

Список использованных источников:

1. Скворцов, Б.В. Импульсные методы измерений количества и качества жидких углеводородных топлив [Текст] / Б.В.Скворцов, С.А.Борминский. – Самара: СНЦ РАН, 2010. – 226 с.

2. Сайт фирмы Analog Devices [Сайт]. URL: <http://www.analog.com/en/data-converters/products/index.html>

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕМЕНТОВ КРИОТЕРМОСТАТА

В.Д. Быстров, А.С. Шевцова

Самарский государственный аэрокосмический лицей, г. Самара

При разработке криотермостата, предназначенного для испытаний датчиков линейных перемещений штока клапана пневмогидравлической системы ракетносителя, работающего в диапазоне температур от минус 253 до плюс 150 градусов Цельсия, необходимо выполнить исследования термодинамических характеристик его элементов. Основные характеристики, которые зависят от конструкции элементов криотермостата и подлежат выявлению, это зависимости установившегося значения и скорости изменения температуры от напряжения питания нагревательного элемента. Так как установившаяся температура достигается за бесконечно большой промежуток времени, то становится очевидным необходимость в разработке рационального способа её определения.

Экспериментальные исследования элементов криотермостата и аппроксимация его термодинамических характеристик различными математическими моделями показали, что зависимость температуры T от времени t по формуле:

$$T(t) = (T_{\max} - T_0) \cdot (1 - A^{Dt}) + T_0, \quad (1)$$

где T_{\max} – установившееся значение температуры при $t \rightarrow \infty$, хорошо согласуется с экспериментальными результатами и удобна для экстраполяции. Константы A и D , зависящие от конструкции криотермостата, можно определить замерив температуру для трёх моментов времени: начальную температуру $T(t_0) = T_0$ в начальный момент времени $t = t_0 = 0$ температуру

$T(t_1) = T_1$ в момент времени $t = t_1$ и температуру $T(t_2) = T_2$ в момент времени $t = t_2$.

Подставив результаты измерений в формулу (1), получаем систему из трёх уравнения с тремя неизвестными T_{max} , A и D :

$$T(t_0) = (T_{max} - T(t_0)) \cdot (1 - A^{D t_0}) + T(t_0),$$

$$T(t_1) = (T_{max} - T(t_0)) \cdot (1 - A^{D t_1}) + T(t_0),$$

$$T(t_2) = (T_{max} - T(t_0)) \cdot (1 - A^{D t_2}) + T(t_0). \quad (2)$$

Однако при $t_0 = 0$ первое уравнение вырождается и остаётся только два уравнения с тремя неизвестными:

$$T_1 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{D t_1}) + T_0, \quad T_2 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{D t_2}) + T_0. \quad (3)$$

Решить систему можно, если снизить количество неизвестных до двух, для этого примем $D = -1/t_1$. При этом система уравнений (3) будет иметь вид:

$$T_1 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{-1}) + T_0,$$

$$T_2 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{-t_2/t_1}) + T_0. \quad (4)$$

В полученной системе уравнений всего две неизвестные: T_{max} и A , однако, в общем виде второе уравнение нелинейно, поэтому решение такой системы найти весьма сложно. Для нахождения решения предлагается принять условие:

$$t_2 = 2 \cdot t_1. \quad (5)$$

Тогда систему уравнений (4) можно представить в виде:

$$T_1 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{-1}) + T_0, \quad T_2 = (T_{max} - T_0) \cdot (1 - A^{-2}) + T_0. \quad (6)$$

Вычитая T_0 из правых и левых частей уравнений (6) и поделив друг на друга их левые и правые части получаем:

$$\frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_0} = \frac{1 - \frac{1}{A}}{1 - \frac{1}{A^2}} = A \cdot \frac{A - 1}{A^2 - 1} = \frac{A}{A + 1}, \quad (7)$$

откуда находим:

$$A = (T_1 - T_0) / (T_2 - T_1). \quad (8)$$

Подставляя (8) в первое уравнение системы (6) и, выражая в явном виде T_{max} , для предельного значения установившейся температуры получаем:

$$T_{max} = \frac{(T_1 - T_0)^2}{2 \cdot T_1 - T_2 - T_0} + T_0. \quad (9)$$

Температуру элементов криотермостата для любого момента времени можно определить по формуле (1) после подстановки в неё выражений (8 и 9):

$$T(t) = \frac{(T_1 - T_0)^2}{2 \cdot T_1 - T_2 - T_0} \cdot \left[1 - \left(\frac{T_1 - T_0}{T_2 - T_1} \right)^{\frac{t}{\tau_1}} \right] + T_0. \quad (10)$$

Экспериментальные исследования рабочего элемента криотермостата при питании нагревательного элемента от источника напряжением 30 В и результаты построения экстраполяционной модели в среде МАТКАД по формуле (10) представлены на рисунке.

Последняя экспериментальная точка графика в получении модели не участвовала и используется для подтверждения справедливости описания термодинамического процесса криотермостата предлагаемой моделью.

При необходимости можно перейти к традиционной экспоненциальной форме представления переходного процесса установления температуры если учесть, что

$$A \frac{t}{\tau_1} = e^{\ln(A \frac{t}{\tau_1})} = e^{\frac{t}{\tau_1} \cdot \ln(A)} \quad (11)$$

Тогда выражение (10) примет следующий вид:

$$T(t) = \frac{(T_1 - T_0)^2}{2 \cdot T_1 - T_2 - T_0} \cdot \left[1 - e^{-\frac{t}{\tau_1} \cdot \ln \left(\frac{T_1 - T_2}{T_2 - T_1} \right)} \right] + T_0. \quad (12)$$

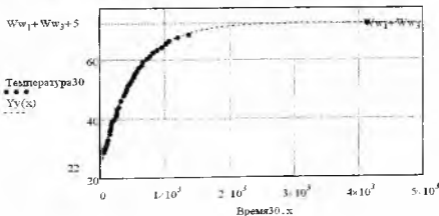


Рис. 1. Термодинамическая характеристика рабочей камеры криотермостата при напряжении нагревателя 30 В

Список использованных источников

1. Зельдович Я.Б., А.Д.Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики [Текст]. издание второе, Издательство «наука»: М., 1967г., 648 с: ил.

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМОТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ

Л.Э. Вилоп

Самарский государственный аэрокосмический университет. г. Самара

При изучении электротехники, электроники и схемотехники различных радиоэлектронных устройств и электронных устройств измерительной техники особая роль в качестве усвоения студентом изучаемого материала принадлежит лабораторным работам, на которых студент должен изучить, исследовать невидимые глазом процессы, происходящие в электрических схемах.

Исторически для этой цели использовались лабораторные установки, в которых изучаемое устройство заключено в корпус, а из интересующих точек схемы сделаны выводы к гнездам для подключения измерительных приборов.

При таком подходе исследуемая схема представляет собой некий «чёрный ящик», внешние проявления которого можно наблюдать и либо просто запомнить, либо мысленно представить, почему это именно так, а не иначе. Такой подход вполне оправдан при изучении функционирования технических устройств в целом после детального изучения их функциональных узлов в отдельности и в тех случаях, когда изучение производится с целью только последующей эксплуатации, а обнаружением нештатных состояний занимаются другие специалисты. Без детального изучения функциональных узлов образовательная эффективность такого подхода, определяемая как отношение усвоенного материала к времени, затраченному на это усвоение, невысока. Кроме этого, такой чёрный ящик не вырабатывает у инженера психологической уверенности в адекватном понимании функционирования электрической схемы.

Этот же недостаток присущ компьютерному моделированию схем, находящему всё более широкое распространение вследствие появления в последние десятилетия большого числа программ компьютерного моделирования и простоты создания с их помощью компьютерных моделей