

Comprehensive Performance Evaluation of Electronic Device Radiator

Ranran Sheng, Junjie Zhou*, Xueli Li

School of Chemical Engineering and Energy, Zhengzhou University, Zhengzhou Henan
Email: *srreasy@163.com

Received: Aug. 17th, 2016; accepted: Sep. 6th, 2016; published: Sep. 9th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

In this paper, the comprehensive performance of fin radiator is studied by the theory of fuzzy mathematics. The model is built with the help of MATLAB fuzzy toolbox, which has the following features: when the heat transfer coefficient, thermal resistance and pressure drop of the radiator are known, the comprehensive performance level of it can be obtained. The results elucidate that the discrete performance is better than that of the integrated and in this example, the best overall performance of the radiator is four of the subsection numbers. This research has certain directive significance to the comprehensive performance evaluation and selection of radiator.

Keywords

Radiator, Fuzzy Mathematics Theory, Comprehensive Performance, MATLAB

电子器件散热器综合性能评估

绳冉冉, 周俊杰*, 李雪丽

郑州大学化工与能源学院, 河南 郑州
Email: *srreasy@163.com

收稿日期: 2016年8月17日; 录用日期: 2016年9月6日; 发布日期: 2016年9月9日

*通讯作者。

摘要

本文运用模糊数学理论对翅片散热器的综合性能进行了探讨研究,使用MATLAB模糊工具箱对系统建立模型,模型实现当给出散热器的换热系数、热阻和压降值时,可以具体得到散热器的综合性能等级。结合具体实例,最后评判得出:分段翅片散热器的综合性能均优于平直翅片散热器的综合性能,本例中分段数为4的散热器综合性能最好。本研究对散热器综合性能的评判及选型具有一定的指导意义。

关键词

散热器, 模糊数学理论, 综合性能, MATLAB

1. 引言

电子元件的温控一直是影响电子产业发展的重要因素之一,散热器作为将电子器件在工作过程中产生的热量及时转移的装置,在电子器件热管理中具有重要的作用。面对型号众多的散热器,如何根据工艺要求评选出最佳的散热器,是设计者们经常遇到的问题。评价散热器需考虑的因素很多,如各种散热器的价格、压降、传热系数、生产和维修费用等。如果对这些因素进行综合评价,往往相当困难。因此,对散热器的综合性能评价方法进行研究具有重要的意义。

多数学者[1]-[4]以电子器件的结温作为散热器散热性能好坏评判的标准。然而仅考虑散热性能而忽略功率消耗的评价方法在工程应用中并不经济实用。因此,部分学者将散热和功率消耗同时作为散热器性能评价的指标。聂春晖[5]计算并拟合得到散热量、风压损失与进风风速的关联式,根据仿真和计算结果选出综合性能最佳的散热器结构。刘瑞[6]综合考虑散热器上散热量和空气压力降,定义无量纲品质因数作为散热器综合性能评价的标准。Chi-Chuan Wang [7]将散热器内部的传热因子和摩擦因子作为性能评价指标。郭春生[8]、冯辉君[9]等人则基于火积耗散理论对散热肋片的性能进行评判。上述方法兼顾了散热性能及功率消耗两个方面的因素,对散热器综合性能的评价较为精确,但是该方法理论计算比较复杂。模糊综合评价法在一定程度上能检查和减少认同的主观影响,能够较为快速、全面地对研究对象的综合性能进行评判。顾念祖[10]利用模糊综合评判原理对换热器进行综合评价。赵宇[11][12]运用模糊数学理论对在役热管换热器的可靠性评估技术进行了探讨研究。而基于模糊综合评判法对散热器的综合性能进行评判的研究并不多,因此本文在对某型号电子器件散热器进行数值模拟的基础上,通过模糊综合评判方法,从满足工程实际应用的要求出发,对其综合性能进行评判,为散热器选型提供理论指导。

2. 散热器综合性能模糊综合评价模型

模糊综合评价,即对多种因素所影响的事物和现象,根据给出的评价标准和实测值,经过模糊变换对其作出总评价的一种方法。本文采用模糊综合评价法对散热器的综合性能进行评判。

2.1. 建立因素集

当通过散热器的介质流速较高时,气流的扰动作用增强,散热器的热阻减小,换热系数增大,散热能力增强。另一方面,介质流速增大,会导致压降升高,进而增加功率消耗。由此可见,散热器的散热能力和功率消耗是两个相互矛盾的评价指标,散热能力提升有可能导致散热器消耗的功率增大,不利于节能,然而散热器消耗功率的降低势必会减弱其散热能力,进而导致散热器的可靠性降低。因此,在

散热器综合性能评价中, 选取分别能够反映散热器散热能力及消耗功率的因素——换热系数、热阻和压降为评价因素。

评价判断集元素是评价等级, 本研究将散热器综合性能分为很好、较好、一般、较差四个等级, 则评价判断集元素为很好、较好、一般、较差。

2.2. 隶属度函数的建立

隶属函数是精确量和模糊量转化的桥梁, 常见的隶属函数的类型有 Z 形、反 Z 形、三角形、S 形、梯形、钟形、高斯形等。输入变量(换热系数、热阻和压降)的隶属度函数都选用梯形, 输出变量(散热器综合性能)的函数选用高斯型。表达式如下公式(1)、(2)所示。

梯形隶属函数: 该函数有四个特征参数 a 、 b 、 c 、 d , 数学形式如下:

$$mf(x) = \begin{cases} 0 & x \leq a \\ \frac{x-a}{b-a} & a < x \leq b \\ 1 & b < x \leq c \\ \frac{d-x}{d-c} & c < x \leq d \end{cases} \quad (1)$$

Gauss 型隶属函数: 该函数有两个特征参数 sig 、 c , 数学形式如下:

$$mf(x) = \exp\left[-\frac{(x-c)^2}{2\text{sig}^2}\right] \quad (2)$$

2.3. 模糊规则的建立

在模糊系统中, 模糊推理或评价是通过 if... then... 规则实现的, if 后面紧跟的是前件(前提条件), then 后面是后件(结论)。

本研究考虑散热器的换热系数、热阻和压降等因素对综合性能进行评价。本例即判断换热系数、热阻和压降隶属于很好、较好、一般、较差的程度。

结合影响散热器综合性能相关因素, 所确定的模糊规则如下:

(a) If 换热系数很好(较好、一般、较差) and 热阻很好(较好、一般、较差) and 压降很好(较好、一般、较差) then 综合性能很好(较好、一般、较差)。

(b) If 换热系数很好(较差) then 综合性能较好(较差)。

(c) If 压降很好(较差) then 综合性能较好(较差)。

3. 系统建模与仿真

利用 MATLAB 模糊工具箱对系统建立模型主要包括: 确定模糊系统结构、输入输出变量的模糊化、模糊推理决策算法设计、对输出模糊量的解模糊等步骤。

(1) 确定模糊系统结构: 换热系数、热阻和压降为系统输入, 综合性能为系统输出。所建立的模糊系统结构如图 1 所示。

(2) 输入输出变量的模糊化: 即把输入输出的精确量转化为对应语言变量的模糊集合, 也即选择隶属度函数。输入、输出变量的分级标准如表 1 所示。

(3) 模糊推理决策算法设计: 即根据模糊规则进行模糊推理, 并决策出模糊输出量。本例中模糊规则见 2.3 中模糊规则的建立, 6 条规则依次加入。

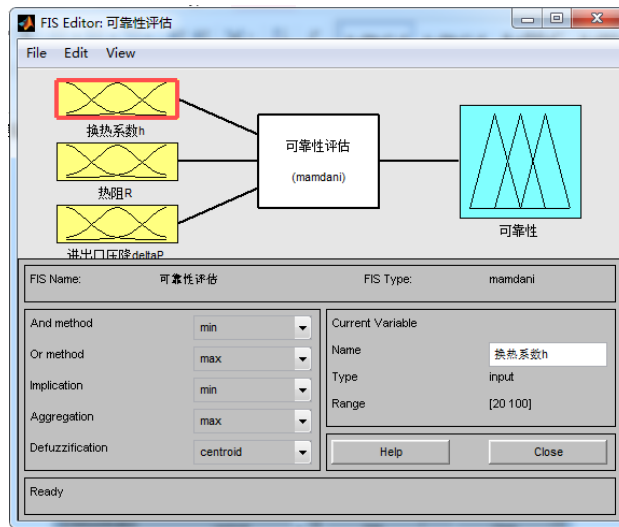


Figure 1. Fuzzy system structure
图 1. 模糊系统结构图

(4) 对输出模糊量的解模糊：模糊系统的输出量是一个模糊集合，通过反模糊化方法判决出一个确切的精确量，反模糊化方法很多，本文选取重心法。运行结束后，可得结果如图 2 所示。

(5) 不同分段翅片散热器综合性能比较：通过有限元分析软件 COMSOL Multiphysics 计算得到当风速为 3 m/s 时，某型号电子器件不同分段翅片散热器的基本性能参数如表 2 所示。

将步骤(1)~(4)所建立的系统保存到磁盘中，修改时可以用 fuzzy ('散热器综合性能评价.fis')的格式调出。如果要使用上述系统对实际调查数据进行评价，则需要调用相关函数文件，形式如下：

```
>> Fis=readfis('散热器综合性能评价.fis');
>> MonitorData=[65.8771 0.1116 10.1173];
>> PJ=evalfis(MonitorData,Fis)
```

运行后得到 PJ = 0.4，可见散热器综合性能为一般。同样，针对表 2 中不同的散热器性能数据(每一行表示一个检测样本)：

能数据(每一行表示一个检测样本)：

```
MonitorData=[ 65.8771  0.1116  10.1173
              66.1213  0.3353  13.7519
              67.1236  0.3413  12.4141
              68.1334  0.4001  13.3149
              67.9523  0.4998  14.5246 ];
```

运行结果为

```
PJ =
    0.4  一般
    0.4  一般
    0.5  较好
    0.6  较好
    0.5  较好
```

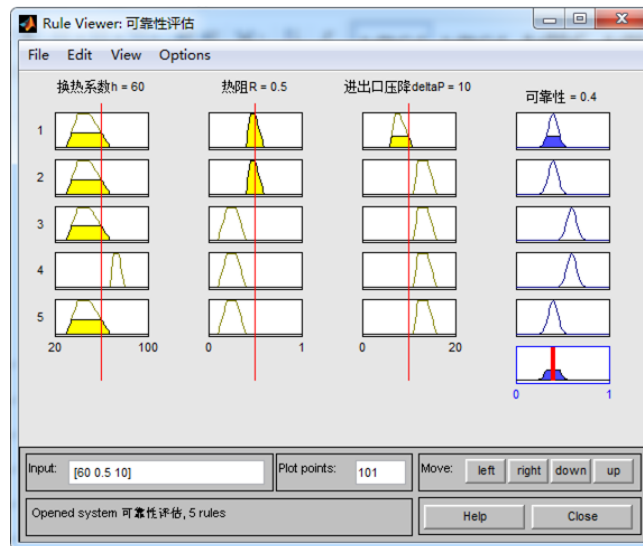


Figure 2. Fuzzy rule browser
图 2. 模糊规则浏览器

Table 1. The classification standards of CPU radiator comprehensive performance
表 1. CPU 散热器综合性能评价分级标准

评价因素	很好	较好	一般	较差
换热系数	70	68	66	64
热阻	0.05	0.2	0.35	0.5
压降	10	12	14	16
综合性能	1.0	0.7	0.4	0.2

Table 2. The related data of simulation calculation under different structures
表 2. 不同结构下模拟计算的相关数据

	换热系数 h ($\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$)	热阻 R ($\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$)	进出口压降 ΔP (Pa)
平直翅片	65.8771	0.1116	10.1173
分段数为 2	66.1213	0.3353	13.7519
分段数为 3	67.1236	0.3413	12.4141
分段数为 4	68.1334	0.4001	13.3149
分段数为 5	67.9523	0.4998	14.5246

由上述结果可以看出，分段翅片散热器的综合性能均优于平直翅片的，说明对翅片进行分段处理能够提高散热器的综合性能。并且当分段数较少时，并不能快速提高散热器的可靠性，但当分段数超过一定值时，继续增大分段数，散热器的综合性能反而会降低。对于本例，分段数为 4 散热器的综合性能最好。

4. 结论

本研究利用 MATLAB 模糊工具箱建立了电子器件散热器综合性能评价模型，对五种散热器的综合性能进行了评价，主要结论如下：

- (1) 本模型在已知散热器换热系数、热阻和压降的条件下，可以评估出其综合性能。

- (2) 分段翅片散热器的综合性能均优于平直翅片的综合性能。
- (3) 本研究中分段数为 4 的散热器综合性能最好。

基金项目

国家自然科学基金项目(51276173)。

参考文献 (References)

- [1] Horiuchi, M., Yamagata, Y., *et al.* (2015) Development of Junction Temperature Estimation System for Light-Emitting LED Using Pulsed-Laser Raman Scattering. *Journal of Solid State Lighting*, **2**, 1-7.
<http://dx.doi.org/10.1186/s40539-015-0026-9>
- [2] 孔亚楠. 大功率 LED 结温预测模型的研究[D]: [硕士学位论文]. 河北: 燕山大学, 2015.
- [3] Fu, X., Hu, R. and Luo, X.B. (2014) An Engineering Method to Estimate the Junction Temperatures of Light-Emitting Diodes in Multiple LED Application. *Journal of the Korean Physical Society*, **65**, 176-184.
<http://dx.doi.org/10.3938/jkps.65.176>
- [4] 陈全. 大功率 LED 结温测试及其在封装热管理中的应用研究[D]: [博士学位论文]. 武汉: 华中科技大学, 2012.
- [5] 聂春晖. 工程车辆散热器散热机理及选型方法研究[D]: [硕士学位论文]. 重庆: 重庆交通大学, 2014.
- [6] 刘瑞. 板翅式、叉排式散热器综合性能分析及实验研究[D]: [硕士学位论文]. 天津: 天津科技大学, 2006.
- [7] Wang, C.-C. and Chi, K.-Y. (2000) Heat Transfer and Friction Characteristics of Plain Fin-and-Tube Heat Exchangers, Part I: New Experimental Data. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **43**, 2681-2691.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310\(99\)00332-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0017-9310(99)00332-4)
- [8] 郭春生, 程林, 杜文静. 换热器新评价标准——火积耗散均匀性系数[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2012, 44(3): 144-148.
- [9] 冯辉君, 陈林根, 孙丰瑞. 基于火积耗散率最小的叶形肋片构形优化[J]. 中国科学, 2012, 42(4): 456-466.
- [10] 顾念祖, 张子馨. 模糊综合评判在选择换热器中的应用[J]. 化学工程, 1990, 18(2): 70-73.
- [11] 赵宇, 张红. 模糊综合评判在热管换热器可靠性评估中的应用[J]. 石油和化工设备, 2006, 9(3): 13-15.
- [12] 赵宇. 热管换热器可靠性模糊综合评判研究[J]. 能源研究与利用, 2006(3): 36-38.

期刊投稿者将享受如下服务:

- 1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
- 2. 为您匹配最合适的期刊
- 3. 24 小时以内解答您的所有疑问
- 4. 友好的在线投稿界面
- 5. 专业的同行评审
- 6. 知网检索
- 7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>