

使用二极管的电烙铁保护电路

杨雄生

(北京教育学院朝阳分院 北京 100026)

(收稿日期:2015-06-07)

最近,《物理通报》正在讨论一道2014年高考试题:如图1所示,当二极管短路时,理想电流表的读数如何变化?

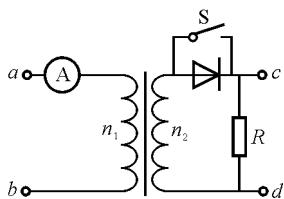


图1 理想变压器

在议论这道高考题时,使笔者想起“文革”期间(大约1968~1977年),在焊接半导体收音机时电烙铁的保护电路,该电路如图2所示.不焊接时,切断开关S,电烙铁和整流二极管D串联,保护电烙铁不过热;焊接时,闭合开关S,二极管短路,让电烙铁有足够的热量.该电路的情况与上述高考题变压器次级情况相似.

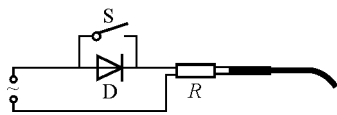


图2

记得这个保护电路是当时《无线电》杂志介绍苏联一位无线电爱好者的经验.

1 接入二极管后功率变为原来的 $\frac{1}{2}$ 亦或是 $\frac{1}{4}$

当时对接入二极管时,电烙铁的功率是原来的 $\frac{1}{2}$,还是 $\frac{1}{4}$ 迷惑不解!认为功率为 $\frac{1}{2}$ 的理由:半个周期通电,半个周期不通电,故功率为 $\frac{1}{2}$;认为 $\frac{1}{4}$ 的理由:该电路半波整流后电压为原来的 $\frac{1}{2}$,所以功率为 $\frac{1}{4}$.

为化解这个矛盾,利用家里的电能表做验证实验,记得结果:对于220V,45W的电烙铁,二极管

短路时,铝盘转一圈时间24s,二极管接入电路为50s,证明二极管起作用时,电路的功率是原来的 $\frac{1}{2}$,不是 $\frac{1}{4}$.此实验也说明,电路半波整流后电烙铁的电压不是原来的 $\frac{1}{2}$,而是 $\frac{\sqrt{2}}{2}$,流过电烙铁的电流也不是 $\frac{1}{2}$,而是 $\frac{\sqrt{2}}{2}$.这里所指电压、电流值都是有效值,其实,根据有效值的定义讨论,此电烙铁的电压、电流的有效值也是 $\frac{\sqrt{2}}{2}$,不是 $\frac{1}{2}$.

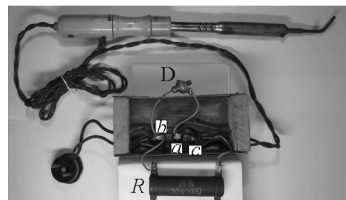
2 四五十年前设计的保护电路沿用之今

保护电烙铁的这个整流二极管应该满足两个要求:最大整流电流大于电烙铁的额定电流;最高反向工作电压应高于350V.

当时,由于经济原因,买的整流二极管是处理品(无型号,但整流电流 ≥ 1 A,反向耐压 ≥ 350 V),又找了一个电流稍大的单刀双掷开关,开关有3个状态,笔者想为220V,45W的电烙铁的功率设计3个状态:除了45W和22.5W外,第3状态设计为32W.通过计算,电烙铁需串联200Ω的电阻.



(a) 正面



(b) 反面

图3 自制的电烙铁保护电路装置

图3(a)是当时制作的保护电路装置的正面,图中电烙铁处于22.5 W状态.图3(b)是装置的反面,D是整流二极管跨接于a与b间,R是20 W,200 Ω 的电阻,跨接于b与c间.a是开关的转轴的接点,b和c是双掷的两个接点.需要说明,图3(a)中的白胶布是本次成文时重新贴上去的,平时使用时,电阻R和二极管D要固定并注意绝缘.

多年之后,想将此装置编成一道习题时,仔细研究其电路(如图4)时,才发现功率32 W挡设计有误!从图4中可知,当开关a轮空,二极管起作用,电烙铁功率减半;当开关掷向b,二极管短路,电烙铁全功率;当开关掷向c,原以为只有200 Ω 的电阻和电烙铁串联,所以,电路功率38 W,烙铁功率32 W.实际上当开关掷向c,200 Ω 的电阻和二极管先并联,再和电烙铁串联.二极管导通半周,烙铁功率45 W;二极管截止半周,电路功率38 W,烙铁功率32 W,整个周期,电路功率41.5 W,烙铁功率38.5 W.

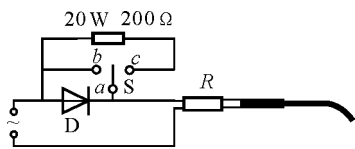


图4

上述讨论,忽略二极管导通时,200 Ω 的电阻的旁路电流,那么,这个旁路电流多大?

整流二极管正向工作电压 ≤ 1 V,这个旁路电流 ≤ 5 mA;同时也忽略二极管截止的反向电流,这个反向电流也 ≤ 5 mA.对于额定电流205 mA的电烙铁来讲,忽略5 mA电流引起的误差约2.5%.

3 重做实验再次测定保护电路三种状态的功率

最近用DDS2111型单相电子电能表[220 V, 5(20) A, 50 Hz, 3200 imp/(kW·h)]测电能,用手机的秒表功能测时间,再次测本人文革期间制作的电烙铁保护电路(图3)3种状态的功率,情况如表1:测量时电压226 V.

表1 电烙铁保护电路3种状态的功率

脉冲间隔/次	1	2	3	4	5	6	
时间/s	a 轮空	103.0	206.5	309.5	412.0	516.6	620.4
	a 接 b	48.1	96.1	144.4	192.3	240.8	289.0
	a 接 c	52.1	104.5	157.1	209.8	262.6	314.7

对实验说明如下:

用手指按手机秒表功能键的按钮,误差大约滞

后0.3 s,对于上述表格中的同一种状态下,7次按动按钮,每次按动都滞后0.3 s,那么它们之间差值的误差应小于0.3 s.即使是0.3 s的误差,对于本实验来讲,也是可以接受的.

用电子电能表的脉冲(闪烁)测定时间,对脉冲闪烁时间点准备不足,成为实验的难点!为克服此困难,实验前,根据该表的参数先算出每两次脉冲的间隔时间,这样就能做到心中有数了.而且,每种状态,至少要测两次以上,每次测量都以前一次时间为参考点,实验就能更主动了.

以电烙铁功率45 W为标准,根据在相同脉冲间隔内,时间和功率的乘积恒定的关系,可以求出6次串联二极管,电烙铁的功率基本上都为21 W,此值和理论值有7%的误差.同理,可以算出6次开关掷向c时,电路的功率为41.3~41.55 W,平均值为41.36 W,和理论值的误差不到1%.

此电能表有个3200 imp/(kW·h)参数,imp为脉冲,对于45 W,22.5 W和41.5 W的用电器,可以算出每相邻两次脉冲间隔的时间,分别为25 s,50 s和27.1 s;而在实际测定中,时间大约都是2倍!实验用的是刚购买来的新电能表,百思不得其解!难道是闪烁次数出厂时,将1600 imp/(kW·h)标成3200 imp/(kW·h)!

从实验数据可以看出,这个电能表任何两次相邻脉冲间隔,所消耗的电能基本上相同,这是讨论本文问题的基础.只要有这个基础,上述分析的结论仍然成立.

4 对烙铁头的改造

在电烙铁的实际应用中,为解决焊接印刷电路板带来的不便,又将原来直径6 mm,长100 mm原配的烙铁头,换成直径2.73 mm,长115 mm的烙铁头(它插入长85 mm,外径5 mm,内径3 mm的铜管中,铜管再套入原烙铁中),图3中的烙铁头就是改造过的.这样改造之后,使用烙铁基本上只用22.5 W挡,32 W挡设计失误也就未被发现.

图3的电烙铁及其保护电路(外形美观方面仍有不足),至今仍在用,前后已有40多年,但真正使用只有十几年.由于长期只用22.5 W挡,用了十几年,电烙铁的外表也没有烧焦发黑.

本文只是本人在实践活动中的经验和体会,提出来与大家交流,不妥之处请指正.