор 17” Samsung 172VTFT;
- принтер HP DeskJet 5550;
- интерфейсная плата СП 22 1S

### 3.2 Контроллер аналоговой аппаратуры.

Контроллер включает:

- сигнальный процессор ADSP 2188 с тактовой частотой 64 МГц – 13;
- 4-х канальный, синхронный, 16-ти разрядный преобразователь аналог-код, с нормирующими усилителями в каждом канале - 14.

Частота дискретизации – 16 кГц. Время преобразования – 2 мкс;

- 2-х канальный 12-ти разрядный преобразователь код-аналог, формирующий восстанавливаемыми фильтрами нижних частот, непрерывные гармонические сигналы из временной последовательности цифровых отсчётов, синтезируемых по формулам тригонометрической интерполяции сигнальным процессором с шагом  $\Delta f = 0,5$  Гц - 15;
- 2-х канальный 12-ти разрядный цифро-аналоговый преобразователь для визуализации и измерения параметров синтезируемых и излучаемых сигналов - 16;
- оперативная память емкостью 1 Мбайт -17;
- постоянная память - 128 Кбайт –18;
- генератор тактовой частоты  $F_T = 32$  МГц - 19;
- устройство синхронизации измерений –20;
- устройство двунаправленной передачи данных и команд последовательным каналом обмена с управляющей ЭВМ – 21.

Команды, задающие режим функционирования аналоговой аппаратуры, декодируется дешифратором 15.

Структура измерительного комплекса приведена на рисунке 1.

#### 4 Алгоритмический базис.

Измерительный комплекс под управлением ЦВС работает в режимах «Контроль», «Измерение».

Контроллер аналоговой аппаратуры по командам управляющей ЭВМ формирует:

- непрерывные синфазные гармонические сигналы одинакового уровня для проверки усилительных каналов с шагом  $\Delta f = 0,5$  Гц в режиме КОНТРОЛЬ УСИЛИТЕЛЕЙ;
- синтезирует непрерывные задающие гармонические сигналы для генераторного устройства с частотно-регулируемым уровнем и шагом  $\Delta f = 0,5$  Гц в режимах ИЗМЕРЕНИЕ, КОНТРОЛЬ ГУ;
- формирует два непрерывных гармонических сигнала, имитирующих выходные электрические колебания гидрофонов в поле стоячей волны, образованной интерференцией прямой и отражённой волной рассеивающим образцом волн в режиме ИЗМЕРЕНИЕ-ИМИТАТОР.

Управляющая ЭВМ в режимах КОНТРОЛЬ, ИЗМЕРЕНИЕ решает следующие задачи:

- в каждом цикле измерений выполняет набор отсчётов действительных сигналов в 4 каналах за 4 секунды;
- вычисляет эффективное значение напряжения электрических шумов при закороченных входах усилителей на непрерывающихся интервалах длительностью 1 с и усредняет результат по 4 реализациям;
- вычисляет эффективное значение интегрального уровня акустических и электрических шумов при подключённых гидрофонах;
- вычисляет спектр мощности интегрального уровня шумов при подключённых гидрофонах в каналах методом БПФ;
- вычисляет комплексную амплитуд на выходе 1-герцового фильтра с центральной частотой  $\omega_1$  - го канала;