

低级热温差发电器的开发应用研究

翟鸿叶, 龚伟申

(苏州大学文正学院, 江苏苏州, 215000)

摘要: 本文着重通过设计的温差发电机, 进行低级热温差发电的实验研究, 得出了温差发电功率与热源温度、温差之间的关系。

关键词: 低级热; 温差; 发电机; 研究

DOI:10.16589/j.cnki.cn11-3571/tn.2018.23.023

1 概述

温差发电机是一种没有转动部件的固态器件。具有体积小、寿命长、工作时无噪声、无须维护等优点。温差发电机可分为高温温差发电机、中温温差发电机和低温温差发电机三大类。高温温差发电机, 其热面工作温度一般在 700°C 以上, 使用的典型温差电材料是硅锗合金 (SiGe); 中温温差发电机, 其热面工作温度一般在 $400^{\circ}\text{C} \sim 700^{\circ}\text{C}$, 使用的典型温差电材料是碲化铅 (PbTe); 低温温差发电机, 其热面工作温度一般在 400°C 以下, 使用的典型温差电材料是碲化铋 (BiTe)。低级热温差发电机, 将各种形式的低温热能 (包括废热、余热) 直接转换成电能的温差发电机。

2 温差电发电原理

2.1 温差发电原理

将 P 型温差电元件和 N 型温差电元件在热端、冷端分别用金属导体电极连接起来, 此时就会构成一个温差电偶 (也称温差电偶或单体), 在温差发电机工作时, 为了保持冷面与热面之间保持有一定的温差, 需要对不断对热端供热, 对冷端进行排热。温差发电系统原理工作示意图如图 1 所示。

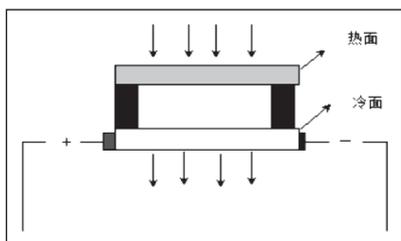


图1 温差发电原理图

2.2 温差电效应

温差电效应是在导体中发生热能和电能间的可逆现象, 根据具体作用原理及表现形式, 一般分为塞贝克效应, 珀尔帖效应和汤姆逊效应; 主要应用于温度测量 (如热电偶), 温差发电 (如同位素发电机), 温差电制冷等方面。

2.2.1 塞贝克效应

在两个不同材料的金属导体 (或者半导体) 相连构成的开路电路里, 如果在 T_a 、 T_b 处形成一定的温差 ΔT , 此时与串联在电路里的电压表可测得回路电动势, 这个电动势被称

作塞贝克温差电动势。如图 2 所示, 导体 1 与导体 2 为不同材料的导体, 连接处分别处于 T_a 、 T_b 。塞贝克电动势计算公式:

$$v = S_{AB} \cdot (T_A - T_B) \quad (1)$$

式中: S_{AB} ——两个金属导体的绝对塞贝克系数 (V/K);

T_A ——热端温度 (K);

T_B ——冷端温度 (K)。

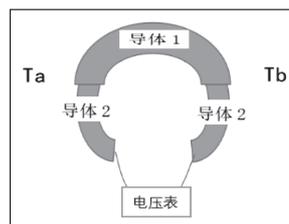


图2 塞贝克效应示意图

塞贝克效应是可逆的, 如图 2 中, T_a 、 T_b 温度交换时, 电路里温差电动势方向与交换前方向相反, 其塞贝克电动势数值大小不变。单电偶关系如下:

$$a_{np} = |a_n| + |a_p| \quad (2)$$

式中: a_n 、 a_p ——表示两个材料的绝对塞贝克系数 (V/K);

a_{np} ——表示相对塞贝克系数 (V/K)。

由式 2 可见, n 型与 p 型所构成的单电偶总温差电动势是两部分温差电动势的绝对值之和。

2.2.2 珀尔帖效应

珀尔帖效应是指当有电流通过不同导体 (或半导体) 构成的回路中, 除了接头处产生不可逆转的焦耳热, 在不同导体的接头处会产生除去焦耳热以外放热与吸热现象, 这些热量称之为珀尔帖热。珀尔帖热与外加电源电流强度成正比, 珀尔帖热公式:

$$P = \Pi_{pn} \cdot I \quad (3)$$

式中: Π_{pn} ——珀尔帖比例系数 (W/A);

I ——回路中的电流 (A)。

其中 $\Pi_{pn} = a \cdot T_c$ (a 为温差电动势率 (v), T_c 为冷端温度 (k)), 珀尔帖效应也是一个可逆的效应, 当电流的方向改变时, 吸热与放热端也随着会改变。珀尔帖效应是一个与塞贝克效应相反的效应。

2.2.3 汤姆逊效应

当电流通过存在温度梯度的导体时, 导体中除了发生焦

耳热之外的热，还会发生或者吸收某一热量，这些热量即汤姆逊热。在某些测量精度不高的情况下，汤姆逊热可以忽略不计。汤姆逊热计算公式：

$$P = \tau / \Delta T \quad (4)$$

式中：P——吸收或者释放的汤姆逊热 (W)；
 τ ——汤姆逊系数 (V/K)；
 ΔT ——导体两端的温差 (K)。

3 低级热温差发电器的设计及性能测试

本项目拟开发设计出一种低级热温差电发电机，探究温差电发电器的发电量及发电效率影响因素。

■ 3.1 热源与发电机电压、电流的关系

低级热温差电发电机构成如图3所示，由半导体温差片、热源、冷端散热片、测试负载、测温仪、电流表、电压表等组成。在温差电片导线两端串联已知负载以及电流表并且与电压表进行并联。在温差电片冷热两端安装测温装置，在其冷面要安装一个散热片，用于给冷端散热，测得数据如表1所示。

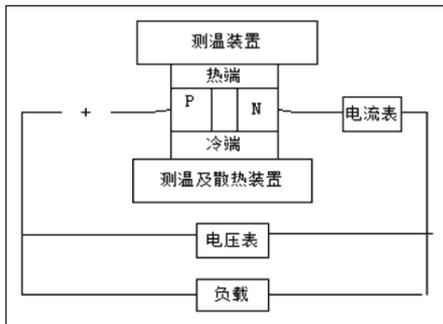


图3 单片温差片测试系统图

根据表1所示实验得到的数据可知温差电发电机二端温差越大，产生的电压与功率越大。

表1 单片温差片测试数据表

热面 (°C)	冷面 (°C)	温差 (K)	V1(MV)	i (A)	p (mw)
67.6	26	41.6	129.4	0.09	11.646
67	26	41	112	0.066	7.392
66.4	26	40.4	115.2	0.078	8.9856
65.8	26	39.8	113.5	0.077	8.7395
65.2	26	39.2	117.8	0.08	9.424
64.7	26	38.7	116.3	0.079	9.1877
64.1	26	38.1	114.6	0.078	8.9388
63.5	26	37.5	112.6	0.077	8.6702
62.9	26	36.9	110.4	0.075	8.28
62.3	26	36.3	108.3	0.074	8.0142
61.7	26	35.7	106.1	0.072	7.6392
61.1	26	35.1	104.2	0.071	7.3982
60.6	26	34.6	102.2	0.069	7.0518

■ 3.2 串联温差电发电器的电压电流的变化

在图3的测试系统基础上，把温差电片A、B进行串联，

如图4所示，测试结果如表2所示。

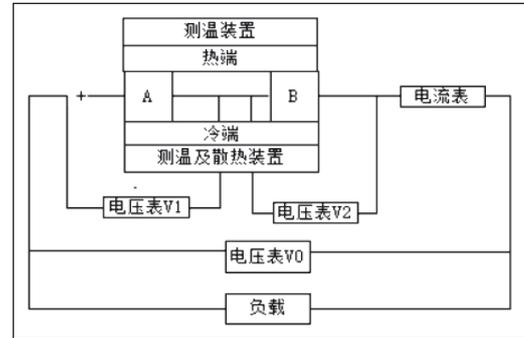


图4 串联温差电片测试系统图

表2 串联温差电片测试表

热面 (°C)	冷面 (°C)	温差 (K)	V1(V)	V2(V)	V0(V)	v1+v2(V)
75.1	30.2	44.9	1.049	1.1737	2.19	2.2227
73.9	30.5	43.4	0.985	1.1293	2.08	2.1143
73.3	30.6	42.7	0.961	1.1099	2.04	2.0709
72.7	30.7	42	0.931	1.078	1.99	2.009
72.1	30.8	41.3	0.913	1.0709	1.9839	1.9839
71.5	30.9	40.6	0.887	1.0485	1.9	1.9355
70.9	31	39.9	0.862	1.0297	1.86	1.8917
70.3	31.1	39.2	0.839	1	1.82	1.8491
69.7	31.2	38.5	0.82	0.9938	1.78	1.8138
69.1	31.3	37.8	0.798	0.9735	1.74	1.7715
68.5	31.3	37.2	0.774	0.9535	1.7	1.7275
67.8	31.3	36.5	0.752	0.9312	1.65	1.6832
67.2	31.4	35.8	0.732	0.9144	1.62	1.6464
66.6	31.5	35.1	0.707	0.8948	1.57	1.6018
66	31.5	34.5	0.689	0.8777	1.54	1.5667
65.4	31.6	33.8	0.673	0.8582	1.5	1.5312
64.8	31.7	33.1	0.659	0.8397	1.47	1.4987
64.2	31.7	32.5	0.646	0.82229	1.44	1.46829
63.6	31.8	31.8	0.633	0.8023	1.41	1.4353
63	31.8	31.2	0.621	0.7854	1.38	1.4064
62	31.9	30.1	0.602	0.7545	1.33	1.3565
61	32	29	0.584	0.7258	1.28	1.3098
60	32.1	27.9	0.568	0.6982	1.24	1.2662
59	32.2	26.8	0.55	0.6705	1.19	1.2205
58	32.1	25.9	0.532	0.6417	1.15	1.1737

由表2的数据上绘制如图5所示的电压与温差关系图。

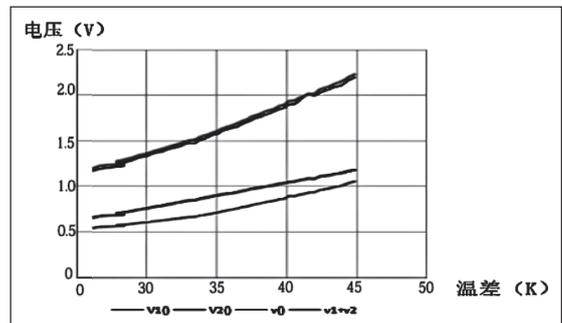


图5 电压与温差的关系图

■ 3.3 温差发电器的性能分析

我们知道电源产生的电功率，即电源输出的电功率，负载消耗的电功率是电源输出的电功率减去线路损耗的电功率，如图6所示。

(下转第81页)

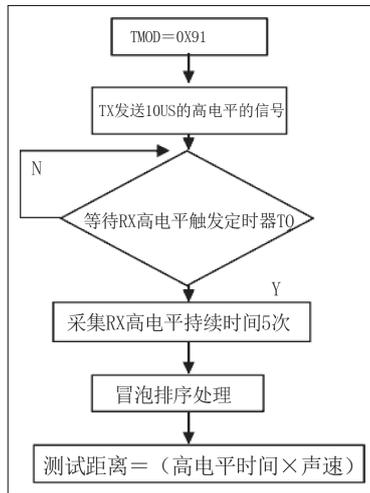


图4 超声波测距子程序流程图

■ 3.3 利用内部参考电压 BandGap 电压测量设计与实现

由于内部 BandGap 参考电压很稳定，不会随芯片的工作电压的改变而变化，所以可以通过两次测量和一次计算便可以得到外部的精确电压。首先将 P1ASF 初始化为 0，即关闭所有 P1 口的模拟功能然后通过正常的 ADC 转换的方法读取第 0 通道的值，即可通过 ADC 的第 9 通道读取

(上接第 67 页)

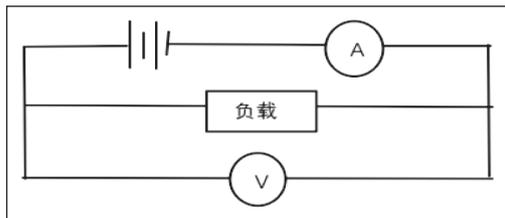


图6 电路图

负载所消耗的功率计算式：

$$P=U^2/R \quad (5)$$

式中：

P——负载功率 (W) ；

U——电源电压 (V) ；

R——为负载电阻 (R) 。

电路功率关系：

$$P_{总} = P_{负载} + P_{线路} \quad (6)$$

P_总 ——电源输出功率 (W) ；

P_{负载} ——负载功率 (W) ；

P_{线路} ——线路损耗的电功率 (W) 。

假如忽略电路损耗电功率远小于负载的电功率，根据上述实验得到的图表来分析温度及串联温差片与发电功率：可见的温差越大，电压越大，根据式 5 中可见温差越大，发电器输出电压越大，输出发电功率越大；但冷热面温差越大，

BandGap 参考电压值 ADC_{bg}，然后测量外部电压输入的 ADC 通道，测量出外部输入电压的 ADC 测量值 ADC_x，接下来从 RAM 或 ROM 区读取实际 BandGap 的电压值 V_{bg}，最后通过公式 $V_x = V_{bg} \cdot ADC_x / ADC_{bg}$ ，即可计算出外部输入电压的实际电压值 V_x。

4 总结

本系统以 STC152K60S2 单片机为核心的简易水情检测系统装置，通过 STC152K60 内部 ADC 与定时器 T0 的灵活使用，无需外围较多的硬件电路，完全达到设计目的，系统运行平稳，测量精度高。

参考文献

- * [1] 孙肖子. 实用电子电路手册 (模拟电路部分) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1991.
- * [2] 张鑫, 王翠. C 语言程序设计基础 [M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
- * [3] 徐仁贵, 廖哲智. 单片机微型计算机应用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2007.

由于冷热面存在空气导热且空气的导热系数较小，冷面温差会小幅度上升，两端仍旧能保持较大温差持续发电；由于温差电的材料限制，耐热温度有限。为了获取更大的发电功率用以驱动，由串联实验可见，温差电片的串联其电压会有明显的叠加效果；在图 4 中，V₀ 为所测总电压表所测数据，V₁+V₂ 为分电压表代数叠加所得，由图可见两者几乎重合，也表明串联两温差电片发电功率会明显提升。

4 结束语

如今能量的利用效率仅有 34%，其余的 64% 作为余热或废热散失，造成能源利用效率不高，浪费惊人。以自然界、工业生产、日常环境生活中产生太阳能、余热，摩擦热等低级热作为热源，通过温差电技术转换成电量，供人们工作、生活之用，进一步提高与拓宽能源利用的效率及途径。如能将大量的废热收集进行利用，置换成电能，对社会将具有重要意义。

参考文献

- * [1] 张建中. 温差电技术 [M]. 天津出版传媒集团 .2013.
- * [2] 梁秋艳. 聚光太阳能发电关键技术及热电性能机理研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学博士学位论文 .2016.