

ИЗМЕРИТЕЛЬ УРОВНЯ ВЫСОКОИНТЕНСИВНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ДАВЛЕНИЯ

В.Н. Хмелёв, И.И. Савин, Д.В. Генне, А.А. Бахирев
Бийский технологический институт АлтГТУ

В последние годы наметился бурный рост промышленного применения различных ультразвуковых технологий, в том числе с вводом колебаний в обрабатываемый материал через воздушную среду (сушка, гашение пены, стерилизация медицинских препаратов). Повышение эффективности ультразвуковых технологий без контроля параметров акустического поля представляется задачей малоперспективной. Необходимо отметить, что интенсивное воздействие ультразвуковых установок на обрабатываемую среду проявляется при значениях звукового давления более 110 децибел.

При оценке эффективности работы ультразвуковых колебательных систем необходимо наличие измерителей акустического давления, работающих на частотах 16–25 КГц и имеющих диапазон измерений 110–170 децибел.

Серийные приборы для измерения уровня звукового давления – шумомеры имеют диапазон измерений 30–130 децибел и работают на частотах только до 20 КГц. Основными потребителями шумомеров являются различные санитарные надзорные органы. Нормативные документы, содержащие допустимые уровни звукового давления, ограничивают последнее величиной не более 120 децибел, что и определяет параметры серийных шумомеров.

В настоящее время приборы с диапазоном измерений 110–170 децибел серийно не выпускаются. Такие приборы изготавливаются только по заданию заказчика мелкими партиями или штучно, что обуславливает их очень высокую стоимость. Так, например, одни из самых простых приборов производства фирмы «Brüel&Kjær» (Дания) имеют стоимость порядка 2000–3000 евро.

Указанные обстоятельства послужили причиной разработки специализированного прибора.

Прибор состоит двух частей: первичного преобразователя и устройства обработки сигналов. Первым этапом построения прибора является выбор чувствительного элемента – микрофона. Анализ данных о существующих микрофонах позволил установить, что необходимыми техническими характеристиками обладает микрофон ЕСМ 1414 научно-технического объединения «Профиль». Он имеет расширенные частотную и динамическую характеристики. Его диапазон измерений составляет 60–180 децибел, а частотный диапазон 30Гц–30КГц. Уровень звукового давления и выходное напряжение микрофона связаны следующей формулой:

$$a = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{2 \cdot 10^{-5}}\right) + 60,$$

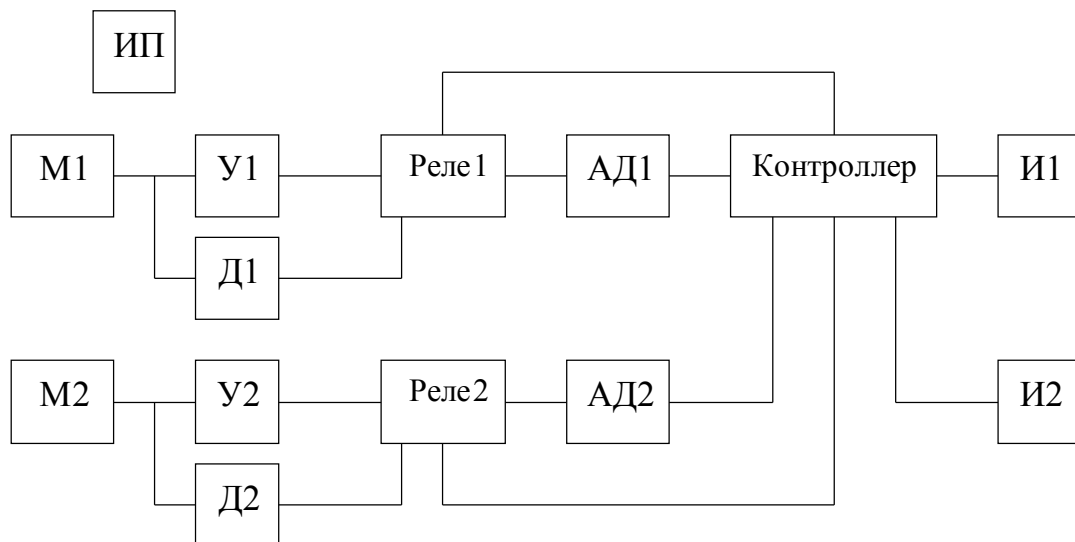
где a – уровень акустического давления, дБ; U – напряжение на выходе микрофона, В. Данный микрофон выгодно отличается от зарубежных аналогов своей стоимостью.

Базовая структура системы преобразования сигнала отображена на рис. 1. Структура системы представляет собой милливольтметр амплитудного значения. Сигнал с микрофона поступает сначала на усилитель и делитель. Вход амплитудного детектора с помощью реле коммутируется либо с выходом усилителя, либо с выходом делителя. С выхода амплитудного детектора сигнал поступает на вход АЦП контроллера. АЦП работает в диапазоне 5мВ–5В, что составляет 3 декады. Сигнал изменяется от 50мкВ до 15В, что составляет более 5 декад. Поэтому необходимо использовать два предела измерения. На первом пределе измерений происходит усиление сигнала в 100 раз с помощью усилителя, а на втором пределе измерений ослабление в 3 раза посредством делителя. Переключение осуществляется посредством реле, управляемого контроллером.

Логарифмирование решено производить программным способом с использованием контроллера AT90S4434 фирмы Atmel. Кроме того, контроллер обеспечивает вывод измеренных значений на индикаторы, опрос клавиатуры, усреднение полученных значений и переключение диапазонов измерения. Прибор способен работать в трех режимах: режим быстрого усреднения по 16 последним значениям, режим медленного усреднения по 64 последним значениям, пиковый режим.

Частотный диапазон данного пикового вольтметра определяется предельной частотой работы входного усилителя и значительно превышает 25 КГц. Динамический диапазон определяется диапазоном работы входного устройства, состоящего из усилителя, делителя и реле. Входное устройство является многопредельным (количество пределов 2^n), количество пределов увеличивается без значительного усложнения принципиальной схемы устройства.

Основным отрицательным моментом создания измерителя акустического давления явилась невозможность провести поверку разработанного прибора. Данное обстоятельство объясняется главным образом отсутствием поверочной аппаратуры с требуемыми характеристиками. Поскольку основная масса поверочной аппаратуры рассчитана на работу до 20 КГц и до 130 децибел.



ИП – источник питания; M1, M2 – микрофоны первого и второго каналов; U1, U2 – усилители; Д1, Д2 – делители; АД1, АД2 – амплитудные детекторы; I1, I2 – индикаторы

Рисунок 1 – Структурная схема основных узлов шумомера



Рисунок 2 – Внешний вид измерителя акустического давления

В результате проведенной работы создан измеритель акустического давления, фотография которого представлена на рисунке 2, имеющий следующие технические характеристики:

Количество измерительных каналов	2
Диапазон измерений звукового давления, дБ	110-170
Частотный диапазон, КГц	5-25
Масса, г	390
Габаритные размеры электронного блока, мм	260x190x70

По предварительным оценкам прибор не только соответствует, но и превосходит предъявленные ему требования. Он используется в повседневной работе лаборатории акустических процессов и аппаратов. Измеритель звукового давления применяется для определения интенсивности звукового давления, вводимых в воздушную среду, акустических колебаний высокой интенсивности.

Литература

1. Хорвиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. – М.: Мир, 1986.
2. Цифровые и аналоговые интегральные микросхемы: Справочник / Под ред. С.В. Якубовского. – М.: Радио и связь, 1989.
3. <http://www.ntp-profil.com>.