

ОЦЕНКА ТЕПЛОВОГО РЕЖИМА ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВАТЕЛЯ COMPACTTOOL 1000B

Андриевская А.В., Куделич К.С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: Алексеев В.Ф. – к. т. н., доцент, доцент кафедры ПИКС

Аннотация. Проведен расчёт теплового режима в перфорированном корпусе индукционного нагревателя *CompactTool 1000B*. Выявлена теоретическая температура самого нагреваемого элемента в устройстве. Обоснован режим охлаждения устройства. Подтверждена целесообразность использования перфорированных корпусов для охлаждения элементной базы устройства.

Ключевые слова: расчёт, тепловые процессы, тепловой режим, перфорированном корпус.

Введение. Индукционный нагреватель *CompactTool 1000B* предназначен для быстрого и эффективного нагрева металлических деталей путём создания вихревых токов в них, что позволяет достичь различных сферах, таких как плавка, пайка и сварка металлов.

В статье представлен расчёт теплового режима в корпусе индукционного нагревателя качества воздуха, результат которого помогает принять решение о применении той или иной конфигурации охлаждения устройства. Также расчёт теплового режима проводится для того, чтобы сопоставить рассчитанные температурные характеристики теплового режима с предельно допустимыми температурами, на которые рассчитаны комплектующие элементы РЭС.

Основная часть. В качестве исходных данных для расчёта теплового режима индукционного нагревателя выступают следующие данные:

- мощность, рассеиваемая нагретой зоной (P_3): 0,1 Вт;
- температура окружающей среды (T_c): 313 К (40 °С);
- максимальная температура канала: 423 К;
- размер транзисторов: 0,0351м x 0,015м x 0,0053м;
- коэффициент заполнения (K_3): 0,5;
- площадь поверхности элемента, омываемая воздухом, с учётом радиатора ($S_{эл}$): 0,10942 м².

Устойчивость к климатическим воздействиям для данного устройства: УХЛ 4.2 (ГОСТ 15150-69) [2]. На рисунке 1 представлена модель корпуса устройства с установленной в неё печатной платой.

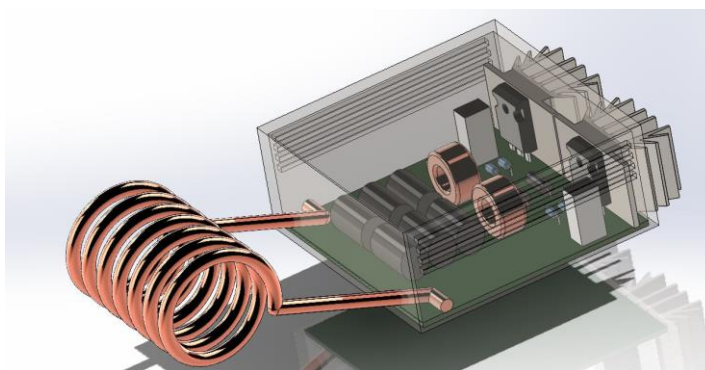


Рисунок 1 – Корпус индукционного нагревателя *CompactTool 1000B*

Рассчитываем поверхность корпуса блока (S_k):

$$S_k = 2 \cdot (l_1 l_2 + (l_1 + l_2) l_3) = 0.00163 \text{ м}^2, \quad (1)$$

где l_1, l_2 – горизонтальные размеры корпуса блока, м;

l_3 – вертикальный размер корпуса блока, м.

Определяем условную поверхность нагретой зоны (S_3):

$$S_3 = 2 \cdot (l_1 l_2 + (l_1 + l_2) K_3 l_3) = 0.00044 \text{ м}^2, \quad (2)$$

где l_1, l_2 – горизонтальные размеры корпуса блока, м;

l_3 – вертикальный размер корпуса блока, м;

K_3 – коэффициент заполнения.

Определяем удельную мощность корпуса блока (q_k):

$$q_k = \frac{P_3}{S_k} = 61,349 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (3)$$

где P_3 – мощность, рассеиваемая нагретой зоной, Вт;

S_k – поверхность корпуса блока, м^2 .

Рассчитываем удельную мощность нагретой зоны (q_3):

$$q_3 = \frac{P_3}{S_3} = 226,586 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}, \quad (5)$$

где P_3 – мощность, рассеиваемая нагретой зоной, Вт;

S_3 – условная поверхность нагретой зоны, м^2 .

Находим коэффициент (ϑ_1) в зависимости от удельной мощности корпуса:

$$\vartheta_1 = K_{q_k} = 0,1472 q_k - 0,2962 \cdot 10^{-3} q_k^2 + 0,3127 \cdot 10^{-6} q_k^3 = 7,988 \text{ К}, \quad (6)$$

где q_k – удельная мощность корпуса блока, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Находим коэффициент (ϑ_2) в зависимости от удельной мощности нагретой зоны [1]:

$$\vartheta_2 = K_{q_3} = 0,1390 q_3 - 0,1223 \cdot 10^{-3} q_3^2 + 0,0698 \cdot 10^{-6} q_3^3 = 26,028 \text{ К}, \quad (7)$$

где q_3 – удельная мощность нагретой зоны, $\text{Вт}/\text{м}^2$.

Находим коэффициент (K_{H1}) в зависимости от давления среды вне корпуса:

$$\begin{aligned} K_{H1} &= 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} H_1} = \\ &= 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} \cdot 101325} = 0,999, \end{aligned} \quad (8)$$

где $H_1 = 101325 \text{ Па}$ – величина атмосферного давления снаружи корпуса.

Находим коэффициент (K_{H2}) в зависимости от давления среды внутри корпуса:

$$K_{H2} = 0,82 + \frac{1}{0,925 + 4,6 \cdot 10^{-5} H_2} = \quad (9)$$

$$= 0,82 + \frac{1}{1,25 + 3,8 \cdot 10^{-5} \cdot 101325} = 0,996,$$

где $H_2 = 101325$ Па – величина атмосферного давления внутри корпуса аппарата.

Рассчитываем площадь перфорационных отверстий ($n=50$, $d=8$ мм) (S_{Π}):

$$S_{\Pi} = \frac{n\pi d^2}{4} = 0,00011 \text{ м}^2, \quad (10)$$

Рассчитываем коэффициент перфорации (Π):

$$\Pi = \frac{S_{\Pi}}{2l_1 l_3} = 0,7. \quad (11)$$

Находим коэффициент K_{Π} в зависимости от коэффициента перфораций Π по графику на рисунке 2:

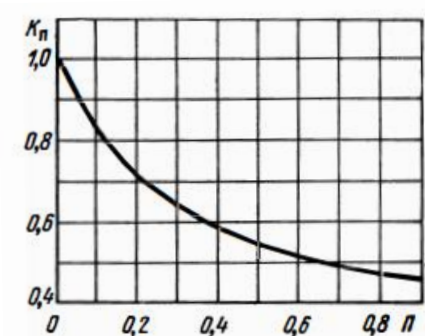


Рисунок 2 – Зависимость K_{Π} от коэффициента перфорации

Поскольку $\Pi = 0,7$, то, по графику, $K_{\Pi} = 0,5$.

Определяем перегрев корпуса блока (ϑ_k):

$$\vartheta_k = \vartheta_1 K_{H1} K_{\Pi} \cdot 0,93 = 3,687 \text{ К}. \quad (12)$$

Определяем перегрев нагретой зоны (ϑ_3):

$$\vartheta_3 = 0,93 K_{\Pi} \left(\vartheta_1 K_{H1} + \left(\frac{\vartheta_2}{0,93} - \vartheta_1 \right) K_{H2} \right) = 12,893 \text{ К}. \quad (13)$$

Определяем средний перегрев воздуха в блоке (ϑ_v):

$$\vartheta_v = 0,6 \cdot \vartheta_3 = 7,735 \text{ К}. \quad (14)$$

Определяем удельную мощность элемента ($q_{эл}$):

$$q_{эл} = \frac{P_{эл}}{S_{эл}} = 1736,430 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}. \quad (15)$$

Рассчитываем перегрев поверхности элемента ($\vartheta_{эл}$):

$$\vartheta_{эл} = \vartheta_3 \cdot \left(0,75 + \frac{0,25q_{эл}}{q_3}\right) = 34,371 \text{ К.} \quad (16)$$

Рассчитываем перегрев окружающей элемент среды ($\vartheta_{эс}$):

$$\vartheta_{эс} = \vartheta_в \cdot \left(0,75 + \frac{0,25q_{эл}}{q_3}\right) = 20,623 \text{ К,} \quad (17)$$

Определяем температуру корпуса блока (T_k):

$$T_k = \vartheta_k + T_c = 320,412 \text{ К,} \quad (18)$$

Определяем температуру нагретой зоны (T_3):

$$T_3 = \vartheta_3 + T_c = 338,914 \text{ К,} \quad (19)$$

Определяем температуру поверхности элемента ($T_{эл}$):

$$T_{эл} = \vartheta_{эл} + T_c = 382,084 \text{ К,} \quad (20)$$

Определяем среднюю температуру воздуха в блоке ($T_в$):

$$T_в = \vartheta_в + T_c = 328,549 \text{ К,} \quad (21)$$

Определяем температуру окружающей элемент среды ($T_{эс}$):

$$T_{эс} = \vartheta_{эс} + T_c = 354,450 \text{ К.} \quad (22)$$

На рисунке 3 представлен тепловой режим индукционного нагревателя *CompactTool* 1000В:

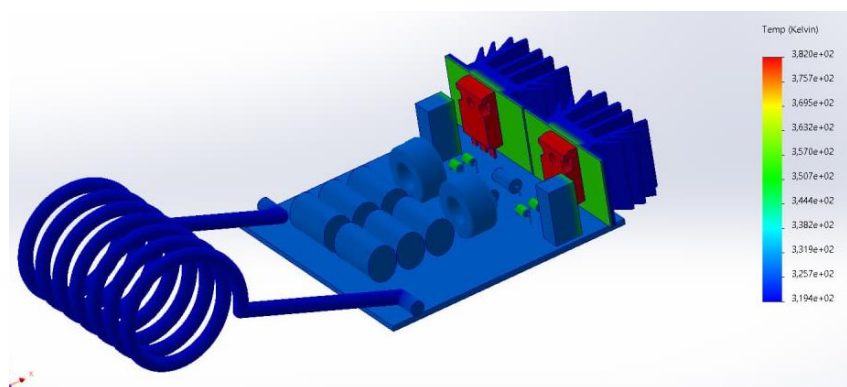


Рисунок 3 – Тепловой режим индукционного нагревателя

Наибольшая температура поверхности транзистора составляет 382 К (109°C), что ниже предельного значения в 423 К (150°C). Температура окружающей среды равна 354 К (61°C), а температура корпуса блока – 320 К (47°C).

Заключение. Расчет теплового режима индукционного нагревателя показал, что температура нагреваемого элемента соответствует рабочему диапазону, подтверждая эффективность выбранной системы охлаждения. Таким образом, принятый подход к организации оптимального теплового режима на этапе проектирования устройства позволил подтвердить обоснованность выбранных технических решений.

Список литературы

1. Роткоп, Л. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры / Л. Роткоп. – Москва.: Сов. радио, 1976. – 232с
2. ГОСТ 15150–69. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1969. – 58 с.

UDC 621.3.049.77–048.24:537.2

CONTROL OF MICROCONTROLLER UNDER THE INFLUENCE OF ELECTROSTATIC DISCHARGE

Andrievskaya A.V., Kudelich K.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Alexeev V.F. – Cand. of Sci., assistant professor, associate professor of the department of ICSD

Annotation. The calculation of the thermal regime in the perforated housing of the Compact Tool 1000V induction heater is carried out. The theoretical temperature of the most heated element in the device has been revealed. The cooling mode of the device is justified. The expediency of using perforated housings for cooling the device's element base has been confirmed.

Keywords: calculation, thermal processes, thermal regime, perforated housing.