

ОБ ОТЫСКАНИИ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В НЕЛИНЕЙНЫХ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Бегишев Руслан Ренатович

Студент

Факультет ВМК МГУ имени М. В. Ломоносова, Москва, Россия

E-mail: begrusso@gmail.com

Научный руководитель — Ильин Александр Владимирович

В данной работе рассматривается класс термоэлектромеханических систем, в которые входит пьезоэлектрик и элемент с памятью формы (далее СПФ). Данные установки позволяют перерабатывать тепловую энергию в электрическую.

Возьмём некоторую нелинейную динамическую систему уравнений (предварительно отбросив электрическую часть, пока несущественную для нашего моделирования), описывающую установку, в которой нить СПФ нагревается, после чего происходит её сжатие, возникает воздействие на пьезоэлектрик и вырабатывается электричество.

Пусть x_1 - растяжение (сжатие) нити, x_2 - скорость растяжения (сжатия) и T - температура нити:

$$\begin{cases} \dot{x}_2 = -\frac{\beta}{m}x_2 - \frac{k_c}{m}x_1 + \frac{F_{SMA}}{m} \\ \dot{x}_1 = x_2 \\ \dot{T} = \begin{cases} \frac{1}{\rho V_s c_p}(\alpha_s A_c(T_h - T) + (A_s - A_c)h_c(T_\infty - T)), x_1 = 0 \\ \frac{1}{\rho V_s c_p}(A_r \varepsilon_h \sigma_B(T_h^4 - T^4)) + A_s h_c(T_\infty - T), x_1 > 0 \end{cases} \end{cases} \quad (1)$$

$$F_{SMA}(T, x) = \begin{cases} \frac{E(T)V_s(\Delta l_{s0} - x + \Delta x_{c0})}{l_{s0}}, x < \Delta x_{c0} + \Delta l_{s0} \\ 0, \text{ иначе} \end{cases} \quad (2)$$

$E(T)$ - модуль Юнга, выражающийся формулой:

$$E(T) = \frac{E_M + E_A}{2} + \frac{E_A - E_M}{2} \operatorname{tg} \frac{T - A_S}{k_E} \quad (3)$$

T_∞ - температура в комнате, T_h - температура источника тепла, E_M - модуль Юнга в мартенсите, E_A - модуль Юнга в аустените, V_s - площадь поперечного сечения нити, k_c - жесткость консоли,

m - масса нити, β - коэффициент демпфирования, h_c - конвективный коэффициент, T_h - температура пластины.

Заметим, что для постоянной выработки электрического тока необходимо периодически воздействовать на пьезоэлектрик. Отсюда получаем задачу о **нахождении периодических решений** данной системы.

Система (1) включает в себя переходы аустенит-мартенсит и мартенсит-аустенит, а также существует нелинейность, связанная с модулем Юнга (3), взятом из [1].

Так как при отхождении нити от нагревательного элемента температура понижается (нить остывает), то предлагается подробнее рассмотреть поиск периодических решений для T . Это необходимо для того, чтобы нить с неким периодом нагревалась заново, и на пьезоэлектрик оказывалось такое же периодическое воздействие.

В ходе работы было проведено моделирование (1)-(3) в среде **Simulink**. Задействовав при этом генетический алгоритм, можно с большей вероятностью получить необходимую конфигурацию системы. Полученные там периодические решения позволяют оценить эффективность и работоспособность обозначенной ранее термоэлектромеханической системы.

Литература

1. T. Todorov, N. Nikolov, G. Todorov, "Modelling and investigation of a hybrid thermal energy harvester" // MATEC Web of Conferences, 12002, 2018. p. 148.