

РОЗДІЛ 2

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 621.362.192

В.П. Зайков¹, В.И. Мещеряков², Ю.И. Журавлев²¹ Научно-исследовательский институт ШТОРМ, Одесса, Терешковой, 27, 65012, Украина² Одесский государственный экологический университет, Одесса, Львовская, 15, 65016, Украина**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ И ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ ОДНОКАСКАДНЫХ ТЕРМО-ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАЗЛИЧНЫХ СОЧЕТАНИЙ ПАРАМЕТРОВ ИСХОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ ОДИНАКОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ**

На основании сравнительного анализа основных параметров и показателей надежности однокаскадного ТЭУ показано, что использование исходных материалов одинаковой эффективности с большей электропроводностью позволяет увеличить холодопроизводительность либо уменьшить количество термоэлементов, увеличить термоэлектрическую мощность охлаждения и уменьшить интенсивность отказов. Получены простые аналитические соотношения взаимосвязи параметров и показателей надежности для различных вариантов сочетаний параметров исходных материалов в зависимости от термоэлектрической мощности охлаждения и перепада температуры. Выявлены параметрические постоянные

Ключевые слова: термоэлектрическое устройство; надежность; интенсивность отказов; эффективность; температура; рабочий ток.

В.П. Зайков¹, В.І. Мещеряков², Ю.І. Журавльов²¹ Науково-дослідний інститут ШТОРМ, Одеса, Терешкової, 27, 65012, Україна² Одеський державний екологічний університет, Одеса, Львівська, 15, 65016, Україна**ПОРІВНЯНИЙ АНАЛІЗ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І ПОКАЗНИКІВ НАДІЙНОСТІ ОДНОКАСКАДНИХ ТЕП ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ СПОЛУЧЕНЬ ПАРАМЕТРІВ ПЕРВИННИХ МАТЕРІАЛІВ ОДНАКОВОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ**

На основі порівняльного аналізу основних параметрів і показників надійності однокаскадного ТЕП показано, що використання первинних матеріалів однакової ефективності з більшою електропроводністю дозволяє збільшити холодопродуктивність або зменшити кількість термоелементів, збільшити термоелектричну потужність охолодження і зменшити інтенсивність відмов. Одержані прості аналітичні співвідношення взаємозв'язку параметрів і показників надійності для різних варіантів сполучень параметрів первинних матеріалів в залежності від термоелектричної потужності охолодження і перепаду температури. Виявлені параметричні сталі

Ключові слова: термоелектричні пристрої; надійність; інтенсивність відмов; ефективність; температура; робочий струм.

DOI: 10.15673/0453-8307.4/2015.39289



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Приведенные в работе [1] данные расчетов основных параметров и показателей надежности однокаскадных ТЭУ для различных режимов работы от Q_{\max} до λ_{\min} при следующих исходных данных:

- требуемая холодопроизводительность либо мощность теплонатеканий $Q_0 = 2,0$ Вт;
- температура тепловыделяющего спая $T = 300$ К;
- перепад температуры $\Delta T = 20$ К; 40К; 60 К;
- усредненная термоэлектрическая эффективность $\bar{z}_m = 2,4 \cdot 10^{-3}$ 1/К при $T = 300$ К;

- геометрия ветви термоэлемента $l/s = 10$, где l – высота и s – площадь поперечного сечения ветви термоэлемента;
 - номинальная интенсивность отказов $\lambda_0 = 3 \cdot 10^{-8}$ 1/час;
 - назначенный ресурс $t = 10^4$ час
- позволяют провести сравнительный анализ основных параметров и показателей надежности и выбрать такие варианты сочетания параметров исходных материалов, обеспечивающие повышение показателей надежности однокаскадных ТЭУ, чему и посвящена настоящая работа. Выбор режимов Q_{\max} и λ_{\min} обусловлен их максимальным отличием по интенсивности отказов λ .

Рассмотрим возможные (полученные экспериментально) варианты сочетания параметров исходных материалов в модуле при $T = 300$ К; $\dot{z}_m =$

$2,4 \cdot 10^{-3}$ 1/К; $l/s = 10$ и $\Delta T = 0$ К, приведенные в таблице 1.

Таблица 1 – Варианты сочетания параметров исходных материалов в модуле

Вариант сочетания	$\bar{e}, \text{мкВ}/\text{К}$	$\bar{\sigma}, \text{См}/\text{см}$	$\bar{\chi} \cdot 10^3, \text{Вт}/\text{смК}$	$e^2 \sigma \cdot 10^4, \text{Вт}/\text{К}^2 \text{см}$	$\gamma = e^2 \sigma T_0^2 s/l, \text{Вт}$
1	250	550	14,3	0,344	0,310
2	210	800	14,7	0,353	0,318
3	200	900	15,0	0,360	0,325
4	180	1200	16,0	0,390	0,351
5	165	1500	17,0	0,410	0,370

II. ВЫБОР СОЧЕТАНИЯ ПАРАМЕТРОВ

Вариант (3) – это традиционный вариант сочетания параметров исходного материала в модуле, широко используемые в условиях серийного производства. Варианты (4) и (5) отличаются повышенной электропроводностью с большой термоэлектрической мощностью охлаждения γ [2].

Для проведения сравнительного анализа основных параметров и показателей надежности воспользуемся относительными величинами, выраженными в процентах:

- интенсивности отказов $\frac{\lambda_3 - \lambda_4}{\lambda_3} \%$;

$\frac{\lambda_3 - \lambda_5}{\lambda_3} \%$;

- количество термоэлементов $\frac{n_3 - n_4}{n_3} \%$;

$\frac{n_3 - n_5}{m_3} \%$;

- термоэлектрической мощности охлаждения $\frac{\gamma_4 - \gamma_3}{\gamma_3} \%$; $\frac{\gamma_5 - \gamma_3}{\gamma_3} \%$;

- рабочего тока $\frac{I_4 - I_3}{I_3} \%$; $\frac{I_5 - I_3}{I_3} \%$.

Данные расчетов, указанные в относительных величинах, сведены в таблице 2, которые практически не зависят от режима работы ТЭУ и величины тепловой нагрузки Q_0 .

Таблица 2

$\Delta T, \text{К}$	Интенсивность отказов, $\lambda, 1/\text{час}$		Количество термоэлементов, $n, \text{шт.}$		Термоэлектрическая мощность охлаждения, $\gamma, \text{Вт}$		Рабочий ток, $I, \text{А}$	
	$\frac{\lambda_3 - \lambda_4}{\lambda_3} \%$	$\frac{\lambda_3 - \lambda_5}{\lambda_3} \%$	$\frac{n_3 - n_4}{n_3} \%$	$\frac{n_3 - n_5}{m_3} \%$	$\frac{\gamma_4 - \gamma_3}{\gamma_3} \%$	$\frac{\lambda_5 - \lambda_3}{\lambda_3} \%$	$\frac{I_3 - I_4}{I_3} \%$	$\frac{I_5 - I_3}{I_3} \%$
0	8,1	13,0	8,1	13,0	8,0	13,6	20,0	40,0
20	5,5-6,0	9,9-10,4	5,6-6,0	9,9-10,3	6,3	11,5	17-20,9	37,5-33,0
40	4,0-4,5	8,8-9,0	4,0-4,3	8,7-9,0	4,0	2,6-10,1	14,8-15,1	34,3-37,0
60	1,9-2,1	8,7-8,8	1,8-2,1	8,6-8,7	1,9	9,3-9,4	11,1-12,8	33,0-35,0

III. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ РАСЧЕТОВ

С ростом перепада температуры ΔT :

- уменьшается относительная величина интенсивности отказов $\frac{\lambda_3 - \lambda_5}{\lambda_3} \%$ на 13% при $\Delta T = 0$

и на 9% при $\Delta T = 60$ К и практически не зависит от режима работы (рис. 1), а, следовательно, увеличивается вероятность безотказной работы P ;

- уменьшается относительная величина количества термоэлементов $\frac{n_3 - n_5}{m_3} \%$ на 13% для

$\Delta T = 0$ и на 8,5% при $\Delta T = 60$ К и практически не зависит от режима работы (рис. 2, п.2);

- увеличивается относительная величина термоэлектрической мощности охлаждения

$\frac{\lambda_5 - \lambda_3}{\lambda_3} \%$ на 13,5% при $\Delta T = 0$ и на 9,5% при $\Delta T =$

60 К и не зависит от режима работы (Рис. 3). При этом

- относительная величина рабочего тока $\frac{\lambda_5 - \lambda_3}{\lambda_3} \%$ увеличивается на 40% при $\Delta T = 0$ и на

33% при $\Delta T = 60$ К и слабо зависит от режима работы (Рис. 4, п. 2);

- величина относительного рабочего тока B , холодильного коэффициента E , относительного перепада температуры θ не зависит от варианта сочетания параметров исходного материала (1 -5), а зависит от перепада температуры ΔT и режима работы.

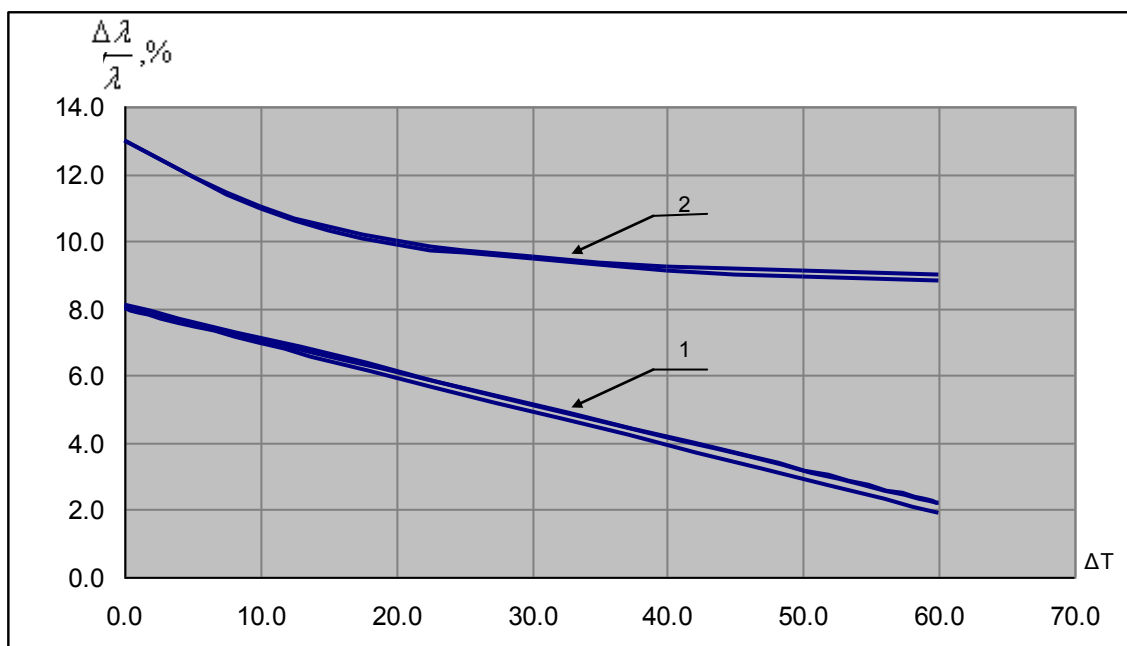


Рисунок 1 – Зависимость относительной величины интенсивности отказов $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}, \%$ однокаскадного ТЭУ от перепада температуры ΔT от различных режимов от $Q_{\text{омах}}$ до $\lambda_{\text{мин}}$ при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт; $l/s = 10$. 1 -- $\frac{\lambda_3 - \lambda_4}{\lambda_3} \%$; 2 -- $\frac{\lambda_3 - \lambda_5}{\lambda_3} \%$

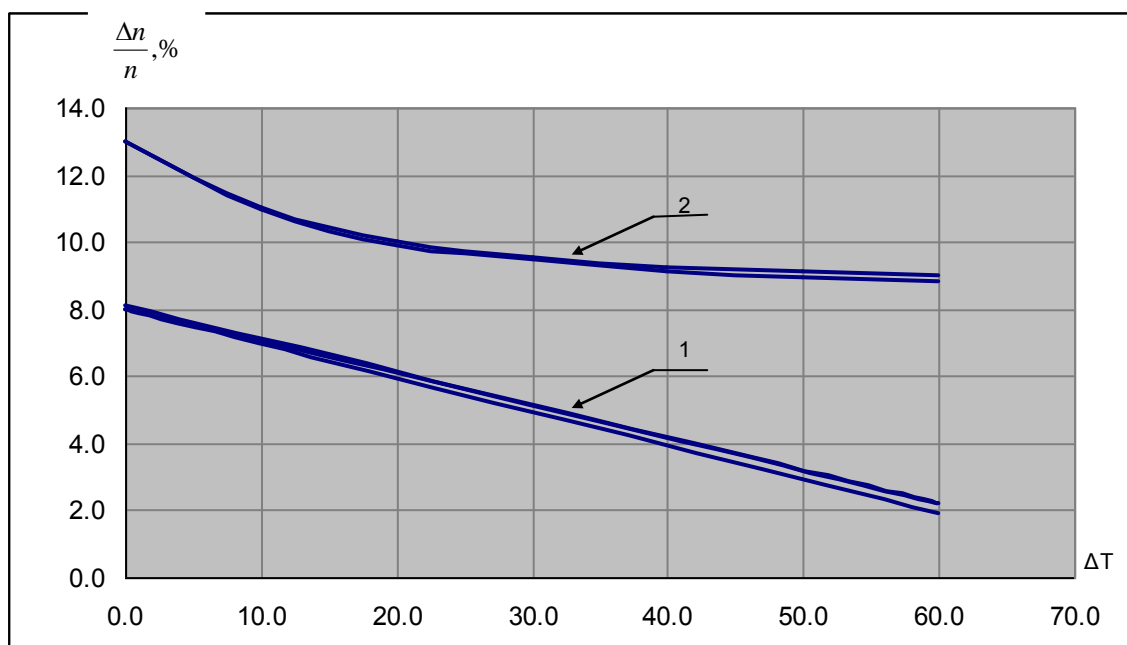


Рисунок 2 – Зависимость относительной величины интенсивности отказов $\frac{\Delta n}{n}, \%$ однокаскадного ТЭУ от перепада температуры ΔT от различных режимов от $Q_{\text{омах}}$ до $\lambda_{\text{мин}}$ при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт; $l/s = 10$. 1 -- $\frac{n_3 - n_4}{n_3} \%$; 2 -- $\frac{n_3 - n_5}{n_3} \%$.

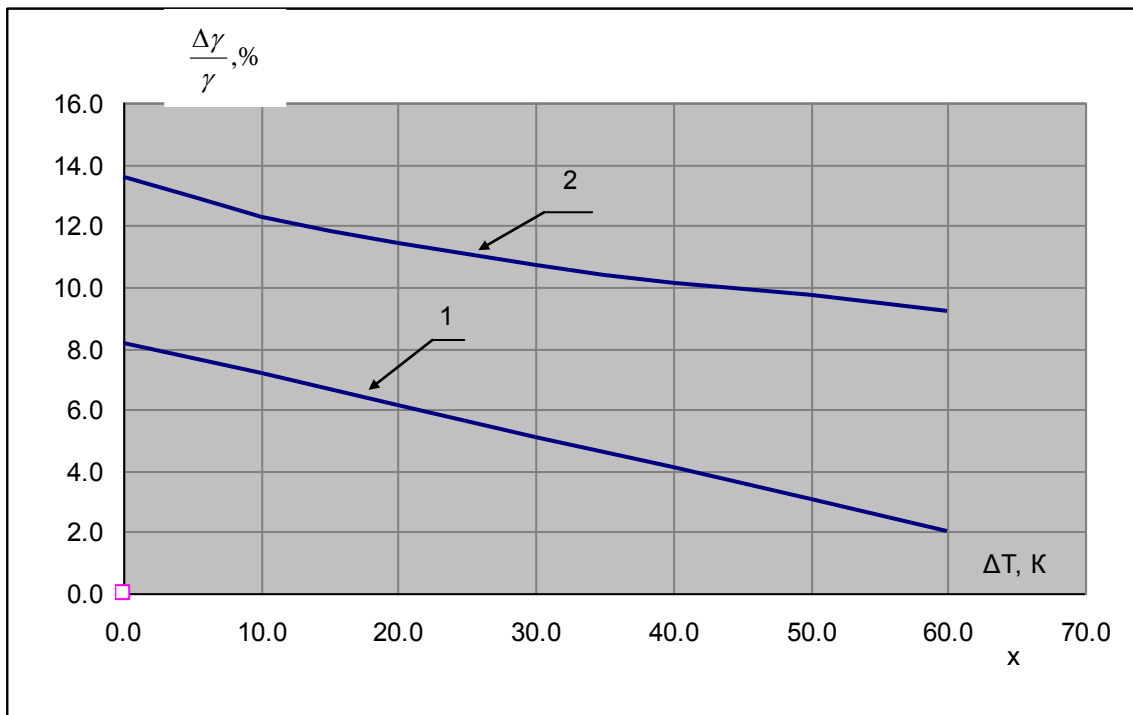


Рисунок 3 – Зависимость относительной величины $\frac{\Delta\gamma}{\gamma}$, % термоэлектрической мощности охлаждения от перепада температуры ΔT для режимов работы от $Q_{\text{отmax}}$ до λ_{min} при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт; $l/s = 10$. 1 -- $\frac{\gamma_4 - \gamma_3}{\gamma_3}$ % ; 2 -- $\frac{\gamma_5 - \gamma_3}{\gamma_3}$ % .

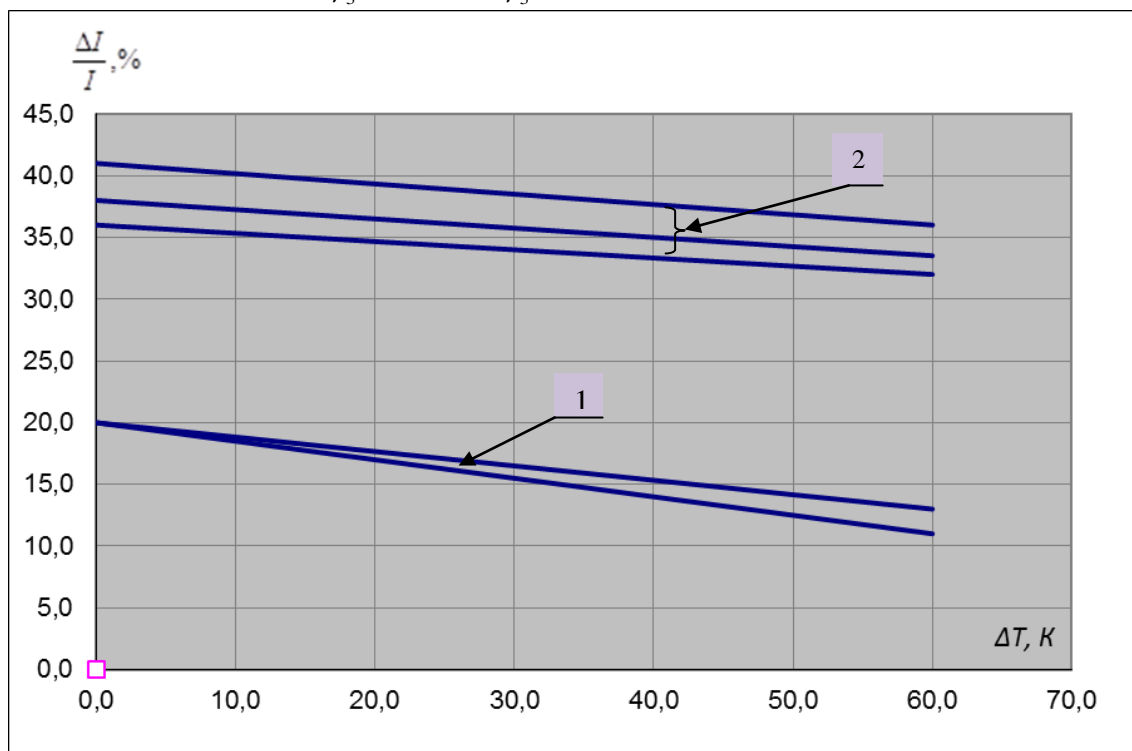


Рисунок 4 – Зависимость относительного рабочего тока $\frac{\Delta I}{I}$, % от перепада температуры ΔT для режимов работы однокаскадного ТЭУ от $Q_{\text{отmax}}$ до λ_{min} при $T = 300$ К; $Q_0 = 2,0$ Вт; $l/s = 10$. 1 -- $\frac{I_4 - I_3}{I_3}$ % ; 2 -- $\frac{I_5 - I_3}{I_3}$ % .

На рис. 5 представлена залежність відносної величини інтенсивності отказів $\frac{\lambda_5 - \lambda_3}{\lambda_3} \%$ від варіанта сочетания параметрів вихідного матеріала (1 – 5) для різних перепадів температури ΔT і режимів роботи.

Внутренняя область, ограниченная кривыми $\Delta T = 0$ и $\Delta T = 60 \text{ K}$ (Рис. 5), дает возможность уменьшения интенсивности отказов вариантов сочетания (4, 5) по сравнению с традиционным (3) для любого режима работы и перепада температуры внутри диапазона.

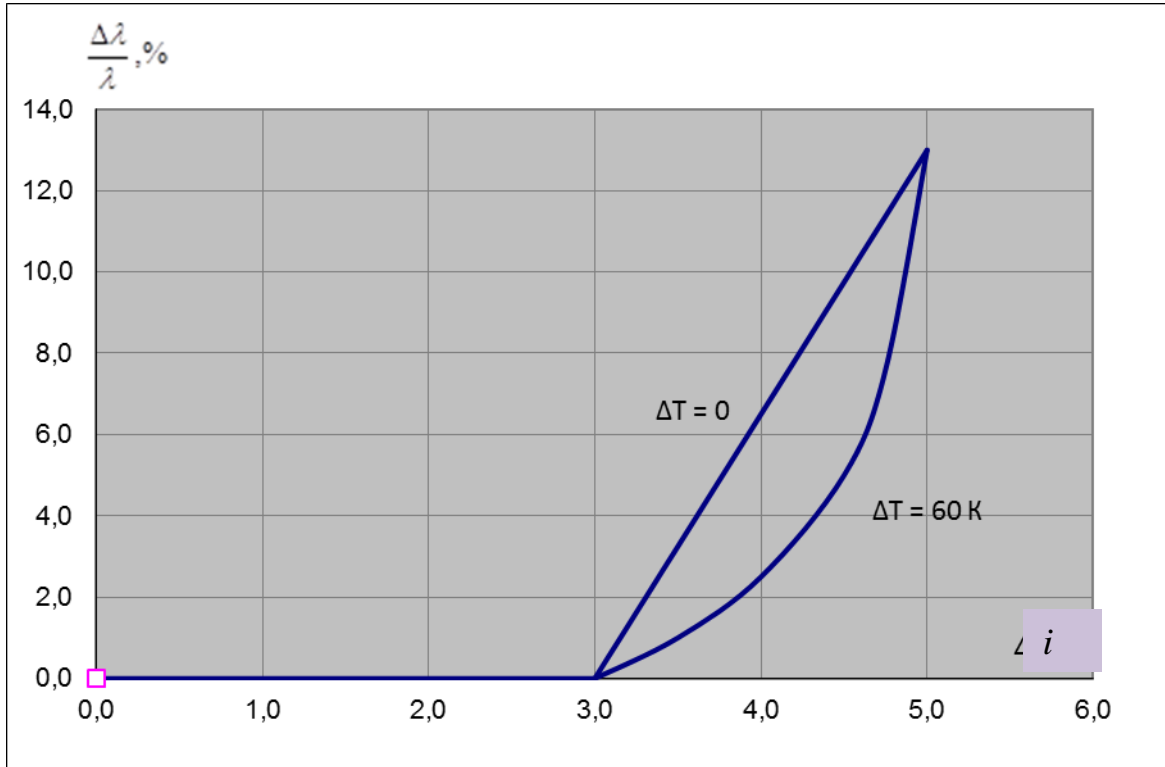


Рисунок 5 – Залежність величини $\frac{\Delta\lambda}{\lambda}, \%$ однофазного ТЭУ від варіанта сочетания параметрів матеріала $I = 4 - 5$ при $T = 300 \text{ K}$; $Q_0 = 2,0 \text{ Вт}$; $l/s = 10$ для різних перепадів температури ΔT і режимів роботи.

IV. АНАЛИТИЧЕСКИЕ СООТНОШЕНИЯ

Рассмотрим более подробно возможности построения аналитических закономерностей взаимосвязи основных параметров и показателей надежности для однокаскадных ТЭУ [3].

Проведем сравнительный анализ основных параметров и показателей надежности однокаскадного ТЭУ для различных вариантов сочетаний параметров исходных материалов в зависимости от γ . Для определения количества термоэлементов n в ТЭУ можно использовать выражением:

$$n = \frac{Q_0}{\gamma(2B - B^2 - \Theta)}, \quad (1)$$

где Q_0 – тепловая нагрузка, Вт, B – относительный рабочий ток, Θ – относительный перепад температур.

Тогда отношение количества термоэлементов n_i i -го варианта сочетания к традиционному $n_{(i=3)}$ можно записать в виде

$$\frac{n_i}{n_3} = \frac{Q_{0i}(2B_3 - B_3^2 - \Theta_3) \gamma_3}{Q_{03}(2B_i - B_i^2 - \Theta_i) \gamma_i}, \quad (2)$$

где $\gamma_3 = e_3^2 \sigma_3 T_{03}^2 (s/l)$; $\gamma_i = e_i^2 \sigma_i T_{0i}^2 (s/l)$;

а) при условии постоянства тепловой нагрузки $Q_{0i} = Q_{03} = const$ выражение (2) можно записать в виде

$$\frac{n_i}{n_3} = \frac{(2B_3 - B_3^2 - \Theta_3) \gamma_3}{(2B_i - B_i^2 - \Theta_i) \gamma_i}. \quad (3)$$

Тогда отношение количества термоэлементов n_i/n_3 зависит от токового режима работы B , относительного перепада температур Θ и варианта сочетания параметров исходных материалов γ (1 – 5).

б) Если дополнительно принять, что относительные перепады температуры одинаковы

$\Theta_i = \Theta_3 = \Theta$ и режим работы один и тот же $B_i = B_3 = B = const$.

Тогда выражение (3) примет вид:

$$\frac{n_i}{n_3} = \frac{\gamma_3}{\gamma_i}; \quad n_i \gamma_i = n_3 \gamma_3; \quad \frac{n_i \gamma_i}{n_3 \gamma_3} = 1; \quad (4)$$

т.е. отношение $\frac{n_i}{n_3}$ зависит от варианта сочетания параметров исходного материала

$$n_i \gamma_i = const. \quad (5)$$

Величина $n_i \gamma_i = const$, постоянна для различных вариантов сочетаний параметров исходного материала (1 – 5) при одном и том же режиме работы и перепаде температуры ΔT для заданной величины холодопроизводительности Q_0 , и геометрии ветви термоэлемента l/s в ТЭУ.

Таким образом, определив величину $n_3 \gamma_3$ для традиционного варианта сочетания параметров исходного материала можно вычислить количество термоэлементов для любого варианта сочетания параметров γ_i .

Мощность потребления однокаскадного ТЭУ можно представить в виде:

$$W = 2n\gamma B(B + \frac{\Delta T_{max}}{T_0} \Theta). \quad (6)$$

Тогда отношение мощности потребления i -го W_i варианта сочетания к традиционному W_3 можно записать в виде:

$$\frac{W_i}{W_3} = \frac{n_i \gamma_i B_i (B_i + \frac{\Delta T_{max i}}{T_{i-1}} \Theta_i)}{n_3 \gamma_3 B_3 (B_3 + \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}} \Theta_3)}. \quad (7)$$

Если принять, что режим работы один и тот же, т.е. $B_i = B_3 = B$ и перепад температур одинаковый $\Theta_i = \Theta_3 = \Theta$, следовательно, и $\frac{\Delta T_{max i}}{T_{i-1}} = \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}}$. Тогда выражение (7) можно записать в виде:

$$\frac{W_i}{W_3} = \frac{n_i \gamma_i}{n_3 \gamma_3}. \quad (8)$$

С учетом (4) выражение (8) примет вид:

$$\frac{W_i}{W_3} = 1,$$

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_3} = \frac{n_i B_i^2 (\Theta_i + C_i) (B_i + \frac{\Delta T_{max i}}{T_{i-1}} \Theta_i)^2 (1 + \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}} \Theta_3)^2}{n_3 B_3^2 (\Theta_3 + C_3) (B_3 + \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}} \Theta_3)^2 (1 + \frac{\Delta T_{max i}}{T_{i-1}} \Theta_i)^2} \frac{K_{Ti}}{K_{T3}}; \quad (12)$$

где

$$C_i = \frac{Q_0}{n_i I_{max i}^2 R_i} = \frac{Q_0}{n_i \gamma_i}; \quad C_3 = \frac{Q_{03}}{n_3 I_{max 3}^2 R_3} = \frac{Q_{03}}{n_3 \gamma_3}.$$

т.е. мощность потребления $W_i = W_3 = const$ -- величина постоянная для различных вариантов сочетаний параметров исходного материала (1 – 5) при одном и том же режиме работы и перепаде температур ΔT .

Легко показать, что при одинаковой тепловой нагрузке $Q_{0i} = Q_{03} = Q_0$ отношение холодильных коэффициентов i -го варианта сочетания E_i к $I = 3$ варианту E_3 : $\frac{E_i}{E_3} = \frac{W_3}{W_i}$; с учетом (8)

$$E_i = E_3 = const, \quad (9)$$

т.е. холодильный коэффициент E есть величина постоянная для различных вариантов сочетаний параметров исходного материала (1 – 5) при одном и том же режиме работы и перепаде температуры ΔT .

Интенсивность отказов λ уменьшается с ростом величины γ (варианта сочетания параметров 1 – 5) для различных режимов работы от Q_{omax} до λ_{min} при $T = 300$ К; $\dot{z}_m = 2,4 \cdot 10^{-3}$ 1/К; $Q_0 = 2,0$ Вт и перепадов температуры $\Delta T = 20$ К; 40 К; 60 К.

Рассмотрим функциональную зависимость отношений интенсивности отказов различных вариантов сочетаний параметров материалов к интенсивности отказов традиционного сочетания (3) λ_i / λ_3 , широко используемого для изготовления модулей, от перепада температуры ΔT .

Можно записать отношение интенсивности отказов λ_3 , как традиционного варианта сочетаний, так и других возможных вариантов сочетаний параметров λ_i

$$\frac{\lambda_3}{\lambda_0} = \frac{n_3 B_3^2 (\Theta_3 + C_3) (B_3 + \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}} \Theta_3)^2}{(1 + \frac{\Delta T_{max 3}}{T_{03}} \Theta_3)^2} K_{T3} \quad (10)$$

и

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_0} = \frac{n_i B_i^2 (\Theta_i + C_i) (B_i + \frac{\Delta T_{max i}}{T_{0-i}} \Theta_{3i})^2}{(1 + \frac{\Delta T_{max i}}{T_{0i}} \Theta_i)^2} K_{Ti} \quad (11)$$

Разделив (11) на (10) получим:

$$\frac{\Delta T_{\max i}}{T_{i-1}} = \frac{\Delta T_{\max 3}}{T_{o3}} = \frac{\Delta T_{\max}}{T_0} \text{ и } K_{Ti} = K_{T3} = K_T$$

и холодопроизводительность $Q_{0i} = Q_{03} = Q_0$ одинакова для двух рассматриваемых вариантов сочетаний, тогда (12) можно представить в виде:

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_3} = \frac{n_i}{n_3}. \quad (13)$$

С учетом (4) выражение (13) можно представить в виде:

$$\frac{\lambda_i}{\lambda_3} = \frac{\gamma_3}{\gamma_i}; \text{ т.е. } \lambda_i \gamma_i = \lambda_3 \gamma_3 = \text{const}. \quad (14)$$

Таким образом, произведение интенсивности отказов λ на максимальную термоэлектрическую мощность охлаждения γ является постоянной величиной для любого варианта сочетаний параметров исходного материала, любого режима работы и перепада температуры $\lambda_i \gamma_i = \text{const}$.

Рассмотрим возможные применения принципа суперпозиции при построении однокаскадного ТЭУ повышенной надежности за счет совмещения конструктивного метода (выбора режима работы ТЭУ) и параметрического метода (выбора варианта сочетания параметров исходного материала).

Так, при следующих исходных данных: $Q_0 = 2,0$ Вт и $\Delta T = 20$ К определим основные параметры ТЭУ в режиме $\left(\frac{Q_0}{I}\right)_{\max}$ при использовании традиционного варианта сочетания параметров исходного материала (3): $\lambda_3/\lambda_0 = 0,526$; $n_3 = 14,1$; $\gamma_3 = 0,286$; $I = 2,4$ А; $\Theta_3 = 0,214$; $B_3 = 0,46$; $W_3 = 2,0$ Вт; $\lambda_3 = 1,58 \cdot 10^{-8}$ 1/час; $P = 0,999842$; $1/s = 10$; $U = 0,83$ В.

Для уменьшения интенсивности отказов λ_3 выберем:

а) Режим работы λ_{\min} и определим основные параметры ТЭУ: $\lambda'_3/\lambda_0 = 0,0308$; $\gamma'_3 = 0,286$; $\Theta'_3 = 0,214$; $B'_3 = 0,16$; $n'_3 = 87_{\text{нар}}$; $W' = 1,84$ Вт; $I' = 0,83$ А; $U' = 2,2$ В; $\lambda'_3 = 0,0924 \cdot 10^{-8}$ 1/час; $P = 0,9999908$. Т.е.

выбором режима λ_{\min} по сравнению с $\left(\frac{Q_0}{I}\right)_{\max}$ можно уменьшить интенсивность отказов в 17,1 раз.

б) Вариант сочетания (5) – определим основные параметры ТЭУ.

Из (12) получим $\lambda_5/\lambda_3 = 0,0524$; $\lambda_5 = 0,083 \cdot 10^{-8}$ 1/час; $B_5 = 0,16$; $n_5 = 78_{\text{нар}}$; $\Theta_5 = 0,214$; $\gamma_5 = 0,319$; $W = 1,84$ Вт; $I_5 = 1,14$ А; $U_5 = 1,61$ В; $P = 0,9999917$.

Таким образом, применение принципа суперпозиции позволяет дополнительно уменьшить интенсивность отказов ТЭУ за счет использования варианта сочетания (5) вместо (3) на 11%, т.е. уменьшить интенсивность отказов ТЭУ выбором

режима работы (λ_{\min}) вместо $\left(\frac{Q_0}{I}\right)_{\max}$ и варианта сочетания (5) вместо (3) в 19,1 раза.

ВЫВОДЫ

1. Сравнительный анализ результатов расчетов основных параметров и показателей надежности однокаскадных ТЭУ, собранных из различных исходных материалов (сочетания 1 – 5) показал возможность уменьшения интенсивности отказов λ для сочетания (4 – 5) по сравнению с (3) на (9-13)% в зависимости от перепада температур ΔT при практически одинаковой эффективности исходных материалов. При этом относительная величина интенсивности отказов практически не зависит от режимов работы и величины тепловой нагрузки.
2. Использование вариантов (1, 2) для построения ТЭУ нецелесообразно, так как приводит к увеличению интенсивности отказов λ , количества термоэлементов n и уменьшению вероятности безотказной работы P .
3. По результатам сравнительного анализа основных параметров и показателей надежности (n , γ , λ) получены простые аналитические зависимости, позволяющие определить ряд закономерностей при построении однокаскадных ТЭУ повышенной надежности.
4. Применение принципа суперпозиции при построении однокаскадного ТЭУ повышенной надежности за счет совмещения конструктивных (режим работы) и параметрических (вариантов сочетаний параметров исходного материала) методов позволяет дополнительно уменьшить интенсивность отказов, а, следовательно, увеличить вероятность безотказной работы.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Зайков, В.П.** Повышение надежности однокаскадных термоэлектрических охлаждающих устройств за счет использования различных сочетаний параметров исходных материалов одинаковой эффективности [Текст] / В.П. Зайков, В.И. Мещеряков, Ю.И. Журавлев // Холодильная техника и технология. – 2015. – Том 51, вып. 3. – С. 104-112.
2. **Зайков, В.П.** Прогнозирование показателей надежности термоэлектрических охлаждающих устройств [Текст] Книга 1. Однокаскадные устройства / В.П. Зайков, Л.А. Киншова, В.Ф. Моисеев – Одесса: Политехперіодика, 2009. – 118 с.
3. **Зайков, В.П.** Повышение экономичности каскадных термоэлектрических устройств при использовании исходных термоэлектрических материалов в каскадах с параметрами отличными от нормированных / В.П. Зайков, Л.А. Киншова // Тепловые режимы и охлаждение радиоэлектронной аппаратуры. – 2001. Вып. 1. – С. 51-57

Отримана в редакції 11.02.2015, прийнята до друку 03.07.2015

V. P. Zaykov, V. I. Mescheryakov, Yu. I. Zhuravlev

¹ Research Institute SHTORM, 27 Tereshkova str. , Odessa, 65012, Ukraine

² Odessa State Environmental University, 15 Lvovskaya str., Odessa, 65016, Ukraine

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE MAIN PARAMETERS AND RELIABILITY INDICATORS OF SINGLE-STAGE THERMOELECTRIC COOLING DEVICES WHILE USING DIFFERENT COMBINATIONS OF INITIAL MATERIALS SETTINGS OF A SIMILAR EFFICIENCY

A comparative analysis of the basic parameters and reliability indicators of the single-stage thermoelectric cooling devices while using different combinations of settings compared to traditional initial materials of a similar efficiency for changes in temperature from 0 to 60 K and operation modes from maximum cooling capacity to the minimum failure rate is presented. It is shown that the use of initial materials with higher conductivity compared to the traditional means to increase the cooling capacity or to reduce the number of elements, to increase the thermoelectric cooling power, to reduce the failure rate and thereby to increase the probability of thermoelectric cooling device failure-free operation. It was obtained the simple ratios of interrelation of parameters and indicators of reliability for a variety of combinations of initial materials depending on the thermoelectric cooling power and temperature differential. It is shown that under the condition of a constant heat load and temperature difference parametric constants of thermocouples amount on the thermoelectric cooling capacity production. Analysis of the traditional version failure rate and other combinations of failure rate had helped to identify that the failure rate production on the maximum thermoelectric power is a constant for any combinations of the parameters of the source material, for any operation mode and temperature difference. The possible application of the superposition principle when building a single-stage thermoelectric cooling devices of a high reliability by combining of a constructive method (mode selection of thermoelectric cooling devices) and parametric method (selected combinations of the initial material) were discussed. It's shows the application of the principle of superposition of structural and parametric methods of construction of thermoelectric cooling devices could significantly increase the reliability of thermoelectric cooling devices.

Keywords: thermoelectric device; reliability; failure rate; efficiency; temperature; operating current.

REFERENCES

1. Zaykov, V.P., Meshcheryakov, V.I., Zhuravlev, Yu. I. 2015. Improving the reliability of single-stage thermoelectric cooling devices by the use of various combinations of original materials of an equal efficiency. *Refrigeration engineering and technology*, 51(3), 104-112 (in Russian).
Doi: 10.15673/0453-8307.3/2015.39279
2. Zaikov, V.P., Kinshova, L.A., Moiseev, C.F. 2009. Prediction of thermoelectric cooling devices

reliability. Book 1. Single-stage devices. Odessa: Politehnica, 118 p.

3. Zaikov V.P., Kinshova, L.A. 2001. Increasing the efficiency of the cascade thermoelectric devices using the initial thermoelectric materials in cascades with parameters which are different from the normalized. *Thermal modes and cooling electronic equipment*, Vol. 1, 51-57.

Received 11 February 2015

Approved 03 July 2015

Available in Internet 30.08.2015