

## Изследване влиянието на енергийните потоци върху температурния режим на електронен модул

Борис Евстатиев, Явор Нейков, Иван Белоев

**Research on energy fluxes impact on temperature regime in electronic circuit housing:** The temperature regime of electronic circuit devices depends on heat transfer energy fluxes in module housing. Electric energy consumption of the circuit and dissipated in the ambient air heat energy flux are determinant for circuit board and case temperature modulation. The impact of incoming electrical energy on the module temperature has been studied. The influence of cooling method on the temperature regime also has been studied

**Key words:** Computer Systems and Technologies, Model, Microprogramming Unit for Operation Control.

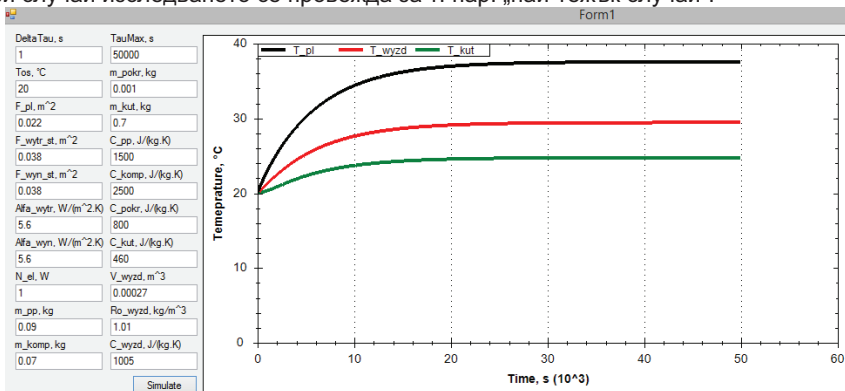
### ВЪВЕДЕНИЕ

Енергийният баланс на топлините режими при експлоатацията на електронна апаратура се определя от разпределението на енергийните потоци в и около касетата, в която са разположени модулите на апаратурата. Изборът на касета за поместване на електронната апаратура в нея е изключително важен за надеждното охлаждане и експлоатация на модулите [1, 2]. Ако параметрите и характеристиките на касетата са приети като даденост, следва да се определи, как енергийните потоци, постъпващи в модула и разсейвани в околната среда, влияят върху температурата на самия модул. Отчитайки тези особености при даден енергиен поток, постъпващ в модула, е необходимо, да се избере режим на охлаждане – естествена конвекция или принудително охлаждане с вентилатор.

**Цел на изследването** е на базата на разработен модел за температурния режим на електронен модул да се изследва влиянието на постъпващият енергиен поток и на енергийния поток, определящ се от условията на експлоатация върху неговата температурата.

### МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Постъпващата електрическа мощност в електронния модул е определяща за оценка на постъпващият енергиен поток в модула. Приема се, че тя е приблизително константа за периода на изследването и е максималната консумирана от модула. В този случай изследването се провежда за т. нар. „най-тежък случай“.



Фиг. 1. Главен прозорец на програмната среда „PlatkiMod“ за изследване на температурния режим на електронен модул.

Енергийният поток, който се разсейва в околната среда зависи от температурата на околната среда, от скоростта на обтичане на въздуха от външната страна на касетата, от площта и структурата на външната повърхност на касетата [3, 5]. При условие, че за целите на изследването е избрана касета за поместване на електронен модул в нея, тя ще бъде с предварително определени конструктивни параметри на повърхността си. В този случай от значение е осигурения от конструктора начин на охлаждане на касетата – при естествена конвекция или при принудителна конвекция. Тези условия влияят на коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата.

Таблица 1  
Използвани параметри.

№	Параметър	Размерност	Име
1	Delta Tau	s	Времето на дискретизация
2	Tos	°C	Температурата на въздуха в околната среда
3	F_pl	m <sup>2</sup>	Приведената повърхност на печатната платка заедно с монтираните върху нея компоненти
4	F_wytr_st	m <sup>2</sup>	Приведената вътрешна повърхност на кутията на електронния модул
5	F_wyn_st	m <sup>2</sup>	Приведената външна повърхност на кутията на електронния модул
6	Alfa_wytr	W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>	Коефициентът на конвективен топлообмен между въздуха в кутията и наситената печатна платка и между въздуха в кутията и вътрешните стени на кутията
7	Alfa_wyn	W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup>	Коефициентът на конвективен топлообмен между кутията и околната среда
8	N_el	W	Електрическата мощност постъпваща в наситената печатна платка
9	m_pp	kg	Масата на печатната платка
10	M_komp	kg	Масата на компонентите
11	TauMax	s	Максималното време за симулация
12	m_pokr	kg	Масата на покритията на печатната платка
13	m_kut	kg	Масата на кутията
14	C_pp	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Специфичният топлинен капацитет на печатната платка
15	C_komp	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Специфичният топлинен капацитет на компонентите
16	C_pokr	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Специфичният топлинен капацитет на покритията
17	C_kut	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Специфичен топлинен капацитет на материала на кутията
18	V_wyzd	m <sup>3</sup>	Обемът на въздуха в кутията
19	R0_wyzd	kg.m <sup>-3</sup>	Плътноста на въздуха
20	C_wyzd	J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>	Специфичният топлинен капацитет на въздуха

#### Технически средства за изследване

Изследването се провежда с помощта на програмен продукт, разработен на базата на модел на температурния режим на електронен модул („PlatkiMod”) [4]. На

фиг. 1 е показан главния прозорец на програмния продукт. В лявата част на прозореца се задават параметрите на процеса, на електронния модул и параметрите на условията в околната среда. В дясната част на панела, след натискане на бутона "Simulate", се извеждат графично изчислените стойности на температурите, както следва: „T\_kut” (зелена графика) – температура на касетата (кутията); „T\_wuzd” (червена графика) – температура на въздуха в касетата; „T\_pl” (черна графика) – температура на електронния модул (платката).

В табл. 1 са показани използваните в програмния продукт параметри, тяхното означение и размерност.

#### **Методика на изследване на влиянието на постъпващата електрическа мощност в модула върху неговата температура**

За изследването се задават стойности на електрическата мощност, постъпваща в електронния модул (параметър „N\_el”) и за всеки параметър се стартира симулацията (бутон „Simulate”). След достигане на установен режим от симулираните графики се определят достигнатите температури и се въвеждат в таблица. Получените зависимости се строят графично и се анализират.

#### **Методика на изследване на влиянието на разсейваният енергиен поток в околната среда върху температурата на електронния модул**

Разсейваният енергиен поток в околната среда, при константни повърхност на касетата и температурата на въздуха в околната среда, зависи от коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата („Alfa\_wup”). Изследването се провежда при постъпваща електрическа мощност в модула  $N_{el} = 2,5 \text{ W}$ .

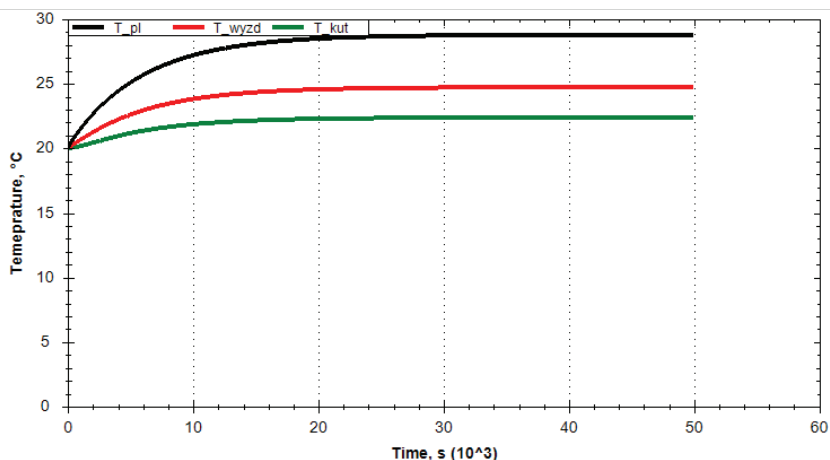
За изследването се задават различни стойности на коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата („Alfa\_wup”) и за всяка стойност се стартира симулацията (бутон „Simulate”). След достигане на установен режим от симулираните графики се определят достигнатите температури и се въвеждат в таблица. Получените зависимости се строят графично и се анализират.

### **ЕКСПЕРИМЕНТАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ**

#### **Изследване на влиянието на постъпващата електрическа мощност в модула върху неговата температура**

На фиг.2 са показани графики от симулация на изменението на температурите на електронния модул ( $T_{pl}$ ), на въздуха в касетата ( $T_{wuzd}$ ) и на касетата ( $T_{kut}$ ), при стойност на постъпващата електрическа мощност  $N_{el} = 0,5 \text{ W}$ .

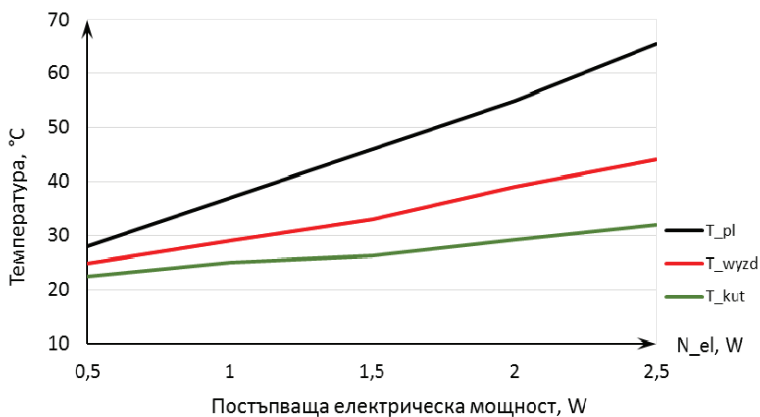
След достигане на установен режим достигнатите температури са въведени в табл.2. Получените зависимости се представени графично на фиг.3.



Фиг.2. Изменения на температурите на електронния модул, на въздуха в касетата и на касетата при постъпваща електрическа мощност  $N_{el}=0,5$  W.

Таблица 2  
Изследване на влиянието на постъпващата електрическа мощност в модула върху неговата температура

№	Постъпваща електрическа мощност, W	Температура на касетата (кутията), °C	Температура на въздуха в касетата, °C	Температура на електронния модул, °C
1	0,5	22,5	24,8	28
2	1	25	29	37
3	1,5	26,3	33	46
4	2	29,2	39	55
5	2,5	32	44,1	65,5



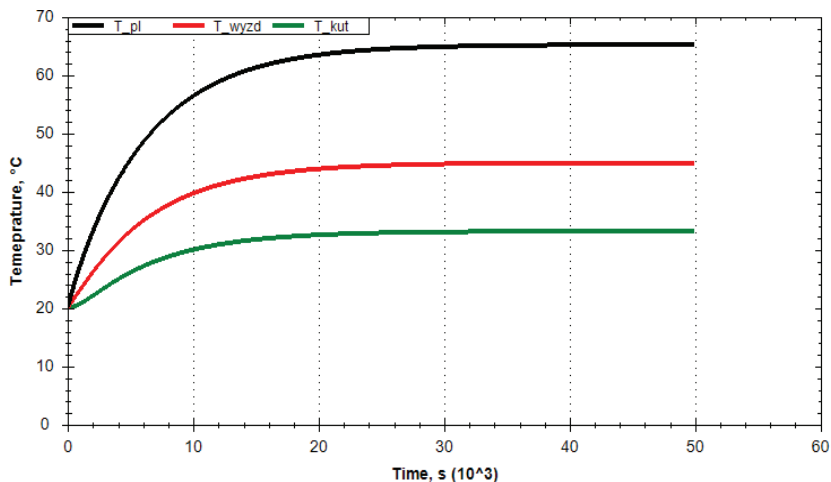
Фиг.3. Влияние на постъпващата електрическа мощност ( $N_{el}$ ) в модула върху температурата на касетата ( $T_{kut}$ ), температурата на въздуха в касетата ( $T_{wyzd}$ ), температурата на електронния модул ( $T_{pl}$ ).

### Анализ на получените резултати от изследването

От получените резултати следва, че с увеличаването на постъпващата енергия в електронния модул температурите на касетата, на въздуха в касетата и на температурата на електронния модул се увеличават. При това изменението на температурата на електронния модул се изменя с по-голяма динамика.

### Изследване на влиянието на разсейваният енергиен поток в околната среда върху температурата на електронния модул

На фиг.4 са показани графики от симулация при стойност на коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата  $\text{Alfa}_{\text{wyn}}=5 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

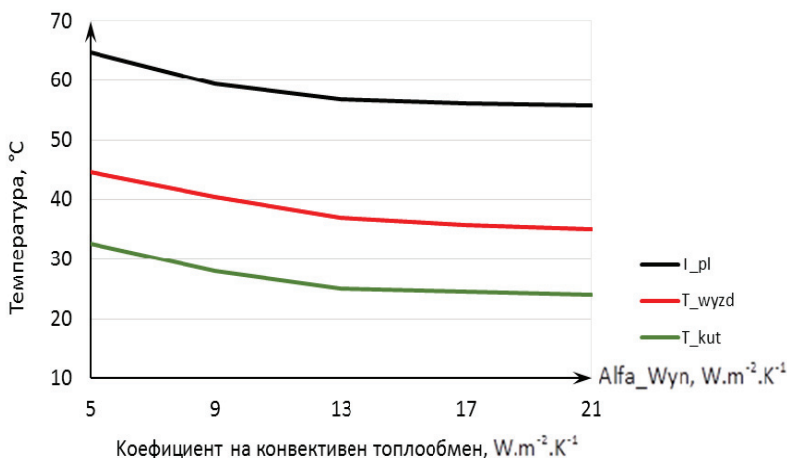


Фиг.4. Изследване на влиянието на разсейваният енергиен поток в околната среда върху температурата на електронния модул при коефициент на конвективен топлообмен,  $\text{Alfa}_{\text{wyn}}=5, \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$ .

След достигане на установен режим достигнатите температури са въведени в табл.3. Получените зависимости се представени графично на фиг.5.

Таблица 3  
Изследване на влиянието на разсейваният енергиен поток в околната среда върху температурата на електронния модул

№	Коефициент на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата, $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$	Температура на касетата (кутията), °C	Температура на въздуха в касетата, °C	Температура на електронния модул, °C
1	5	32,7	44,6	64,8
2	9	28	40,5	59,5
3	13	25	37	56,8
4	17	24,6	35,8	56,2
5	21	24	35	55,8



Фиг.5. Изследване на влиянието на разсейваният енергиен поток в околната среда върху температурата на електронния модул ( $T_{pl}$ ), температурата на въздуха в касетата ( $T_{wydz}$ ) и температурата на касетата ( $T_{kut}$ ).

#### Анализ на получените резултати от изследването

От получените резултати следва, че с увеличението на коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата, намаляват температурите на касетата, на въздуха в касетата и на електронния модул. Изменението е приблизително еднакво и за трите температури. С увеличаването на коефициента на конвективен топлообмен между въздуха в околната среда и външната повърхност на касетата динамиката на намаляване на температурата намалява.

#### РЕЗУЛТАТИ И ИЗВОДИ

В резултат на извършените анализи могат да се направят следните обобщени изводи:

- влиянието на постъпващата електрическа мощност и на разсейвания от конструкцията на електронната апаратура енергиен поток в енергийния баланс на системата „електронен модул-кутия-околна среда“ е от съществено значение за нейния топлинен режим;
- влиянието на постъпващата електрическа мощност в баланса се засилва с увеличаване на консумираната от апаратурата мощност;
- влиянието на разсейвания енергиен поток от конструкцията на електронната апаратура в околната среда отслабва с увеличаване на коефициента на конвективен топлообмен между външната повърхност на касетата и въздуха в околната среда.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Джуров К., Г. Бакалов. Конструирание и технология на радиоелектронни апаратури. ВМЕИ-Варна, 1989.
- [2] Йорданова Л. Конструирание на комуникационна апаратура. Нови знания, София, 2003, 262, ISBN 954-9740-80-3.
- [3] Balwant S. Lall, Bruce M. Guenin, Ronald J. Molnar Methodology for Thermal Evaluation of Multichip Modules, IEEE Transactions on components, packaging, and manufacturing technology-part A, Vol. 18, No. 4, December 1995

[4] Evstatiev I. Modelling the Temperature Regime of an Electronic Module. Sixth International Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering. 11-12.11. 2015, Ruse, Bulgaria.

[5] Hatakeyama, T., F.X. Quinn Thermal analysis: fundamentals and applications to polymer science - 2nd ed., 1999, ISBN 0-471-98362-4 (handbook).

**За контакти:**

Доц. д-р Борис Иванов Евстатиев, Катедра "Теоретична и измервателна електротехника", Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 371, e-mail: [bevstatiev@uni-ruse.bg](mailto:bevstatiev@uni-ruse.bg).

Гл. ас. д-р Явор Бранимиров Нейков, Катедра „Електроника“, Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 082-888 772, e-mail: [yneikov@uni-ruse.bg](mailto:yneikov@uni-ruse.bg).

Ас. Иван Христов Белоев, Катедра „Транспорт“, Русенски университет "Ангел Кънчев", тел.: 0886320080, e-mail: [ibeloev@uni-ruse.bg](mailto:ibeloev@uni-ruse.bg).

**Докладът е рецензиран.**