

一种半导体温差发电系统

陈允成 吕迎阳 林玉兰 陈 忠

(厦门大学物理系 厦门 361005)

摘要 介绍了一种新型的半导体温差发电模块,对其性能进行了一些研究,并在此基础上构建了一套小型发电系统,可利用煤灶、篝火等发电、储电从而用以照明等。其中考察了发电模块的不同串并组合矩阵的输出功率,设计了为蓄电池充电的稳压充电电路,并使设计的模块矩阵与蓄电池稳压充电电路匹配,使其输出功率达到最大。

关键词 半导体温差发电模块 稳压电路 蓄电池 充电电路

A Novel Semiconductor Thermoelectric Generator

Chen Yuncheng Lv Yingyang Lin Yulan Chen Zhong

(Department of Physics, Xiamen University, Xiamen 361005, China)

Abstract A novel STM (semiconductor thermoelectric module) is introduced, and its performances are discussed. Then a generator system is designed based on this STM, which can utilize coal stove or needfire to generate electricity. The matrix which is formed by several pieces of STM is investigated. At last, a regulator circuit for charging a 12V storage battery is designed, which can match the STM matrix.

Key words Semiconductor thermoelectric module Regulator circuit Storage battery Charged circuit

1 引 言

半导体温度发电器模块(Semiconductor Thermoelectric Module)是一种利用温差直接将热能转化为电能的全固态能量转化发电装置,它无需化学反应且无机械移动部分,因而具有无噪音、无污染、无磨损、重量轻、使用寿命长等种种优点,被广泛地用于工业余热、废热的回收利用、航天辅助电力系统等。随着能源的短缺及人们不断提高的环境保护意识,特别是全球气候变暖问题,半导体温差发电技术以其各种优点越来越引起人们的关注。

半导体温差发电模块是根据塞贝克效应^[1]制成的,即把两种半导体的接合端置于高温,处于低温环境的另一端就可得到电动势 E :

$$E = \alpha \Delta T = \alpha (T_2 - T_1) \quad (1)$$

式中: α 为塞贝克系数,其单位为 V/K 或 $\mu V/K$ 。塞贝克系数 α 是由材料本身的电子能带结构决定的。

我们采用的半导体温差发电模块外形尺寸为 $35\text{mm} \times 35\text{mm} \times 5\text{mm}$, 共有 126 对 PN 结,具有一定的

耐高温特性(热端稳定工作温度可达 250°C , 最高短时冲击温度 380°C), 热电转化效率为 4.7%。

我们测得其开路电压与温差之间的关系见图 1。由图 1 可看到温差变化改变 1°C , 相应的产生 0.03V 的开路电压。

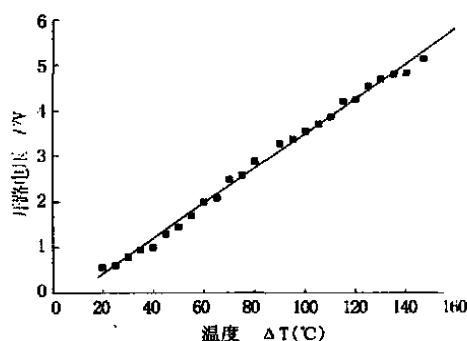


图 1 开路电压 U 与温差 ΔT 之间的关系

2 基于 STM 的发电系统

我国是世界的产煤大国兼农业大国,在广大的农

村地区,人们利用煤灶或煤炉烧煤煮饭、取暖等。在北方农村,煤炉通常是 24 小时持续燃烧。

我们利用上述温差发电模块研制发电系统,以便利用煤灶、炉的热能产生电能给蓄电池充电或直接带动节能灯、低功耗电视等其它负载^[3]。这一发电系统也适用于野外探险时的篝火,从而解决无市电环境下的用电问题。

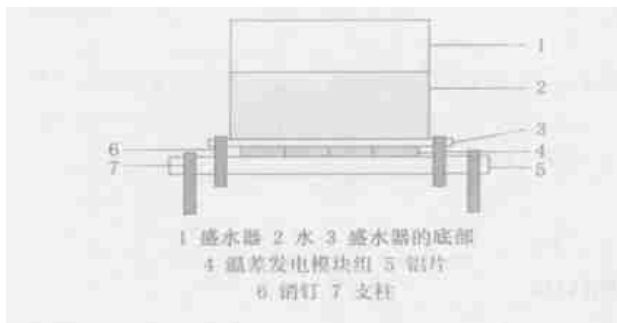


图 2 基于温差发电模块组的盛水器装置示意图

图 2 是我们设计的装置示意图。用底部平整的盛水器,在其底部涂上导热硅脂与温差模块的冷端保持良好的热接触(开水的温度为 100 °C,所以冷端的温度可维持在 120 ~ 130 °C),模块热端向下紧贴在铝片上(也使用导热硅脂)。盛水器与铝片用销钉锁紧以保持温差模块两面与热、冷源的紧密接触。铝片另外有两个支柱用来调节与煤炉或其它热源之间的距离,当热源温度较高时可调大铝片与热源之间的空隙,从而使热端温度不高于 250 °C。

我们采用电炉作为热源,控制热端温度在 235~ 245 °C 之间。开水沸腾后,测得模块的冷端温度在 120~ 130 °C 之间,因而 STM 两端温差最低可维持 105~ 115 °C。

表 1 STM 几种串并矩阵的特性

半导体温差模块片数即连接方式	开路电压(V)	等效匹配负载(Ω)	负载端电压(V)	电流(A)	匹配输出功率(W)
1片(I型)	3.7	7	1.8	0.25	0.45
2片串联(II型)	6.62	16	3.6	0.21	0.756
3片串联(III型)	11.12	20	5.3	0.26	1.378
两组III型并联	10.9	10	4.9	0.45	2.2
三组III型并联	11.1	8	5.2	0.65	3.4

我们利用此装置测量了 STM 几种串并矩阵的参数,见表 1。测量时模块两端温差约为 110 °C。(负载端电压采用内接法)

由表 1 我们可以看出,半导体温差发电模块作为电源,其串并联的情况与其它电源的串并联并无本质区别。

3 设计 STM 串并矩阵与稳压充电电路实现给蓄电池充电

对于一个直流电源,为使电源能输出功率^[4]最大,要求负载阻抗与电源等效内阻匹配,如果电源与负载不匹配,电源利用率就降低。因此为提高 STM 的效率,外接负载也要尽量与 STM 组成的矩阵的等效内阻匹配。

据此,利用上面的装置,我们设计了给 12V /7AH 的蓄电池充电的 STM 串并矩阵及与其匹配的稳压电路和二阶段恒流限压式充电保护电路。整个设计框图见图 3。

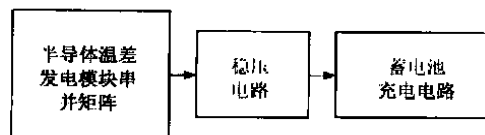


图 3 蓄电池稳压充电电路示意框图

3.1 温差发电模块串并矩阵

根据实验,测量得到稳压电路与充电电路给蓄电池充电时其等效输入内阻为 4~ 12Ω。单片 STM 的等效内阻约为 7~ 8Ω,因而我们采用三组 III 型的并联的半导体温差发电矩阵,其等效内阻在煤炉与热水之间的温差下为 7~ 13Ω,这样整个装置给蓄电池充电的功率基本上与 STM 矩阵匹配,约为 4W。

3.2 稳压电路

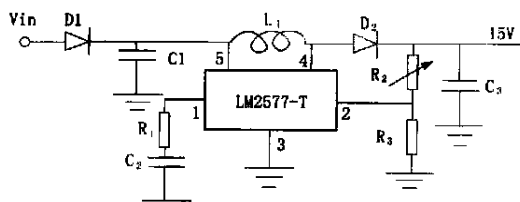


图 4 LM 2577 输出 15V 稳压电路

因为要给蓄电池充电,而我们的 STM 矩阵的输出电压要高于蓄电池的电压,而模块的匹配输出电压为 5V 左右,又根据塞贝克效应,半导体温差发电模块

两端产生的电压不是很稳定,因而我们需要一个升压稳压电路,我们选用了LM 2577-15稳压芯片,这种芯

片输入电压范围为4~12V,输出稳定的15V。电路见图4。

3.3 蓄电池充电保护电路

蓄电池的寿命与日常是否正确地对蓄电池进行充、放电,有着紧密的关系,存在着许多因充电不合理,而使蓄电池过早报废的现象。对蓄电池的充电^[5],有恒流充电,恒压充电,恒流恒压充电,均衡充电等方式。为了充分地保护蓄电池,我们采用二阶段恒流限压式给蓄电池充电(电路见图5),它能实现恒流充电,同时又可保护蓄电池。

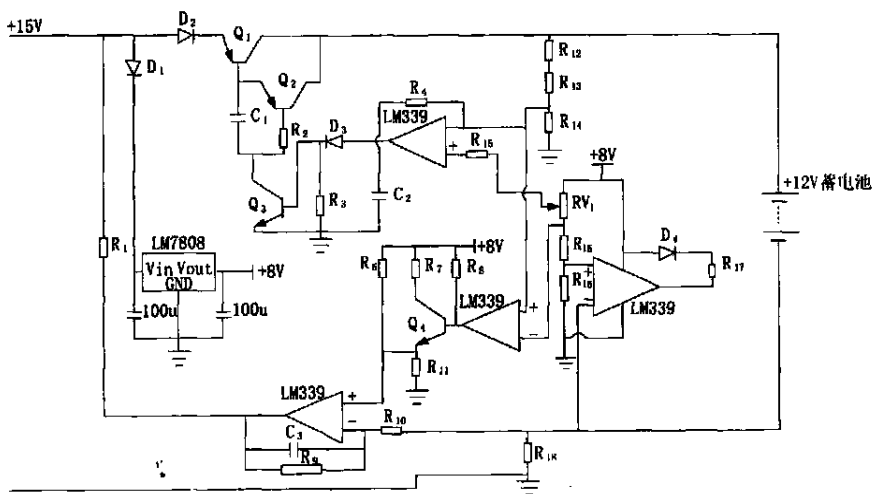


图5 二阶段恒流限压式蓄电池充电保护电路

a 维护充电:当蓄电池电压较低时(我们预设了9V),Q4截止,充电器工作在小电流维护充电状态下。

b 快速充电:当电池电压超过9V时,Q3导通,充电器转入大电流恒流快充模式下。

c 限压浮充:当电池接近满充时,充电器自动转入限压浮充状态,充电电流会由快速充电状态逐渐下降,至电池完全充足电后,充电电流仅为10~30mA,用以补充电池因自放电而损失的电量。另外本电路还设有反极性保护电路。

4 结束语

根据上面的设计,我们用电热炉模拟热源的温度,使热端温度在235~245,冷端在120~130,STM采用三组III型的并联矩阵,得到输出开路电压为11.3V,匹配输出电压为5.2V左右,输出电流约为

0.6A。输出电压经稳压电路后,稳定输出15V给蓄电池充电。

参考文献

- 1 许志建,徐行 塞贝克效应与温差发电 现代物理知识, 2004, 16(1): 41~ 42
- 2 栾伟玲,涂善东 温差电技术的研究进展 科学通报, 2004, 49(11): 1011~ 1019
- 3 Anders Killanders, John C. Bass A stove-top generator for cold areas 15th International Conference on Thermoelectrics, 1996, 390~ 393
- 4 于俊鹏,张建中,康洪波 商用温差电制冷组件用于发电的研究 电源技术, 2003, 27(6): 532~ 535
- 5 曹成茂,马德贵 铅酸蓄电池充电电路设计研究 安徽农业大学学报, 1998, 25(2): 200~ 202