



APPLIED RADIO ELECTRONICS

Scientific and Technical Journal 2012 Volume 11 № 1

CONTENTS

LOCATION AND NAVIGATION

- Lukin K.A., Kononov V.M. Coherent Clutter Canceller in Radar with periodic signals..... 3
- Oleynikov V.N., Evseev D.B., Yudin S.V., Garyachiy D.A., Litvin-Popovitch A.I. Radar observations of reflections from atmospheric inhomogeneities in the troposphere due to thermals 15
- Lukin K.A., Kantsedal V.M. Comparison of interference immunity of correlation receivers for wideband noise and LFM signals at the effect of CW active interferences..... 23

SIGNAL FORMATION AND PROCESSING

- Lukin K.A., Scherbakov V.E. A method of forming quasiorthogonal chaotic code signals for the data transmission/reception system between vehicles on highway 35

INFORMATION TECHNOLOGIES

- Gorohovatskaya N.V. Metric classification using the method of the nearest neighbours on the basis of descriptions in the form of sets of attributes 42

INFORMATION-MEASURING SYSTEMS

- Vyplavin P.L., Kudriashov V.V., Palamarchuk V.P., Lukin K.A. Experimental investigation of ground-based noise waveform SAR equipment stability for differential interferometric measurements..... 48

ELECTRONIC ENGINEERING AND DEVICES

- Oksanich A.P., Pritch S.E., Petrenko V.R., Terban V.A. Method and arrangement of measuring diameter of ingot GaAs during growth by the Liquid Encapsulated Czochralski..... 54
- Churyumov G.I., Ekezi A.I. Simulating frequency characteristics of two energy outputs magnetron 63
- Barsuk I.V., Vorobyov G.S., Drozdenko A.A. On the issue of modeling operating regimes of TWT three-electrode electron gun..... 72

MICROWAVE ENGINEERING AND TECHNOLOGIES

- Nerukh A.G., Zolotariov D.A., Nerukh D.A. Properties of decelerating non-diffractive electromagnetic Airy pulses..... 77

INSTRUMENTATION

- Volosyuk V.K., Pavlikov V.V. Optimal additive interferometer and its potential fluctuating sensitivity 82

(Continued on back cover)

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Академия наук прикладной радиоэлектроники

ПРИКЛАДНАЯ РАДИОЭЛЕКТРОНИКА

Научно-технический журнал

Главный редактор

Бондаренко М. Ф.

Зам. главного редактора

Дохов А.И.

Чурюмов Г.И.

Редакционный совет

Гузь В.И., Довбня А.Н., Егоров А.М., Калугин В.В.,
Ковтуненко А.П., Кравченко В.И., Назаренко И.П. (Россия), Неклюдов И.М.,
Пресняк И.С., Симонов К.Г. (Россия), Симанков В.С. (Россия), Слипченко Н.И.,
Чабдаров Ш.М. (Россия), Яковенко В.М., Ярошенко В.С. (Россия)

Редакционная коллегия

Абрамович Ю.И. (США), Бодянский Е.В., Борисов А.В., Буц В.А., Бых А.И.,
Гомозов В.И., Жуйков В.Я., Зарицкий В.И., Кипенский А.В., Кульпа К. (Польша),
Леховицкий Д.И., Литвинов В.В., Лукин К.А., Мачехин Ю.П.,
Модельский Й. (Польша), Нерух О.Г., Поляков Г.А., Ролинг Г. (Германия),
Седышев Ю.Н., Серков А.А., Сухаревский О.И., Чурюмов Г.И.,
Шифрин Я.С., Шкварко Ю.В. (Мексика)

Адрес редакции:

Редакция журнала «Прикладная радиоэлектроника»
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
просп. Ленина, 14, 61166, Харьков, Украина
Тел.: + 38 (057) 702 10 57
Факс: + 38 (057) 702 10 13
E-mail: are@kture.kharkov.ua
<http://www.anpre.org.ua>

Реакцию между теплопереходомы и термоэлементами (рис. 1), можно рассчитать по выражению:

$$R = \frac{(t_2 - t_1)(2\alpha_{\Pi} L_{\Pi}^0 + \alpha_T L_T^0) F}{\frac{2L_{\Pi}^0}{E_{\Pi}} + \frac{L_T^0}{E_T}} \quad (1)$$

или напряжения:

$$\sigma = \frac{(t_2 - t_1)(2\alpha_{\Pi} L_{\Pi}^0 + \alpha_T L_T^0)}{\frac{2L_{\Pi}^0}{E_{\Pi}} + \frac{L_T^0}{E_T}} \quad (2)$$

где t_1 и t_2 – значения начальных и конечных величин температур; α_T – коэффициент линейного температурного расширения термоэлектрического материала; E_{Π} – модуль упругости I-го рода материала припоя; α_{Π} – коэффициент линейного температурного расширения материала припоя; E_T – модуль упругости I-го рода материала термоэлемента; L_T^0 – номинальное значение длины термоэлемента; L_{Π}^0 – номинальное значение толщины слоя припоя.

Если учитывать, что в каждом каскаде komponуются термоэлементы разной длины, размеры которых находятся в пределах допуска, но на верхней границе или выше номинального значения, а также ниже номинального значения, вплоть до нижней величины поля допуска, то это значительно сложнее влиять на общую картину распределения усилий, напряжений и перемещений в целом. Итак, если учесть температурные деформации, то есть перемещение теплопереходив результате воздействий температуры, то положение их торцевых поверхностей будет разным (так их первоначальная длина будет также различной).

Тогда нормальные напряжения в материале термоэлементов могут быть рассчитаны по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{R}{F}, \quad (3)$$

$$\sigma = \frac{\Delta}{\frac{2(L_{\Pi}^{\min} + L_{\Pi}^{\max})[1 - \alpha_{\Pi}(t_2 - t_1)]}{E_{\Pi}} + \frac{(L_T^{\min} + L_T^{\max})[1 - \alpha_T(t_2 - t_1)]}{E_T}}$$

где Δ – зазор между торцевыми поверхностями термоэлементов и теплопереходом; σ – допустимое значение напряжений; L_{Π}^{\max} – максимальное значение толщины слоя припоя; L_{Π}^{\min} – минимальное значение толщины слоя припоя; L_T^{\max} – максимальное значение длины термоэлемента; L_T^{\min} – минимальное значение длины термоэлемента.

Для практических расчетов были рассмотрены три случая, для которых использованы следующие значения:

Случай а): $L_T^0 = 14 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Pi}^0 = 0,5 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Sigma} = 15 \cdot 10^{-4}$ м, $E_T = (2 \times 10) \cdot 10^{10}$ н/м², $E_{\Pi} = 1,2 \cdot 10^{10}$ н/м², $\alpha_{\Pi} = 24,7 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $\alpha_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $t_1 = 20^{\circ}$ С, $t_2 = -60^{\circ}$ С.

Случай б) $L_T^{\max} = 14,2 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Pi}^{\min} = 0,4 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Sigma} = 15 \cdot 10^{-4}$ м, $E_T = (2 \times 10) \cdot 10^{10}$ н/м², $E_{\Pi} = 1,2 \cdot 10^{10}$ н/м², $\alpha_{\Pi} = 24,7 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $\alpha_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $t_1 = 20^{\circ}$ С, $t_2 = -60^{\circ}$ С.

Случай в) $L_T^{\min} = 13,8 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Pi}^{\max} = 0,6 \cdot 10^{-4}$ м, $L_{\Sigma} = 15 \cdot 10^{-4}$ м, $E_T = (2 \times 10) \cdot 10^{10}$ н/м², $E_{\Pi} = 1,2 \cdot 10^{10}$ н/м², $\alpha_{\Pi} = 24,7 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $\alpha_T = 22,2 \cdot 10^{-6}$ м¹/град, $t_1 = 20^{\circ}$ С, $t_2 = -60^{\circ}$ С.

Подставляя в уравнение (3) соответствующие числовые значения получены:

$$\sigma = 0,1261 \text{ МПа} = 1,28 \text{ кг/см}^2.$$

Если принять, что разброс значений длины термоэлементов происходит в соответствии с нормальным законом распределения, принимая во внимание сформулированные выше предположения можно сделать вывод, что величина механических напряжений в материале термоэлементов результате действия влияния перепада температур и в результате деформации всей системы в целом, незначительное и не создает угрозы механической целостности изделия.

Однако, важно исследовать как влияет на прочность конструкции разброс значений модуля упругости I-го рода материала термоэлементов, который в соответствии с справочным данным может колебаться в достаточно широких пределах: $E_T = (2 \times 10) \cdot 10^{10}$ Па.

Для случая, когда $E_T = 2 \cdot 10^{10}$ Па, т.е. находится на нижней границе поля допуска

$$\sigma_{\min} = 5,097 \cdot 10^4 \text{ Па} = 0,52 \text{ кг/см}^2.$$

При условии, что $E_T = 10 \cdot 10^{10}$ Па, т.е. находится на верхней границе поля допуска

$$\sigma_{\max} = 17,88 \cdot 10^4 \text{ Па} = 1,82 \text{ кг/см}^2.$$

Итак, изменение величины модуля упругости I-го рода несущественно влияет на прочность термоэлементов, поскольку напряжение хотя и отличаются в несколько раз, но их величина остается по модулю достаточно существенна.

Эти соотношения могут быть разными, главная цель – определить методику расчета напряжений в материале термоэлементов при любых, произвольных соотношениях.

Учитывая все указанное выше получим видоизмененный выражение (1) учитывающий все перечисленные факторы:

$$R = \frac{\Delta \cdot F}{\frac{2[1 - \alpha_{\Pi}(t_2 - t_1)] \left(\frac{L_{\Pi}^{\min}}{31} + \frac{L_{\Pi}^{\max}}{6} \right) + [1 - \alpha_T(t_2 - t_1)] \left(\frac{L_T^{\min}}{31} + \frac{L_T^{\max}}{6} \right)}{E_{\Pi}} + \frac{[1 - \alpha_T(t_2 - t_1)] \left(\frac{L_T^{\min}}{31} + \frac{L_T^{\max}}{6} \right)}{E_T}} \quad (4)$$

Из проведенных расчетов видно, что разброс значений допуска модуля упругости термоэлектрического материала E_T (E_T^{\max} , E_T^{\min}) не влияет существенно на прочность изделия в целом из-за создания значительных механических напряжений в кристаллах Bi_2Te_3 от перепада температур.

Аналогичный вывод справедлив также при оценке влияния на прочность изделий возможных температурных колебаний, в пределах

допуска длины термоэлементов, создаваемых каждым каскадом. Если одновременно учитывать возможный разброс значений модуля упругости I-го рода термоэлектрического материала и технологические колебания в пределах допуска длины термоэлементов, то расчеты с учетом принятых выше численных значений всех параметров позволяют рассчитать интервалы возможных значений напряжений, графически изображении на рис. 2.

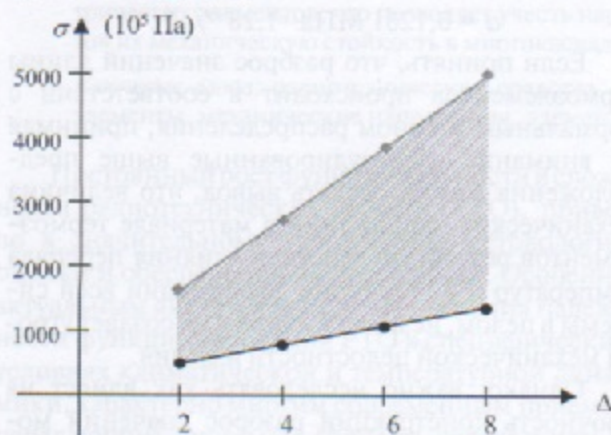


Рис. 2. Область возможных разбросов напряжения, которые могут возникнуть в термоэлементах при колебании значений модуля упругости I-го рода

Таким образом, возможные эксплуатационные напряжения не превышают допустимых значений в статических режимах работы и как показали расчеты, даже при экстремально возможных режимах, с учетом максимальных значений допусков на изготовление при холодном ударе: $(t_2 - t_1) = 28^\circ\text{C}$, и при горячем ударе: $(t_2 - t_1) = 50^\circ\text{C}$, значения механических напряжений будут составлять: $\sigma = [(-0,1542) \times (-0,2744)]$ МПа. С учетом возможных колебаний значений модуля упругости I-го рода эти значения будут $\sigma = [(16,02 \times 22,59)]$ МПа[2].

Полученные величины также не превышают допустимых значений действующих напряжений в статических режимах.

Приведенная методика позволяет оценить надежность термоэлектрических элементов с учетом гораздо более широкого спектра возможных факторов, что особенно актуально при их комплексировании. Проведенные расчеты показали, что при небольшом количестве элементов и при их невысоком температурном колебании величина механических напряжений в материале термоэлементов через действие температурных перепадов в различных точках конструкции незначительная и не создает угрозы механической целостности изделия. Однако в экстремальных условиях диапазон механических колебаний становится опасным для целостности конструкции терморегулирующей системы, особенно в предельных точках геометрической формы отдельных элементов, в местах их электрического контакта. Кроме того, ситуация может значительно

ухудшиться, если к общей картине добавить еще возможны механические вибрации всей РТО в целом и термоэлектрической системы в частности.

Литература

- [1] Клепиковский А.В. Методика проектного підвищення надійності технічних систем з декількома степенями свободи / А.В. Клепиковський: тези доп. III Всеукр. наук.-техн. конф. ["Актуальні проблеми комп'ютерних технологій"], (Хмельницький, 30 квітня 2009 р.). — 2009. — С. 59-61.
- [2] Клепиковский А.В., Шайко-Шайковський О.Г. Конструктивно-технологічні шляхи керування параметрами термоелектричного охолоджувача на модулях Пельтье // Термоелектрика. — 2003. — № 3. — С. 80-83.

Поступила в редколлегию 14.02.2012



Шинкарук Олег Николаевич, доктор технических наук, проф., зав. кафедры радиотехники и связи Хмельницкого национального университета; радиотехнические системы, надежность сложных технических систем.



Клепиковский Андрей Валериевич, аспирант, кафедра биофизики, Буковинский государственный медицинский университет, г. Черновцы. Область научных интересов: радиоэлектронные приборы и устройства, их использование в медицине.



Шайко-Шайковський Александр Геннадиевич, доктор технических наук, проф., проф. кафедры общей физики Черновицкого национального университета имени Юрия Федьковича. Область научных интересов: радиоэлектронные приборы, системы, устройства (прочность, виброустойчивость, защита от механических воздействий), биомеханика.

УДК 621.396.67

Методика оцінки температурних напружень в мікрохолодильних пристроях для радіоелектронної апаратури / О.М. Шинкарук, А.В. Клепиковський, О.Г. Шайко-Шайковський // Прикладна радіоелектроніка: наук.-техн. журнал. — 2012. Том 11. № 1. — С. 116-119.

Робота виробів радіоелектронної апаратури пов'язана з температурними впливами, зумовленими як зовнішніми впливами, так і специфікою їх роботи, функціональними зв'язками самих пристроїв. Температурні деформації, які при цьому виникають, залежать від матеріалів, що використовуються при створенні виробів, точності виготовлення компонентів і комплектуючих, технології складання та випробування виробів.

У роботі викладена методика оцінки цих температурних напружень, що враховує, крім перерахованих вище факторів, також розкид фізико-механічних характеристик використовуваних матеріалів, що дозволяє на етапі проектування оцінювати працездатності майбутніх виробів.

Ключові слова: радіотехнічні засоби, терморегулюючі системи, термоелектричні елементи, механічні напруження, елементи Пельтьє, температурні коливання.

Л. 2. Бібліогр.: 2 найм.

UDC 621.396.67

Method of estimating the thermal stresses in microrefrigerating devices for radio-electronic equipment / O.N. Shynkaruk, A.V. Klepikovskii, O.G. Shaiko-Shaikovskii // Applied Radio Electronics: Sci. Journ. – 2012, Vol. 11, № 1. – P. 116-119.

This paper provides the methodology of estimating the reliability of thermoregulatory systems on the basis of thermoelectric elements, which allows to take into account together with the electric strength of the material of elements their mechanical durability in multistage arrangements.

Keywords: radio aids, thermoregulatory systems, thermoelectric elements, mechanical stress, Peltier elements, temperature fluctuations.

Fig. 2. Ref.: 2 items.