

文章编号:1001-893X(2011)05-0119-04

基于新型脉宽调制技术的温控系统的热设计^{*}

靳含飞

(中国电子科技集团公司第五十四研究所,石家庄 050081)

摘 要:针对测试设备既需要精度高又要求移动测试的需求,提出了一种基于新型脉宽调制技术的温控系统方案。以某测试设备机箱为例,首先介绍了温控系统的工作原理,然后用热分析软件对系统进行仿真分析,计算了在不同环境温度及风扇风量条件下各模块的温度,对仿真结果进行分析并采取了改进措施,工程应用证明了该温控系统方案是可行的。

关键词:航天测控;测试设备;温控系统;脉宽调制;热设计

中图分类号:V46 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-893x.2011.05.025

Thermal Design for a Novel PWM Temperature Control System

JIN Han-fei

(The 54th Research Institute of China Electronics Technology Group Corporation, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: A novel PWM(Pulse Width Modulation) temperature control system solution is proposed to meet the requirements of test equipment for both high precision and mobile test. Taking a test equipment cabinet as example, the operation principle of the temperature control system is introduced, then, simulation analysis of the system is made with thermal analysis software, each module temperature is calculated under different temperature and fan air volume conditions, the simulation analysis result is analysed and improvement measures are adopted. The feasibility of the temperature control system solution is verified in engineering application.

Key words: space TT&C; test equipment; temperature control system; PWM; thermal design

1 引 言

航天测控系统中,需要用高精度测试设备对不同场站中的测控装备进行标校测试,这要求测试设备体积小、重量轻,能够快速搬移。在不同地区及不同季节,各场站所处的环境温度也各不相同,而测试设备内部模块的性能是受温度变化影响的,即存在温度漂移现象。高精度恒温机箱可以解决测试设备内部温度稳定性问题^[1],但是恒温机箱体积大、重量重,不适合用在移动测试设备上。这就要求研制新型温控系统,既要解决测试设备内部模块温度稳定性问题,又要满足移动测试要求。

2 设计方案

2.1 设备介绍

某工程测试设备外形尺寸为483 mm × 480 mm × 177 mm,热耗散为180 W,使用环境温度在10℃ ~ 30℃之间。由于测试精度较高,要求机箱内部主要模块的温度变化不能超过3℃,以免产生温度漂移影响测试精度,并且测试设备需要移动测试,要求测试设备体积小、重量轻,便于搬移。

2.2 温控设备原理

普通的恒温机箱一般都有一个密闭的恒温舱,外围是复杂的温控系统,包括散热与加热装置,通常

^{*} 收稿日期:2011-03-22;修回日期:2011-04-06

都很笨重。由于测试设备体积重量受限,不能采用恒温机箱控制温度。分析机箱散热问题可知,当机箱的发热量为固定值时,在同样的环境温度下,机箱散热风扇的风量越大,机箱内部的温度就越低^[2]。如果风扇转速是可以调节的,那么机箱内的温度也是可以调节的,所以可以考虑一种新的温度控制方法,即根据机箱内温度的变化,调节风扇的风量来控制机箱温度。

现在成熟的调速风扇有脉宽调制(PWM)调速风扇,采用这种设计的风扇最低转速可以只有最大转速的十分之一,并且是无级变速。如图 1 所示, PWM 信号是一种具有固定周期(T)、占空比(τ)可调的数字信号。通过使用高分辨率计数器,方波的占空比被调制用来对一个具体模拟信号的电平进行编码。PWM 信号是数字式的,在给定的任何时刻,满幅值的直流供电要么完全有(ON),要么完全无(OFF);电压或电流源是以一种通(ON)或断(OFF)的重复脉冲序列被加到模拟负载上去:通的时候,直流供电被加到负载上;断的时候,供电就会被断开。占空比是指在一串脉冲序列中(如方波)正脉冲的持续时间与脉冲总周期的比值,或在一段连续工作时间内脉冲占用的时间与总时间的比值。例如:脉冲宽度 $\tau = 1\ \mu\text{s}$, 信号周期 $T = 4\ \mu\text{s}$, 则脉冲序列占空比为 0.25;或者连续工作时间 4 ms, 脉冲电流的存在时间为 3 ms, 则此段时间内脉冲电流占空比为 0.75。风扇的转速调整就是通过控制 PWM 信号的占空比来改变平均电压,达到改变电机转速的目的^[3]。

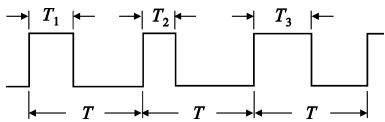


图 1 PWM 信号
Fig. 1 PWM signal

温控系统包括温度传感器、转速控制器和风扇三部分。一个典型的温度控制流程如下:温度传感器负责监视机箱的温度,如果发现温度升高就通知转速控制器,转速控制器提高风扇电压的 PWM 信号占空比使风扇转速增加,增大机箱的进气量以使机箱温度降低;如果发现温度降低,转速控制器降低风扇电压的 PWM 信号占空比使风扇转速降低,减

小机箱的进气量以使机箱温度升高。

设计的测试设备机箱模型如图 2 所示,机箱两侧有进气口,后面板安装两个 PWM 调速风扇。设备模块之间留有间隙作为风道,冷却空气从进气口进入机箱,通过各模块的间隙,最后通过风扇抽出机箱。

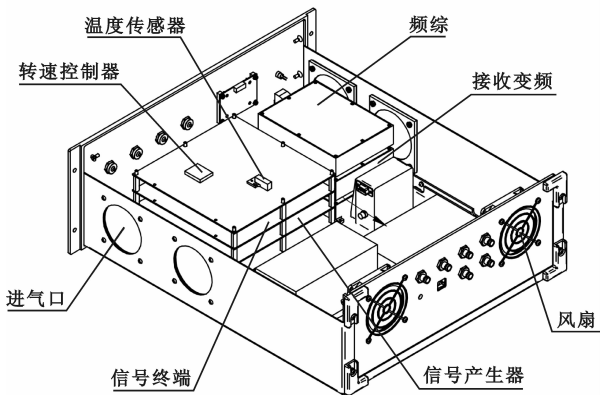


图 2 测试设备模型
Fig. 2 Test equipment model

这种新型的温控系统是否合理可行,可以通过计算机仿真来验证。如果在测试环境温度即 $10\ ^\circ\text{C} \sim 30\ ^\circ\text{C}$ 之间任何一个温度值时,通过调节风扇的风量,总能使机箱内各模块的温度保持在一定工作温度附近,那么就可以证明这种方案合理可行。

3 仿真分析

3.1 建模仿真

测试设备机箱内性能受温度影响的模块为频综、接收变频、接收终端和信号产生器。理论上,测试机箱内部各模块在温控系统控制下应该有一个理想的最佳工作温度,这个最佳工作温度应该是温控系统在很宽的温度范围内能够保证各模块维持在这个温度点而风扇所耗的能量又是最低的。在仿真计算前,这个最佳温度是无法确定的,只能通过将温度、风量分成比较细的档位计算,最后比较不同的结果才能够确定。将温度从 $10\ ^\circ\text{C} \sim 30\ ^\circ\text{C}$ 分为 3 档,将风量从 $10 \sim 50\ \text{CFM}$ 分为 20 档,利用热分析软件 IcePak 对不同环境温度及风扇风量的设备状况进行仿真计算,记录频综、接收变频、接收终端和信号产生器等模块的温度,结果如表 1 所示^[4,5]。

表 1 不同条件下模块温度					
Table 1 Module temperature under different conditions					
温度 /℃	风量 /CFM	稳定后各模块的温度/℃			
		频综	接收 变频	接收 终端	信号 产生器
10	30	29.78	28.81	32.65	21.01
	20	34.48	33.96	38.78	25.03
	10	45.11	45.81	54.88	34.63
20	30	39.78	38.81	42.65	31.01
	20	44.48	43.96	48.78	35.04
	18	45.69	45.42	50.96	36.17
30	50	45.71	44.25	48.08	37.69
	40	47.25	45.99	49.73	38.90
	30	49.78	48.81	52.65	41.01

3.2 改进措施

机箱内部的风道设计以及发热模块的功率大小是决定机箱的温控系统能否使机箱在很宽的温度范围内保持稳定温度的关键因素。发热模块的功率是固定的,所以机箱的风道设计是温控系统能否成功的关键。

从仿真结果可以看到,在同一环境温度下,风扇的风量越大,测试机箱内部模块的温度就越低;在同样的风量下,环境温度越高,测试机箱内部模块的温度就越高。我们的目的就是要找到在不同的环境温度及不同的风量下各模块的温度是否有比较接近的。分别比较环境温度为 10℃、20℃、30℃以及风量为10 CMF、18 CFM、50 CFM 3 种情况可以看出,频综、接收变频两个模块的温度相差不超过 2℃,而接收终端、信号产生器两个模块的温度相差超过 3℃。

对于接收终端,比较上述 3 组测试结果发现在不同温度下,风量越小,其温度越高,原因是由于风道气流速度慢,不能使其有效降温,而模块周围环境温度也随之升高,对这种情况可以采取加宽风道的措施来改善。而对于信号产生器则刚好相反,在不同温度下风量越小,其温度越低,原因是由于风道气流速度快,温度降低较快,可以采取变窄风道的措施来改善^[6]。将接收终端与其余模块之间的间距加大 2 mm,将信号产生器与其余模块之间的距离减小 1.5 mm,改进风道后的仿真结果见表 2。

表 2 风道改进后模块温度					
Table 2 Module temperature after air duct is improved					
温度/℃	风量 /CFM	稳定后各模块的温度/℃			
		频综	接收 变频	接收 终端	信号 产生器
10	10	44.94	45.14	50.71	40.71
20	18	46.09	45.61	49.11	40.81
30	50	46.73	44.79	50.03	40.35

风道局部改进后,各模块的温度变化都控制在 2℃之内,完全满足测试设备内部各模块对温度变化的要求。将上述 3 组各模块测试值取平均值为各模块的工作温度,当环境温度在 10℃ ~ 30℃变化时,通过改变风扇的风量,总能使各模块的温度控制在工作温度附近。

3.3 工程验证

按上面温控系统设计方案进行结构设计加工,并编写温度控制器程序,在 10℃ ~ 30℃对样机设备进行温度测试,记录结果如表 3。

表 3 样机模块温度				
Table 3 Module temperature of prototype				
温度/℃	稳定后各模块的温度/℃			
	频综	接收 变频	接收 终端	信号 产生器
10	47.4	47.1	51.6	41.6
20	47.9	47.3	51.0	41.8
30	48.2	46.6	50.2	41.5

不管外界环境温度如何快速变化,在温控系统调控下的测试设备内的主要模块温度始终保持稳定,温度相差不到 1℃。在以后工程应用中,温控系统运行良好,保证了测试设备的正常运行。

4 结束语

计算机仿真分析及工程应用证明这种基于 PWM 信号的温控系统是可行的,其结构简单,体积小、重量轻,成本低廉,对靠风扇降温的设备稍加改进即可实现温度控制,有着恒温机箱不可比拟的优势,值得在移动测试设备中推广。当然,这种温控系统只能工作在特定环境条件下(10℃ ~ 30℃范围内),如果超出了温控系统的工作范围,则需要增加辅助的升温或降温措施,这将是新型温控系统需要进一步研究的内容。

参考文献:

[1] 余勇,万德钧.一种用于机电设备的高精度温控系统[J].制造业自动化,1999,21(5):44-46.
YU Yong, WAN De-jun. A High-precision Mechanical And Electrical Equipment For Temperature Control System [J]. Manufacturing Automation, 1999, 21(5): 44-46. (in Chinese)

[2] 戴锅生.传热学[M].北京:高等教育出版社,1999:2-8.
DAI Guo-sheng Thermal Design [M]. Beijing: Higher Education Press, 1999: 2-8. (in Chinese)

[3] 岳东海,颜鹏.直流电机 PWM 无级调速控制系统设计[J].价值工程,2010(3):135-136.
YU Dong-hai, YAN peng. Design of DC-Motor PWM Stepless Speed Control System [J]. Value Engineering, 2010 (3): 135-136. (in Chinese)

[4] 王丽.大功率电子设备结构热设计研究[J].无线电工程,2009,39(1):61-64.
WANG Li. Research on Thermal Design of High-power

Electronic Equipment[J]. Radio Engineering, 2009, 39(1): 61-64. (in Chinese)

[5] 牛增智. 舰载高频分系统的热设计[J]. 无线电工程, 2009, 39(7): 59-61.
NIU Zeng-zhi. Design of Radiation for Shipboard HF System [J]. Radio Engineering, 2009, 39(7): 59-61. (in Chinese)

[6] 孙一坚. 简明通风设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997: 5-7.
SUN Yi-jian. Simple Ventilation Design Manual [M]. Beijing: China Building Industry Press, 1997: 5-7. (in Chinese)

作者简介:

靳含飞(1978—),男,河北保定人,2001 年于华北工学院获学士学位,现为工程师,主要研究方向为电子设备结构设计。
JIN Han-fei was born in Baoding, Hebei Province, in 1978. He received the B.S. degree from North China Institute of Technology in 2001. He is now an engineer. His research concerns structural design of electronic equipment.
Email: jinhanfei@sina.com

诚聘审稿专家启事

为了进一步加大审稿力度,充实审稿专家数据库,提高办刊质量,本刊常年面向社会诚聘电子信息领域的专家、学者担任本刊的审稿专家。审稿专家将享有如下权利:

- (1)向本刊投稿通过评审后优先安排发表,并免收审稿费和版面费;
- (2)向本刊推荐稿件通过评审后优先安排发表,并酌情减免版面费;
- (3)获得每期免费赠阅的《电讯技术》及本刊编辑部编辑出版的《电讯技术动态》(月刊,内部交流,全彩色铜版纸印刷);
- (4)获得按最高标准支付的审稿费;
- (5)参加本刊举办的学术活动。

如果您有意应邀加入到本刊的审稿专家行列,敬请填写附表(可向编辑部索要电子版或在本刊网站 www.teleonline.cn 下载)后通过电子邮件发送到本刊编辑部邮箱。我们承诺为您的个人信息保密,对于您的支持表示衷心感谢。

电 话:028-87555632 传 真:028-87538378 Email:dianxunjishu@china.com

《电讯技术》审稿专家登记表

姓 名		单 位				
基 本 信 息	职务		联 系 方 式	通讯地址	邮 编	
	职称			电 话		
	学历学位			传 真		
	从事专业			Email		
				QQ 号		
个人简介						