



თბური რეჟიმების გამოთვლა დამყარებულია თბოელექტრულ ანალოგიაზე. იგი გულისხმობს, რომ კონსტრუქციებში თბური ენერჯის გადატანა განიხილება ელექტრულ წრედებში ელექტროენერჯის გადატანის ანალოგიურად. ასეთი ანალოგის გამოყენება თბური სქემების შედგენის და ელექტროტექნიკის ძირითადი წესების გამოყენებით მათი გამოთვლის საშუალებას იძლევა. მაგალითად, ელექტროგამტარობის ანალოგია  $\delta$  თბური გამტარობა, დენის ძალის ანალოგი -  $P_{\text{გ}}$  გახურებული ზონის სიმძლავრე და ა.შ.

თბომიმოცვლის პროცესების ხასიათი საზომ მოწყობილობაში დამოკიდებულია აპარატის გახურებული ზონის მოწყობილობაზე. გახურებული ზონის ყველა შესაძლო ვარიანტი შესაძლოა მივაკუთვნოთ სამ ჯგუფს [5]:

- ზონები შედარებით მსხვილი ელემენტებით (ტრანსფორმატორები და სხვ.), რომლებიც მაგრდება ლითონის შასიზე;
- ზონები, რომელშიც ინტეგრალური მიკროსქემები და კვანძები მაგრდება ნაბეჭდ სამონტაჟო ფირფიტებზე. მათი რაოდენობა ასეთ ზონებში შესაძლოა იყოს საკმაოდ დიდი;
- ზონები, რომლებშიც არ არის ცხადად გამოსახული სამონტაჟო ფირფიტები და შასი, ხოლო ელემენტები კორპუსის მოცულობაში ქასურად მაგრდება.

თუ საზომი მოწყობილობის გახურებული ზონა შეიცავს შასის ან სამონტაჟო ფირფიტებს, მაშინ თბომიმოცვლის პირობები მნიშვნელოვნადაა დამოკიდებული მათ ორიენტაციაზე: ვერტიკალურად და ჰორიზონტალურად.

## 2. ძირითადი ნაწილი

კონსტრუქციის დამუშავების პროცესში მუდმივად წარმოიქმნება სითბოს გამოყოფის ანალიზისა და გამოთვლის ამოცანა, რომლის საფუძველზე ხდება კონსტრუქციული გადაწყვეტების არჩევა. ბევრ საწარმოს არ აქვს სპეციალური ქვედანაყოფი ასეთი გამოთვლებისათვის და ამ სამუშაოს ჩატარება უხდება თვით დამმუშავებელს, რომელსაც არ გააჩნია სპეციალური განათლება თბოგადაცემის დარგში. ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტის თბური პროცესების ანალიზის სფეროში დახმარების გაწევა შეუძლია სპეციალურ პროგრამულ უზრუნველყოფას, რომელიც საშუალებას აძლევს სპეციალური მომზადების არმქონე მომხმარებელს ჩაატაროს აუცილებელი გამოთვლები.

ხელსაწყოს თბური რეჟიმის გამოსათვლელად გამოიყენება თბური ველების მათემატიკური მოდელირების აპარატი [6]. აღნიშნული მოდელი ითვალისწინებს რამდენიმე იზომეტრულ არეს: გარემოს ტემპერატურას და ვერტიკალურად ორიენტირებული გახურებული ზონების ტემპერატურას, რომლებიც ასახავს სითბოს გამომყოფ ელემენტებიან ნაბეჭდ სამონტაჟო ფირფიტებს. იგულისხმება, რომ გახურებულ ზონებს აქვთ სწორკუთხა პარალელეპიპედების ფორმა. თითოეული გახურებული ზონის სისქე  $d_i$   $i = 1, 2, \dots, N$ , განისაზღვრება სამონტაჟო ფირფიტის სისქით და მასზე დაყენებული ელემენტების გასაშუალოებული სიმაღლით. იგულისხმება, რომ თბური ენერჯის წყაროები თანაბრადაა განაწილებული სამონტაჟო ფირფიტის ზედაპირზე. სითბოს გადატანა ხელსაწყოს შიგნით ხდება ძირითადად კონვექციისა და გამოსხივების სახით (კონდუქციული თბოგადაცემებით მიღებულ თბურ კავშირებს სამონტაჟო ფირფიტასა და კორპუსს შორის უგულვებელყოფთ).

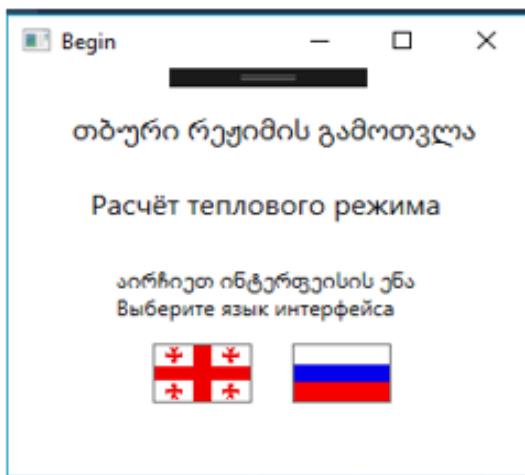
საკითხის მნიშვნელობიდან გამომდინარე ჩვენ მიერ შემუშავდა პროგრამა, შექმნილი C# ენაზე, რომელსაც შეუძლია თბური რეჟიმის გამოთვლა იმ შემთხვევისათვის, როდესაც სამონტაჟო ფირფიტაზე განლაგებულია მხოლოდ მიკროსქემები. აღნიშნულ პროგრამას აქვს სასწავლო დანიშნულება და, ბუნებრივია, შესაბამისი ადაპტირების გარეშე ვერ დაეხმარება დიდ საწარმოებს.

პროგრამის შედგენისას გათვალისწინებული იყო, რომ მიკროსქემები სამონტაჟო ფირფიტაზე უნდა განლაგდეს კომპონირების შესახებ არსებული სტანდარტების მოთხოვნების შესაბამისად, როგორცაა [2]:

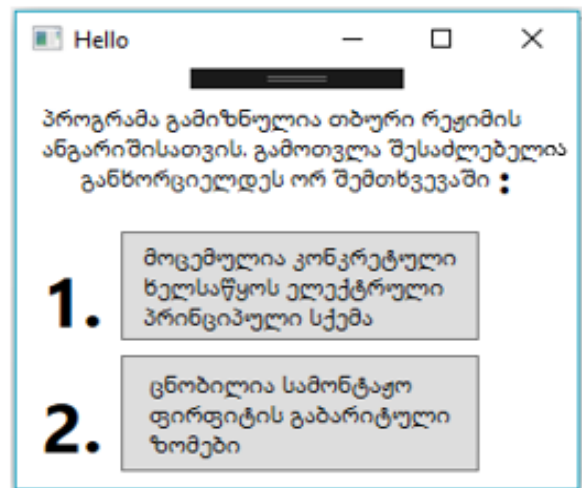
- IPC-2221 Generic Standard on Printed Board Design;
- IPC-7351B Generic Requirements for Surface Mount Design and Land Pattern Standards;
- IPC-2615 Printed Board Dimensions and Tolerances და სხვ.

ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემებში კომპონენტების არჩევის დროს გათვალისწინებულია ზემოთ ჩამოთვლილი სტანდარტების მოთხოვნები.

პროგრამის საწყისი ფანჯრები ნაჩვენებია 1-ელ და მე-2 ნახაზებზე.



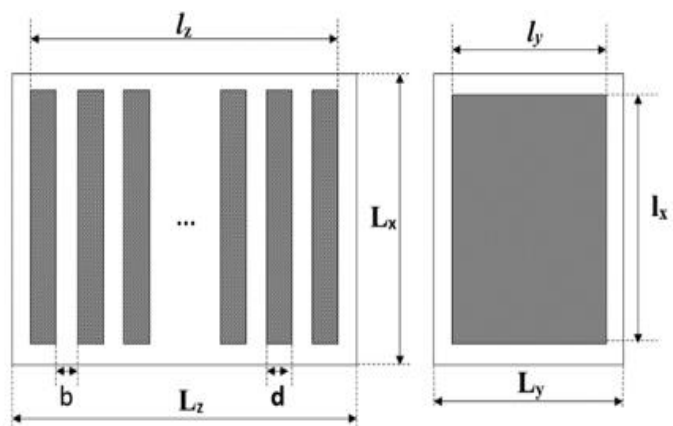
ნახ.1



ნახ.2

ხელსაწყოს კორპუსის შიგნით ნაბეჭდი სამონტაჟო ფირფიტების განაწილების პირობითი სქემა, რომელიც არჩეულია პროგრამის შედგენისას, ნაჩვენებია მე-3 ნახაზზე.

პროგრამულად ხდება კომპონენტების (მიკროსქემების) კომპონირება ნაბეჭდ სამონტაჟო ფირფიტაზე და გამოითვლება ფირფიტის მინიმალური დასაშვები გაბარიტული ზომები (ნახ.4).



ნახ.3

სამონტაჟო ფირფიტის გაბარიტული ზომების გამოთვლა

მიკროსქემის გაბარიტული ზომები, მ  
 $l_{mx}$  0.0195  $l_{my}$  0.0145

მიკროსქემების რაოდენობა  
 $n$  5

ჩაწერეთ გამომყვანების რაოდენობა თანმიმდევრობით მიკროსქემებისათვის № 5

მიკროსქემის დაყენების ბიჯი, მ  
 $t_x$  0.025  $t_y$  0.0175

მიკროსქემების რაოდენობა რიგში  
 $n_x$  3  $n_y$  2

ჩაწერეთ დასაყენებელი მინდვრების ზომები, მ

გვერდითი მინდვრები  
 $x_1$  0.01  $x_2$  0.005

გასართების დასაყენებელი მინდვრები  
 $Y_1$  0.02  $Y_2$  0.015

სამონტაჟო ფირფიტის გაბარიტული ზომები, მ  
 $l_x$  0.0455  $l_y$  0.038

გამოთვლა

გაგრძელება

გადატვირთვა გამოსვლა

ნახ.4

მე-5 ნახაზზე ნაჩვენებია პროგრამის საბოლოო ფანჯარა, რომელზეც გამოტანილია გამოთვლის შედეგი (მოცემულ შემთხვევაში „გაფრთხილება“).

ხელსაწყო თბური რეჟიმის გამოთვლა

ჩაწერეთ გარემოს ტემპერატურა  $t, ^\circ\text{C}$  20

ჩაწერეთ სამონტაჟო ფირფიტების რაოდენობა  $N=6$

ჩაწერეთ თანმიმდევრობით გაბნეული სიმძლავრე სამონტაჟო ფირფიტებისათვის, P, ვტ № 6

სამონტაჟო ფირფიტის გაბარიტული ზომები, მ  
 $l_x$  0.0455  $l_y$  0.038

კორპუსის გაბარიტული ზომები, მ  
 $L_x$  0.0655  $L_y$  0.058  $L_z$  0.1

ჩაწერეთ ფირფიტის სისქე (ელემენტებიანად)  $d, \text{მ}$  0.01

ჩაწერეთ მანძილი ფირფიტებს შორის  $b, \text{მ}$  0.005

გაფრთხილება

თბური რეჟიმი დარღვეულია

გაფრთხილება

გარეული ზონის შიგა ფართობი რომელშიც მოძრაობს ჰაერი  $S_1 = 0.017 \text{ მ}^2$

გარეული ზონის გარე ზედაპირის ფართობი  $S_2 = 0.013 \text{ მ}^2$

გარეული ზონის გამომსხვიარი ზედაპირის ფართობი  $S_3 = 0.018 \text{ მ}^2$

კორპუსის ფართობი  $S_4 = 0.032 \text{ მ}^2$

კორპუსის საშუალო ტემპერატურა  $t_1 = 205.77 \text{ }^\circ\text{C}$

გარეული ზონის საშუალო ტემპერატურა  $t_2 = 479.892 \text{ }^\circ\text{C}$

ჰაერის საშუალო ტემპერატურა  $t_3 = 458.417 \text{ }^\circ\text{C}$

გადატვირთვა გამოსვლა

ნახ.5

### 3. დასკვნა

თუ გამოთვლილი ტემპერატურა არ აღემატება ფირფიტაზე დამაგრებული ელემენტების ზღვრულ მუშა ტემპერატურას, კეთდება დასკვნა ჩვენ მიერ არჩეული თბური მოდელის სისწორის შესახებ. უნდა გავითვალისწინოთ, რომ ჩარჩო, რომელზეც მაგრდება სამონტაჟო ფირფიტა, წაიღებს სითბოს ნაწილს. შესაბამისად მუშაობის პროცესში გადახურება არ მოხდება და გაგრილების დამატებითი სისტემის დამონტაჟება აღარაა საჭირო. წინააღმდეგ შემთხვევაში საჭირო გახდება გაგრილების რომელიმე მეთოდის გამოყენება [4].

პროგრამის შექმნის დროს გათვალისწინებული იყო მიკროსქემების მუშაობის თბური დიაპაზონები. მიკროსქემების მარკირების დროს სტანდარტის მიხედვით მითითებული უნდა იყოს ელექტრონული კომპონენტების მუშა ტემპერატურის დიაპაზონი. ტემპერატურული დიაპაზონების ძირითადი ჯგუფები მოყვანილია 1-ელ ცხრილში [6].

ცხრ.1

ჯგუფის აღნიშვნა	A	B	C	D	E	F	G
ტემპერატურული დიაპაზონი	არ არის ნორმირებული	0...+70°C	-55...+125°C	-25...+70°C	-20...+85°C	-40...+85°C	-55...+85°C

### ლიტერატურა - Referenses – Литература:

1. ბალიაშვილი მ. (2013). საზომ მოწყობილობათა კონსტრუირება. სტუ, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ.
2. ბალიაშვილი მ., აზმაიფარაშვილი ზ. (2015). ავტომატიზებული დაპროექტების სისტემები NI Multisim და NI Ultiboard. სტუ, საგამომცემლო სახლი „ტექნიკური უნივერსიტეტი“, თბ.
3. Шука А.А. (2008). Электроника. СПб.: БХВ –петербург. Учебная литература для вузов.
4. ГОСТ 23751-86. Платы печатные. Основные параметры конструкции.
5. Расчет теплового режима. <https://studfiles.net/preview/1649816/>
6. Расчет тепловых режимов приборов. <https://cyberleninka.ru/article/v/raschet-teplovyh-rezhimov-priborov-pitaniya>.

## AUTOMATED CALCULATION OF THE THERMAL MODE

Baliashvili Medea, Arveladze Olga  
Georgian Technical University

### Summary

The article concerns creation of the program for calculation of the thermal mode in the device case. The program is written in the C# programming language. The program consists of two conditional parts: calculation of the minimum overall dimensions of the printed circuit board and calculation of average temperature of printed circuit boards, depending on quantity of the mounting boards, located in a instrument case. On the obtained data the designer makes the decision what type of the cooling system has to be chosen for establishment of the normal thermal mode, or about need of introduction of the compulsory cooling system (application of a so-called cooler). The program executes the simplified calculations. In particular, for a case, when the chips located on a mounting board have the casing of identical type. The program has educational character and is intended for the students studying the subject "Designing of Measuring Instruments", however, professionals, can apply to the solution of specific objectives in the field of heat exchange.

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА

Балиашвили М., Арвеладзе О.  
Грузинский Технический Университет

### Резюме

Рассматривается вопрос создания компьютерной программы для расчета теплового режима внутри корпуса прибора. Программа написана на языке программирования C#. Она состоит из двух условных частей: расчет минимальных габаритных размеров печатной платы и расчета средней температуры печатных плат в зависимости от количества расположенных внутри корпуса прибора монтажных плат. По полученным данным конструктор принимает решение, какой тип системы охлаждения должна быть выбрана для установления нормального теплового режима, или о необходимости введения принудительной системы охлаждения (применения т.н. кулера). Программа выполняет упрощенные расчеты. В частности, для случая, когда микросхемы расположенные на монтажной плате имеют корпус одинакового типа. Программа имеет учебный характер и предназначена для студентов изучающих предмет «Конструирование средств измерений», однако, могут применить профессионалы, для решения конкретных задач в области теплообмена.