

1. Открыть пункт по сбору, сортировке первичной переработке твёрдых бытовых отходов (стеклобой, алюминиевые банки, технический алюминий, макулатура, пластик). Это позволит получить дополнительную прибыль от переработки и реализации пластика и макулатуры.
2. Создать цех для вторичной переработки прессованных алюминиевых банок и стеклобоя.
3. Создать цех по выплавке сплава алюминия и стекла «Aluglass», кристаллизация которого будет происходить в однородном электрическом поле.

Список использованных источников:

1. Беккерт, М. Мир металла. Пер. с нем. М.Я. Аркина / Под ред. В. Г. Лютцау. – М.: Мир, 1980.
2. Глинка, Н. Л. Общая химия / Н. Л. Глинка. – 17-е изд., испр. Л. «Химия» - 1975.
3. Жилко, В.В. Физика: Учеб. Пособие для 11-го кл. общеобразоват. Учреждений с рус.яз. Обучения с 12-летним сроком обучения(базовый и повышенный уровни) / В. В. Жилко, Л.Г. Маркович. – 2-е изд., исправленное. - Мн.: Нар.асвета, 2008
4. Жилко. В.В. Физика: Учеб. Пособие для 10-го кл. общеобразоват. Шк. С рус. Яз. Обучения / В. В. Жилко, А. В. Лавриненко, Л.Г. Маркович. – Мн.: Нар. Асвета, 2001.
5. Капельян, С.Н. Физика: Пособие для подготовки к экзамену и централизованному тестированию; пособие для учащихся учреждений, обеспечивающих получение общего среднего образования/С.Н. Капельян, В. А. Малашонюк – 2-е изд. Мн.:Аверсэв, 2005.
6. Мякишев, Г.Я., Буховцев, Б. Б. Физика: Учеб.для 10-го кл. общеобразоват.учреждений/ Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев/ 6-е изд. М.:Просвещение, 1998.
7. Чувильдеев, В.Н. Сверхпрочные нанодисперсные вольфрамовые псевдосплавы, полученные методом механоактивации и электроимпульсного плазменного спекания / В.Н. Чувильдеев, А.В. Москвичева [и др.] // Письма в ЖТФ, том 35, вып. 22, 26 ноября, 2009.

## ИОНОФОН КАК АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ ВОСПРОИЗВЕДЕНИЯ ЗВУКА

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Конигов А. Д.*

*Робейчиков Ю. М. – ГУО «Гимназия №6 г. Минска»,  
учитель физики  
Ташлыкова-Бушкевич И. И. - доцент, кандидат физико-математических наук*

Несмотря на успешные достижения науки и техники в создании качественной звуковоспроизводящей аппаратуры, по-прежнему продолжаются поиски излучателей звука с наилучшими частотными показателями. Одним из альтернативных источников звука с линейной амплитудно-частотной характеристикой является ионофон.

В данной работе были поставлены следующие цели: сконструировать ионофон, получить звучащую дугу, измерить характеристики излучения дуги.

Существует множество мнений о том, какой именно инструмент имеет право называться первым в истории электронным музыкальным инструментом. Многие считают, что таковым является терменвокс. Но на самом деле, в терменвоксе движение рук около колебательного контура изменяет лишь частоту колебаний, а звук возникает в громкоговорителе. И вот, в 1899 году, в Лондонском обществе электроинженеров, Вильям Дуддел провел демонстрацию “Поющей Дуги”. Звук издаёт именно дуга! – то есть природа колебаний носит истинно электронный характер.

При обычном воспроизведении звука колеблется некоторая масса акустической системы. Чтобы минимизировать возникающие при этом искажения, надо уменьшить влияние инерционности колеблющейся части. Надо заставить колебаться сам воздух: подвижная система имеет минимальный вес, трение отсутствует, подвес не нужен.

Это можно сделать, изменяя температуру ионизированного газа в определенной области под воздействием электрического звукового сигнала.

В ионофоне излучателем является высокочастотная электрическая дуга, промодулированная звуковым сигналом, что приводит к изменению температуры в такт со звуковыми частотами и, соответственно, изменению объема ионизированного воздуха – возникает, собственно, звук.

Для реализации этих целей был использован таймер 555, на котором построен широтно-импульсный модулятор (рис.1).

Широтно-импульсный модулятор генерирует последовательность прямоугольных импульсов с частотой 70 кГц. Эти импульсы через высоковольтный строчный трансформатор питают электрическую дугу и обеспечивают стабильность её горения. Аудио-сигнал подается на генератор, при этом скважность импульсов меандра изменяется в такт со звуковой частотой. И вот здесь интенсивность горения дуги заметно изменяется пропорционально амплитуде звукового сигнала. В результате от дуги распространяются слышимые звуковые волны.

Из-за небольшой длины дуги – 2-3 см – хорошо воспроизводятся звуковые частоты, начиная только от 400 Гц.

Какие виды излучения можно обнаружить в звучащей дуге.

- 1) Из-за электромагнитных колебаний должна излучаться электромагнитная волна на несущей частоте 70 кГц, промодулированная звуковой частотой.
- 2) Должна изменяться яркость свечения дуги из-за изменения интенсивности горения в такт со звуком.
- 3) Должна излучаться механическая ультразвуковая волна на частоте задающего генератора.
- 4) И, конечно, излучается звуковая волна, ведь мы ее слышим.

Использованное оборудование: цифровая осциллографическая приставка к компьютеру, измеряющая частоты до 15 МГц; цифровой осциллограф, использующий звуковую карту компьютера; компьютер NOVA-5000 с датчиком освещенности; микрофон МД-85А с известной АЧХ; пьезоэлектрический элемент.

Результаты измерений.

1. Электромагнитная волна излучается дугой на частоте 70 кГц. Радиоприемником с амплитудной модуляцией на кратной частоте 700 кГц, на самом деле, регистрируется наличие волны (исчезают шумы).

Реальный меандр, поступающий на трансформатор, имеет небольшие искажения прямоугольных импульсов (рис.2), и при подаче звукового сигнала, в широтно-импульсную модуляцию подмешивается и амплитудная модуляция (рис.3). В результате в АМ приемнике звучит передаваемая музыка.

2. Яркость свечения дуги

На вход задающего генератора подаем 200 Гц. С помощью датчика освещенности и NOVA 5000 регистрируем свет, излучаемый дугой. На графике (рис.4), на фоне средней освещенности, хорошо видны изменения яркости дуги именно с частотой 200 Гц, период пять тысячных секунды. Значит, дуга является цилиндрическим объемным излучателем звуковых волн.

3. Механическая ультразвуковая волна.

С помощью ультразвукового пьезоэлектрического регистратора, подключенного к осциллографической приставке, на частоте 70 кГц зафиксировано излучение ультразвука (рис.5) и даже с изменяющейся амплитудой из-за звукового сигнала. Но, при детальном измерении, оказалось, что ультразвук излучает не столько дуга, сколько сам трансформатор.

4. Механическая звуковая волна.

Задача измерения: снять АЧХ звучащей дуги. Методика измерения: АЧХ звучащей дуги можно считать удовлетворительной, если она повторит известную АЧХ микрофона с учётом искажений входных цепей осциллографа.

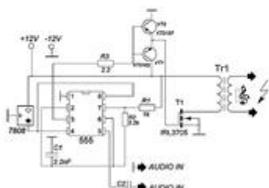


Рис.1 Схема устройства



Рис.2 Меандр



Рис.3 Промодулированный сигнал

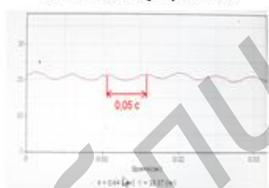


Рис.4 График освещенности



Рис.5 Спектрограмма ультразвука

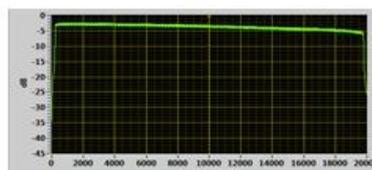


рис.6 АЧХ входных цепей осциллографа

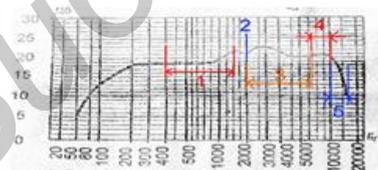


Рис.7 АЧХ микрофона

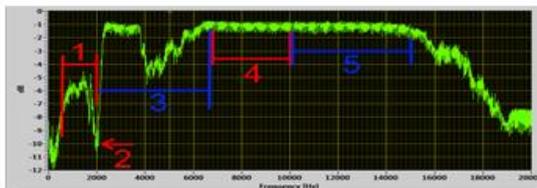


рис.8 АЧХ дуги от 400 до 15000 Гц



Рис.9 АЧХ дуги от 15000 до 20000 Гц

Проведение исследования.

На задающий генератор подается звуковой сигнал с равномерной АЧХ. Входные цепи компьютерного осциллографа имеют небольшое понижение характеристики на высоких частотах (рис.6), что и будем учитывать при анализе. С помощью микрофона МД-85А с известной паспортной характеристикой чувствительности (рис.7) была снята амплитудно-частотная характеристика звучащей дуги (рис.8).

1) От 400 до 1500 Гц характеристики повторяются. 2) На 2000 Гц начинает повторяться снижение, но у дуги завал очень сильный и, это можно отнести к недостатку излучения на частоте 2000 Гц. 3) От 2000 до 6500 Гц характеристики также повторяются. 4) А вот от 6500 до 10000 Гц у дуги подъем прекратился, но это можно объяснить небольшим понижением АЧХ входных цепей осциллографа. 5) От 10000 до 15000 Гц АЧХ данного микрофона оказалась лучше паспортной характеристики, которая допускает отклонение формы  $\pm 3$  дБ. После 15000 Гц микрофон сдался. Излучает ли дуга от 15000 до 20000 Гц? Оказалось – да! Студийный микрофон это показал достоверно (рис.9). Как видим, дуга излучает до 20 кГц.

Таким образом, получены хорошие характеристики звука при воспроизведении высоких частот, выбрана и реализована оптимальная схема устройства ионофона. Поющую дугу можно использовать как эталонный акустический источник на высоких частотах для определения параметров измерительных микрофонов.

Перспективы развития данной работы: повышение мощности электрической дуги с целью расширения частотного диапазона без потери качества звука, увеличение громкости с помощью рупорных отражателей.

Список использованных источников:

1. Галкин В.И. Начинаящему Радиолюбителю издание второе – Минск «Полымя» 1989г. – с. 7-182.
2. Немцов М.В. Справочник по расчёту параметров катушек индуктивности издание второе – Москва «Энергоатомиздат» 1989г. – с. 5-30, 163-190.
3. Горелик Г.С. Колебания.- М.: Гос. изд-во тех.-теор. лит., 1950.- С.551.