

Измерение амплитуды механических колебаний излучающей диафрагмы мощного низкочастотного электроакустического преобразователя

А.А. Арапова, А.Ф.Гейер

В процессе разработки мощных пьезокерамических низкочастотных электроакустических преобразователей важно производить оценки динамической стороны функционирования этих преобразователей. Это необходимо для того, чтобы в процессе конструирования учесть действующие силы и механические напряжения на конструктивные элементы и их соединения. К таким динамическим величинам относятся колебательное ускорение и связанная с ним сила, механическое напряжение вследствие изгибной деформации, сдвиговое напряжение в клеевых швах и др. Оценку этих динамических параметров достаточно легко осуществить, если известен хотя бы один из основных параметров. В случае интенсивных колебаний, особенно на сравнительно низкой для пьезокерамических преобразователей частоте, имеется возможность осуществить прямое измерение амплитуды колебаний излучающей поверхности. Колебания пьезокерамического электроакустического преобразователя являются резонансными и происходят по синусоидальному закону. Дифференцируя этот закон и используя экспериментальное значение амплитуды смещения, получаются простые выражения для вычисления амплитуд колебательной скорости и колебательного ускорения. Знание амплитуды смещения и конструктивных размеров биморфного пьезопреобразователя даёт возможность сделать количественную оценку изгибной деформации и соответствующих механических напряжений.

В данной работе осуществлён способ непосредственного измерения амплитуды колебаний излучающей поверхности пьезокерамического преобразователя с плоско-сферической диафрагмой [1]. Излучающей частью этого преобразователя является плоско-сферическая диафрагма, которая наружной периферией соединена с боковой стенкой корпуса. Приводом для диафрагмы служит биморфный пьезопреобразователь, который соединён с основанием сферической части диафрагмы. Биморфный пьезопреобразователь совершает изгибные колебания относительно некоторой окружности нулевых смещений. При этом максимальная амплитуда имеет место в центре и на периферии биморфа. Амплитуды колебаний периферии биморфа и всей сферической части диафрагмы равны, поскольку жёстко связаны. Амплитуда плоской части диафрагмы распределяется по радиусу от максимума, у основания сферической части, до нуля, в месте соединения с корпусом. Сферическая часть диафрагмы в силу своей геометрии является жёсткой фигурой, поэтому распределение амплитуд точек её поверхности

является константой. В проводимом эксперименте наиболее удобно было измерять амплитуду на вершине сферического элемента диафрагмы.

Измерение амплитуды механических колебаний излучающей поверхности электроакустического преобразователя произведено прямым способом с помощью измерительной головки часового типа, закреплённой на стандартной стойке. Шкала измерительной головки имеет цену деления 1 мкм. Под измерительной головкой размещался испытуемый электроакустический преобразователь, под которым устроено жёсткое основание. Измерительную головку снабдили дополнительными элементами. Во-первых, к её наконечнику прикрепили изогнутую полоску из бронзы, которая предназначена для касания вибрирующей поверхности диафрагмы. Во-вторых, удлиннили рычажок для подъёма и опускания наконечника, с тем, чтобы обеспечить более плавное движение наконечника, контролируя его перемещение с микронной точностью.

Суть способа измерения амплитуды заключается в следующем. К звучащему электроакустическому преобразователю медленно подводим нижний обрез бронзовой полоски, следя за показаниями стрелки. При первом же касании с вибрирующей поверхностью бронзовая полоска начнёт издавать постоянный дребезг, который хорошо различим на фоне тонального сигнала и, чтобы его прекратить, надо отвести полоску на существенно большее расстояние. После этого снимаем возбуждающее напряжение и вновь опускаем наконечник до касания с поверхностью диафрагмы и снимаем показание стрелки индикатора. Разность этих показаний и есть значение амплитуды колебаний. Необходимо оговориться, что на самом деле измерение положения покоящейся поверхности диафрагмы также производилось по моменту начала дребезга, но при возбуждающем напряжении в десятки раз меньшем, чтобы погрешность определения нулевого положения не превышала погрешность измерительной головки.

До проведения измерения амплитуды была определена величина возбуждающего напряжения, при которой образец преобразователя развивал звуковое давление 125 дБ. Это напряжение было равно 30В. При измерении амплитуды также подавали 30 вольт. Помимо этого произвели также измерение на напряжении 15 вольт. Измерения производились на резонансной частоте, которая составляла на испытуемом образце 1820 герц. Для повышения точности была произведена серия измерений для каждого из возбуждающих напряжений, 15 и 30 вольт. При определении нулевого положения диафрагмы использовалось возбуждающее напряжение 1 вольт.

Изображение установки для измерения амплитуды звуковых колебаний представлено на рисунке 1, а результаты измерения – в таблице 1.



Рис.1 – установка для измерения амплитуды звуковых колебаний

Таблица 1

Напряж., В	Амплитуда, мкм, в серии								Среднее значение, мкм	Средне- квадратич. отклонение
	1	2	3	4	5	6	7	8		
15	60	65	58	66	59	67	58	58	61,4	3,5 (5,7%)
30	110	121	108	115	118	120	120	116	116	4,0 (3,6%)

Реализация предложенного метода позволила с вполне удовлетворительной точностью измерить амплитуду звуковых колебаний излучающей диафрагмы, особенно при интенсивных колебаниях. Амплитуда колебаний излучающей поверхности при создаваемом ею звуковом давлении 125дБ составила $116 \pm 4,0$ мкм.

Источники:

1. Гейер А.Ф. и др. «Электроакустический преобразователь». Патент РФ на полезную модель №71496. 04 октября 2007г.