

$$Q = \frac{c\rho\pi D^2 L}{4} (T_2 - T_1), \quad (3)$$

где D – диаметр сечения проволоки; L – длина проволоки; T_1, T_2 – начальная и конечная температуры соответственно.

Для определения необходимой мощности источника питания используется формула (4), связывающая количество тепла, время нагрева и энергию, которую источник должен передать проволоке.

$$P = \frac{Q}{t}, \quad (4)$$

где t – время нагрева проволоки.

Подставив заданные параметры в формулы (1) – (4), получаем: удельная теплоемкость нитинола 485 Дж/(кг·°С); плотность равна 2033 кг/м³; требуемое количество тепла составляет $3,223 \cdot 10^6$ Дж. Таким образом, получается, что для нагрева указанной проволоки в течение часа до температуры 400 °С необходима мощность 896 Вт.

Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, номер проекта FEWM-2024-0003.

Литература

1. Жигальский, А. А. Технология материалов электронной техники: учебное пособие [Электронный ресурс] / А. А. Жигальский. – Томск: ТУСУР, 2006. – 143 с. – Режим доступа: <https://edu.tusur.ru/publications/554>. – Дата доступа: 15.02.2025.
2. Физика. Базовый курс: учебное пособие / А. А. Повзнер, А. Г. Андреева, К. А. Шумихина. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2017. – Ч. 2 – 144 с.

УДК 531

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ СТРУНЫ ПО ЕЕ СПЕКТРАЛЬНЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Студент гр. 10305224 Шушунов В. А.

Кандидат. физ.-мат. наук, доцент Бобученко Д. С.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

Анализ спектральных характеристик струн позволяет изучать свойства материалов, из которых они изготовлены, и оценивать их прочность, упругость и другие механические характеристики. Точное определение параметров струн является фундаментальной задачей в области акустики, также важно для материаловедения. Разработка методов для определения параметров струн открывает новые возможности для создания систем управления музыкальными инструментами, а также для автоматизации процессов настройки и контроля качества звучания. В данной работе описывается вывод алгоритма определения параметров материала струны, таких как модуль Юнга, сила натяжения на основе анализа спектра ее колебаний.

Рассматривается цилиндрическая, однородная по всей длине струна из изотропного материала. При малых колебаниях частоты собственных колебаний струны описываются формулой (формула Меерсона) [1]: $v_n = \frac{n}{2l} \sqrt{\frac{T}{\mu}}$, где n – номер гармоники ($n = 1$ – основная частота, определяющая высоту звука, $n > 1$ – обертоны), l – длина струны, T – сила натяжения струны, μ – линейная плотность струны. Линейная плотность связана с плотностью ρ материала струны и площадью поперечного сечения S : $\mu = \frac{m}{l} = \rho S$, $S = \frac{\pi d^2}{4}$, где d – диаметр струны, m – масса струны. Используя эти формулы, можно получить выражение для силы натяжения струны:

$$T = \frac{4l}{n^2} m v_n^2. \quad (1)$$

Модуль Юнга E связан с плотностью материала и скоростью распространения волны v [1] как $E = \rho v^2$, и для закрепленной с обоих краев струны: $v = 2lv_1$, v_1 – основная частота. Из этих формул имеем:

$$E = \frac{16ml}{\pi d^2} v_1. \quad (2)$$

Таким образом, получается следующий пошаговый алгоритм: измерить массу m , длину l , диаметр d струны.

Возбудить колебания струны.

С помощью датчика регистрации колебаний (например, акселерометр, лазерный виброметр), аналого-цифрового преобразователя (АЦП) и программного обеспечения компьютера, записать сигнал.

Выполнить обработку сигнала: удалить шумы и помехи с помощью фильтров, нормализовать сигнал для удобства дальнейшей обработки, выполнить спектральный анализ сигнала с помощью быстрого преобразования Фурье (БПФ). В результате определить собственные частоты колебаний струны.

Рассчитать по формулам (1), (2) силу натяжения и модуль Юнга материала струны.

Представленный алгоритм позволяет определить параметры материала струны на основе анализа спектра ее колебаний. Точность определения параметров материала зависит от точности измерений и качества обработки сигнала. Этот метод может быть использован для исследования свойств различных материалов в различных областях, таких как акустика, материаловедение и другие, а также для контроля качества струн музыкальных инструментов.

Литература

1. Сивухин, Д. В. Общий курс физики: в 5 т. / Д. В. Сивухин. – 5-е изд. – Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. – Т. 3: Электричество. – 656 с.