

Пьезокерамические преобразователи звука на 125 дБ. Новые возможности для создания мощных акустических устройств.

А.Ф. Гейер, Р.Е. Малыхин, В.А. Пономарев, А.П. Синельников

Довольно распространенным видом преобразователей (излучателей) являются пьезокерамические излучатели. Это электроакустические устройства воспроизведения звука, использующие обратный пьезоэлектрический эффект.

Интерес к созданию оповещателей на основе пьезокерамики (судя по огромному количеству патентов) всегда был чрезвычайно высок. Разработчиков привлекала необычайная простота конструкции, отсутствие магнитных цепей, довольно высокий уровень чувствительности, стабильность параметров и т.д. Однако пьезокристаллический элемент, используемый для возбуждения диафрагмы, имеет ярко выраженную резонансную характеристику, поэтому применение его для возбуждения излучателей в широком диапазоне частот потребовало многолетних работ по отработке конструкции.

На предприятии «Аэрофон» также проводились такого рода исследования по созданию преобразователя с наиболее оптимальными характеристиками (НИОКР 2012-2015гг.[1,2]), финансируемые фондом содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере. В результате таких исследований были созданы электроакустические излучатели ПЭП-1 и ПЭП-2.

Эти преобразователи базируются на новом техническом решении электроакустического преобразователя – преобразователя с плоско-сферической диафрагмой. Данный конструктивный тип позволяет создавать экономичные акустические излучатели с высокой интенсивностью звука, а также обеспечить высокую степень защиты от неблагоприятных климатических воздействий. Возможность повышения звукового давления обусловлено новым техническим решением, которое, в частности, предусматривает разделение функций активного и излучающего элементов преобразователя. Это решение защищено патентом РФ №71496.[3]

В отличие от существующих мощных динамических излучателей звука пьезокерамический электроакустический преобразователь работает на резонансной частоте, что способствует повышению эффективности излучения. Заложенное в нем техническое решение позволяет легко реализовать пыле и влагозащищённое исполнение, возможность очистки от грязи струёй воды. Это позволяет расширить его применение по условиям эксплуатации. Преимущественные технико-экономические характеристики пьезокерамического электроакустического преобразователя обуславливают новые возможности создания мощных акустических устройств.

Устройство акустического преобразователя

Необходимым элементом электроакустического преобразователя с применением пьезокерамики является биморфная конструкция из двух тонких пьезоэлементов, из которых один при подаче напряжения растягивается, а другой сжимается. Между пьезоэлементами клеится третий элемент – металлическая мембрана (см. рис.1). Металл придаёт прочность конструкции.

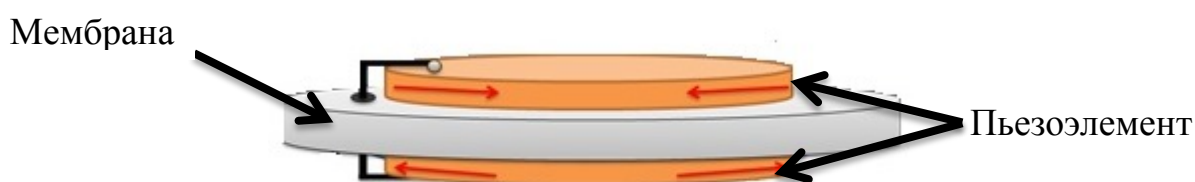


Рисунок 1 – Биморфная конструкция преобразователя

Предлагаемый вниманию преобразователь[4] имеет ту особенность, что его электроакустическая часть является неотъемлемым функциональным элементом корпуса, который предназначен для размещения электронной схемы возбуждения звуковых колебаний. Такие «звучащие» корпуса могли бы представлять интерес для разработчиков и изготовителей различных звуковых сигнальных устройств – оповещателей, сирен, сигнализаторов. Звукоизлучающий элемент этих преобразователей не является деталью конструкции, узлом, а представляет собой функциональную, звучащую часть корпуса, и получается в едином цикле литья из пластмассы.

На рис.2 схематично изображён разрез преобразователя по вертикали. Звукоизлучающей поверхностью является верхняя поверхность диафрагмы 1, которая, подобно шляпе с полями, имеет центральную, выпуклую часть и плоскую, кольцевую.

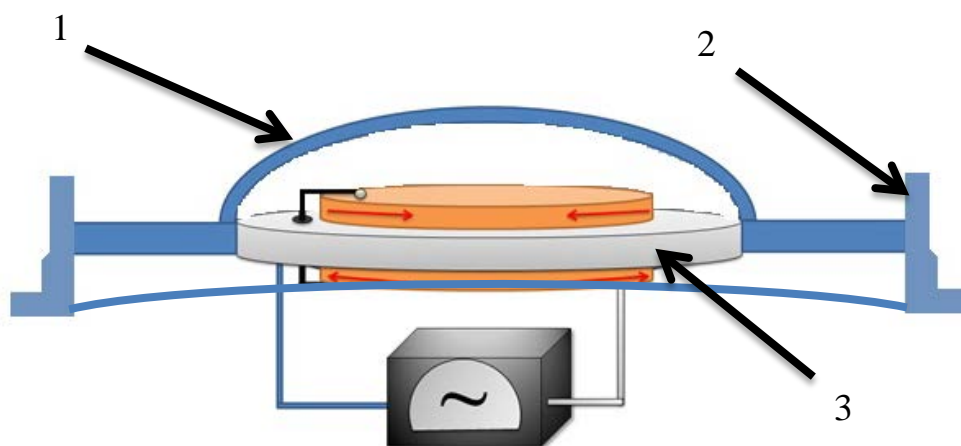


Рисунок 2 – Устройство электроакустического преобразователя с диафрагмой

Периферия плоской кольцевой части соединена с боковой стенкой 2 корпуса. Таким образом, диафрагма состоит из двух частей, кардинально отличающихся по жёсткости. Это жёсткая сферическая часть и податливая плоская. Внизу диафрагмы, в кольцевой бортик, вставлен и проклеен по контуру биморфный элемент 3. Сам по себе биморфный элемент является слабым источником звука. Его предназначение – служить приводом диафрагмы. При подаче переменного напряжения звуковой частоты на биморфный элемент последний совершает изгибные колебания относительно узловой окружности. В результате чего верхняя поверхность диафрагмы совершает согласованное колебательное движение и эффективно излучает звук.

Назначение и технические характеристики пьезокерамических преобразователей

Преобразователь электроакустический пьезокерамический ПЭП – 1 является изделием производственно-технического назначения и предназначен для использования в устройствах подачи звукового сигнала высокой интенсивности.

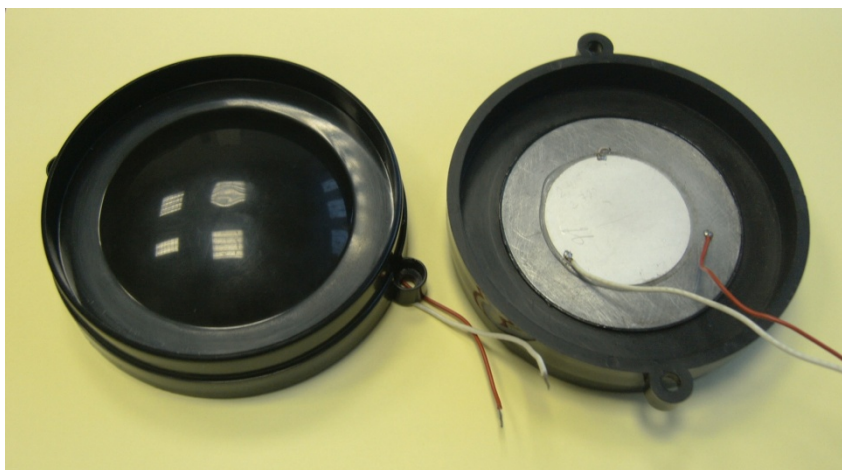


Рисунок 3 – Внешний вид преобразователя ПЭП-1

Основные технические данные:

1. Уровень громкости сигнала преобразователя на расстоянии 1м от него, измеренного шумомером с частотной характеристикой А по ГОСТ 17187-81, должен быть не менее 125дБ при напряжении сигнала 48В и не менее 120дБ при напряжении сигнала 24В на резонансной частоте.
2. Резонансная частота преобразователя должна быть в интервале от 2400 до 2900 Гц.
3. Эквивалентное сопротивление на резонансе от 80 до 120 Ом.
4. Продолжительность непрерывной работы – не менее 10 минут при напряжении 24В или не менее 1 минуты при напряжении 48В.
5. Электрическая ёмкость не менее 80нФ.
6. Интервал рабочих температур от минус 40 до +50 град С.

7. Стойкость к воздействию повышенной влажности 90% при 35°C.
8. Средняя наработка на отказ должна быть не менее 6000 циклов включения-выключения.
9. Средний срок службы не менее 8 лет.
10. Габаритные размеры не более Ø 96x24 мм.
11. Масса не более 0,1 кг.

Преобразователь электроакустический пьезокерамический ПЭП - 2 (далее – преобразователь) является изделием производственно-технического назначения и предназначен для использования в устройствах подачи звукового сигнала высокой интенсивности.

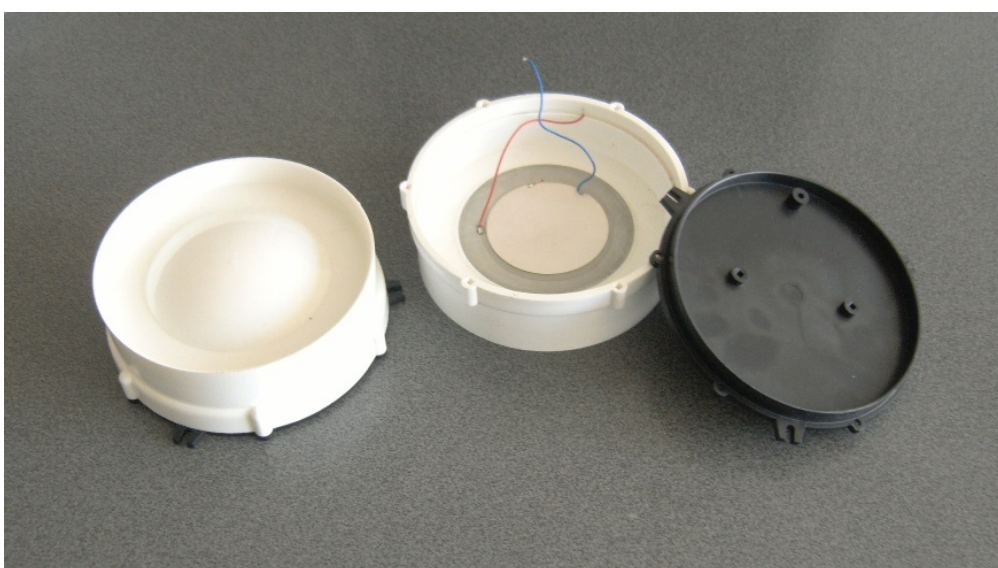


Рисунок 4 – Внешний вид преобразователя ПЭП-2

Основные технические данные:

1. Уровень громкости сигнала преобразователя на расстоянии 1 м от него, измеренного шумомером с частотной характеристикой А по ГОСТ 17187-81, должен быть не менее 125 дБ при напряжении сигнала 48 В и не менее 120 дБ при напряжении сигнала 24 В на резонансной частоте.
2. Резонансная частота преобразователя должна быть в интервале от 1500 до 2000 Гц.
3. Эквивалентное сопротивление на резонансе от 80 до 120 Ом.
4. Продолжительность непрерывной работы – не менее 10 минут при напряжении 24 В или не менее 1 минуты при напряжении 48 В.
5. Электрическая ёмкость не менее 80 нФ.
6. Интервал рабочих температур от минус 40 до +50 град С.
7. Стойкость к воздействию повышенной влажности 90% при 35°C.

8.Средняя наработка на отказ должна быть не менее 6000 циклов включения-выключения.

9.Средний срок службы не менее 8лет.

10.Габаритные размеры не более Ø 140x50 мм.

11. Масса не более 0,2кг.

Примеры акустических устройств, в которых применяются преобразователи ПЭП-1 и ПЭП-2.

Пьезокерамическая сирена (оповещатель) с уровнем звукового давления 125 дБ (экспериментальный образец) была разработана на предприятии ООО «Аэрофон» на основе ПЭП-2 (рис.5). Более подробную информацию о данном устройстве можно найти на сайте www.aerofon34.ru.



Рисунок 5 – Внешний вид сирены на базе ПЭП-2

Устройство ПЭП-1 применяется в звуковой пушке (звуковой предупредительный барьер)[5] (рис.6) - акустическом устройстве дальнего действия. Такая установка воздействует на нарушителя или других людей, против которых она направлена, ослабляя их волю к сопротивлению и заставляя прекратить активные действия. Она подавляет психику человека и вызывает у него болевые ощущения. В результате можно задержать нарушителя или вывести из строя противника, не используя летального оружия.

Акустическое устройство ЗУБ (звуковой предупредительный барьер) было продемонстрировано на выставке «Интерполитех-2015». Установка предназначена для использования в составе систем охраны локальных объектов. Она формирует мощный звуковой сигнал тревоги, а также оказывает нелетальное акустическое воздействие на нарушителя. Она предназначена для защиты закрытых помещений и объектов на открытой местности. В стационарном варианте установка размещается на стене или потолке, в мобильном — на автомобилях, катерах и беспилотниках.

На расстоянии 1 м установка ЗУБ создаёт звуковое давление 130 дБ. Она защищает помещение объёмом не менее 100 куб. м и в ждущем режиме может работать круглосуточно. Установка имеет защиту от пыли и влаги по классу IP32 и рабочий диапазон температур от -50 до +50°С. Её размеры — 33x33x12 см, вес — 8 кг, срок службы — не менее 10 лет.



Рисунок 6 – Внешний вид акустической установки ЗУБ

Перспективные области применения преобразователей ПЭП-1 и ПЭП-2 следующие:

-взрывобезопасные сирены. Они применяются для реализации противопожарной и охранной защиты взрывоопасных объектов. Взрывозащищенная ОПС должна не только исправно выполнять свои функции во взрывоопасной среде, но и, в первую очередь, гарантировать, что сама не станет причиной возникновения пожара или взрыва, как при нормальном функционировании, так и при возникновении неисправностей.

ПЭП-1 и ПЭП-2 могут служить компонентом такого взрывозащищенного оборудования. Например, звукового сигнализатора, предназначенного для подачи звукового сигнала с целью привлечения внимания людей в аварийных и иных

ситуациях. Он применяется во взрывоопасных зонах помещений и наружных установок на опасных производственных объектах, транспортных средствах, судах. Может применяться в условиях воздействия атмосферных осадков, солнечного излучения.

-звуковой барьер (акустические устройства противодействия) при охране объектов (помещений, офисов, квартир, автомобилей...), **охрана периметров.**

Охрана объектов особой важности, повышенной значимости, опасности и жизнеобеспечения (объекты атомной энергетики; гидротехнические сооружения; учреждения высших государственных органов власти; арсеналы, склады хранения оружия, взрывчатых, токсичных, радиоактивных веществ; потенциально опасные объекты техносферы и т.д.), особенно в условиях угрозы террористических проявлений, предусматривает наличие именно системы активной защиты, в которой также могут применяться данные преобразователи, как компоненты мощных сирен.

-акустические устройства борьбы с птицами на аэродромах. В некоторых случаях эффективным средством отпугивания птиц может быть мощный звуковой сигнал порядка 120-125 дБ. Для этого применяются специальные установки (звуковые пушки). В них могут также применяться данные преобразователи.

-акустические устройства оповещения на военной технике и объектах, специальных объектах. Преобразователи могут служить компонентом сирены, размещаемой на передвижной военной технике для нейтрализации противника путем испускания мощного звукового импульса. Также оповещатели на базе ПЭП могут применяться для охраны территории военной базы, иных военных объектов.

-индивидуальные сирены (звуковой пистолет, звуковой шокер). Такие персональные сирены предназначены для индивидуальной защиты от грабителей, домогательств путем подачи громкого звукового сигнала (не менее 110 дБ) для привлечения внимания. Так же могут использоваться женщинами и детьми в сложной криминогенной обстановке, пожилыми людьми в критической обстановке, при проблемах со здоровьем и т.д. Данные преобразователи могут стать прообразом создания специализированных излучателей для указанных устройств.

-сирены для промышленных предприятий. Предназначены для подачи звуковых сигналов на открытом воздухе и в производственных цехах предприятий (заводов, фабрик, комбинатов) при возникновении чрезвычайных

ситуаций. В качестве компонента такой сирены рекомендуется использовать ПЭП-2, как более низкочастотный преобразователь.

-локальные системы оповещения. В качестве средств оповещения используются газодинамические сирены. Использование пьезокерамического преобразователя ПЭП-2 позволит повысить эффективность оповещателя.

-беспроводные сирены. Беспроводные системы оповещения основаны на принципе передачи сигнала по радиоканалу, что дает возможность избежать прокладки длинных шлейфов кабелей. В них также можно применять преобразователи для получения более высокого уровня звукового давления.

-автономные сирены (с аккумулятором). Такие сирены чаще всего используются для предотвращения угона автомобиля и других особо важных объектов. Их достоинством является то, что, обрезав провода, сирена продолжает звучать за счет собственного аккумулятора. За счет применения преобразователей ПЭП-1 и ПЭП-2 можно получить акустические устройства различного назначения.

-переносные сирены. Работа имеющихся сирен построена на принципе преобразования кинетической энергии вращения в звуковую энергию. Данные сирены довольно тяжелы, громоздки и выдают уровень звукового давления порядка 120 дБ. Здесь рациональнее применять ПЭП-1 и ПЭП-2, так как у них меньше вес, габариты, а уровень звукового давления порядка 120-125 дБ.

Здесь приведен не полный перечень возможного применения преобразователей ПЭП-1 и ПЭП-2. В дальнейшем разработчики предложат и другие акустические устройства

Заключение

На основе приведенных выше примеров, становится ясной перспективность применения электроакустических преобразователей ПЭП-1 и ПЭП-2 во многих сферах защиты и охраны людей, жилых комплексов, объектов специального назначения, а также новые возможности создания мощных акустических устройств.

Так как в основе конструкции преобразователя лежит новое техническое решение – плоско-сферическая диафрагма, являющаяся неотъемлемой частью корпуса, то, наряду с высокой эффективностью электроакустического преобразования, они имеют и другие достоинства. Достигнутые характеристики пьезокерамических излучателей звука ПЭП-1 и ПЭП-2 не имеют аналогов среди пьезокерамических преобразователей, а технико-экономические характеристики электроакустических излучателей превосходят во многом газодинамические сирены и динамики.

Список использованных источников

- 1 ОТЧЕТ о выполнении НИОКР по теме: «Разработка пьезокерамической сирены (оповещателя) с уровнем звукового давления 125 дБ» (государственный контракт № ГС2/18687), 2016г.
- 2 ОТЧЕТ по НИОКР «Исследование и разработка пьезокерамических электроакустических преобразователей с максимальным звуковым давлением 125 дБ» инв. №02201364302, 2013г.
- 3 Патент РФ №71496: электроакустический преобразователь.
- 4 Гейер А.Ф. «Пьезокерамические излучатели звука (звонки, оповещатели)»
- 5 Акустическая пушка представлена на выставке «Интеполитех-2015» <http://www.secnews.ru/russian/22211.htm>