

一种低损耗充电器及其变压器设计

Design of The Small Loss Charger and It Transformer

周永坚 供稿

摘要 文章介绍一种基于 UCC28720 模块控制的 5W 无电容充电器及其变压器设计的方案,测试表明,该充电器的功耗小,同时具有较低的成本优势。

关键词 :充电器,变压器,低损耗,设计

中图分类号: TM4 文献标识码: B 文章编号: 1606-7517(2015)03-2-124

1 引言

文章介绍了一种 5W 的无 Y 电容充电器及其变压器的设计方案,详细说明了在去除了 Y 电容的状态下仍然能够通过电磁干扰 (EMI) 检测。同时,充电器的待机功率损耗在全电压范围内小于 10mW。这种无 Y 电容原边调整充电器设计所应用的是驱动三极管原边调整控制器,这就使得充电器既降低了功耗,又获得了更低的成本优势。智能手机、手提平板电脑等越来越普及,所以对充电器的要求也越来越高,对这些充电器设计技术的挑战主要表现在两个方面:一是要求待机功耗小。因为充电器通常都直接插在插座上,大部分时间并不在执行充电工作,但在待机状态下仍然要消耗电能。这是节能减排、满足 IEC 等技术标准要求等等方面都必须面对的问题。IEC 五星级能效标准规定的空载时设备的消耗功率必须小于 30mW。二是电磁兼容性能 (EMC) 要求。由于充电器的体积非常小,成本控制也很严格,所以,在充电设计中不可能过多地使用滤波器、等抗 EMI 器件。另外,原副边漏电流的限制,使得许多充电器设计工程师更多地采用无 Y 电容原边调整的设计方案,这将给充电器的 EMI 设计带来更大挑战。

这里介绍的设计方案是采用 UCC28720 控制的 5V/1A 反激式变换器,同时介绍了其使用的一种特殊变压器结构设计,以此成功去掉了 Y 电容。同时,因为 UCC28720 是一款原边反馈变换器,因此消除了光耦合及副边反馈线路,节约了成本并提高了可靠性。UCC28720 模块集成了高压启动、调频调幅两种模式,使得整个变换器的待机功率损

耗可以在全电压范围内小于 10mW,这就远远超过了五星级节能标准。

2 充电器的待机功耗设计

在电压调整控制模式下,控制器工作在调频 (FM) 和调幅 (AM) 模式,如图 1 所示。从图 1 中可以看到,在待机情况下,UCC28720 模块支持的最低开关频率为 680Hz;同时,原边峰值电流为满载峰值电流的 1/4,所以,待机功耗可以用下式估算:

$$P_o = \frac{1}{2} \cdot L_p \cdot I_{PKmax}^2 \cdot F_{max} \quad (1)$$

$$P_s = \frac{1}{2n} \cdot L_p \cdot I_{PKmax}^2 \cdot F_{min} \quad (2)$$

得到:

$$P_s = \frac{P_o \cdot F_{min} \cdot I_{PKmin}^2}{F_{max} \cdot I_{PKmin}^2 \cdot \eta} \quad (3)$$

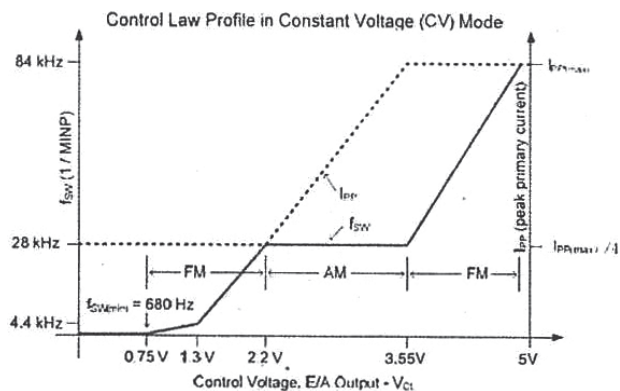


图 1 控制器工作在 FM 和 AM 的模式

由上述估算式可见，待机功率损耗的大小与变压器电感量的大小及变换器具体的峰值电流 (I_{PKmax} 和 I_{PKmin}) 无关，只与设计的最高工作频率及芯片的最低工作频率之比，和最大设计峰值电流与最小峰值电流之比有关。根据芯片规格等得到：

$$I_{PKmax}/I_{PKmin}=4 \quad (4)$$

在本设计案例中，输出功率为 5W，设计确定的最高开关频率为 70kHz，由此计算得出的理论功耗为：

$$P_s = \frac{5 \times 680}{70 \times 10^3 \times 4^2 \times 0.75} = 4mW \quad (5)$$

由于输出端需要增加一定值的假负载来保证控制输出电压的稳定，假负载通常的功耗为 2mW。为此，整机充电器的空载损耗可以在全电压范围内做到 10mW 以下。

3 变压器的设计

变压器的电感量计算可以参考 UCC28720 模块的规格书，在此不作详细介绍。而变压器的详细设计计算请参考 SLUA604 模块的说明书，故在此仅介绍本方案中被证明可行的一种对 EMC 有效的变压器结构。

为提高适配器的效率和 EMC 特性，必须设计合适的变压器结构。在此设计案例中，提出了一种经检测验证是合适的变压器结构，以此帮助去掉了 Y 电容，并且得到了理想的 EMC 性能，参见图 2 所示。在设计中，要使变压器原边的绕组恰好绕满骨架两层，然后绕上一层屏蔽绕组，该绕组的一端接地，另一端埋设在变压器的内部。屏蔽绕组把变压器的原副边隔离，可以有效地降低共模干扰。屏蔽绕组层的外面是副边绕组，最外面一层是辅助绕组。要适当合理地选择辅助绕组用导线，以使辅助绕组也能正好绕满骨架一层。最后，变压器的外表以铜箔做屏蔽，铜箔应与磁芯可靠地接触，然后通过导线接地，达到磁芯接地的目的。

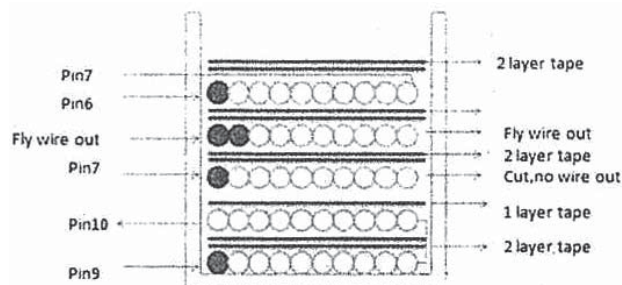


图 2 变压器结构示意图

使用本案设计的变压器结构，可以达到其 EMI 测试指标，并有可靠的余量。

4 充电器整机的试验测试结果

根据以上阐述分析设计制作的充电器样机，进行了实验验证测试，其结果如下：

4.1 效率检测结果

a.115Vac 充电器效率，见表 1 所示。

表1 115Vac变换器效率

I_{in} (mA)	P_{in} (W)	I_o (mA)	V_o (V)	效率 LV568.17%	
0.694	6.3	无负载	5.06		Ave
35.03	1.657	250	4.98	75.14%	
60.06	3.29	500	4.99	75.84%	
82.93	4.924	750	5.01	76.31%	
104.94	6.557	1000	5.03	76.71%	76%

b.230Vac充电器效率，见表2所示。

表2 230Vac变换器效率

I_{in} (mA)	P_{in} (W)	I_o (mA)	V_o (V)	效率 LV568.17%	
0.687	8	无负载	5.05		Avc
24.04	1.66	250	4.99	75.15%	
41.23	3.251	500	5.01	77.05%	
56.18	4.859	750	5.03	77.04%	
69.98	6.478	1000	5.04	77.80%	76.9%

4.2 充电器的待机功耗测试

图 3 所示为充电器的待机功耗测量曲线。图中可见，在全电压范围内，其待机功率损耗均小于 10mW。

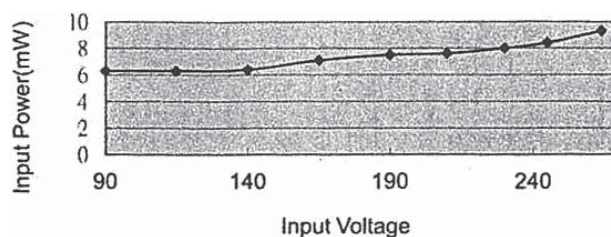


图 3 全电压功率损耗曲线

4.3 输出伏 (V) 安 (I) 特性曲线测试

图 4 所示为本设计产品在 115Vac 和 230Vac 输入的情况下，输出电压和输出电流均在设计指标的范围之内，并且可以看到，在不同输入电压时，输出电流的一致性非常好。

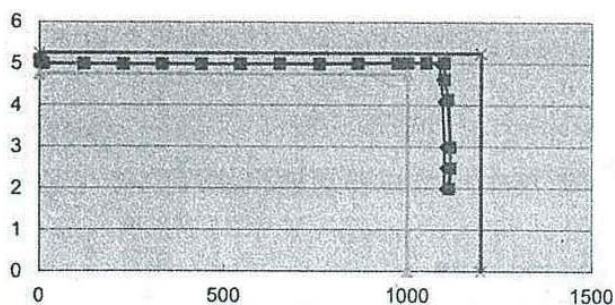


图4 115V和230V伏—安(V-A)特性曲线[注 横坐标为电流(mA), 纵坐标为电压(V)]

4.4 EMC 测试

图5为传导干扰的测试结果。由于在设计中采取了多种抗EMI的措施,测试结果达到客户要求,并有一定的余量。

5 小结

本文分析了一种基于UCC28720控制的原边反馈反激式变换器。该机设计了一种合适的变压器结构,达到EMC的设计要求,完成了无Y电容的充电器设计。给未来的无Y电容充电器的设计提供了一种有益的参考与思路。同时,

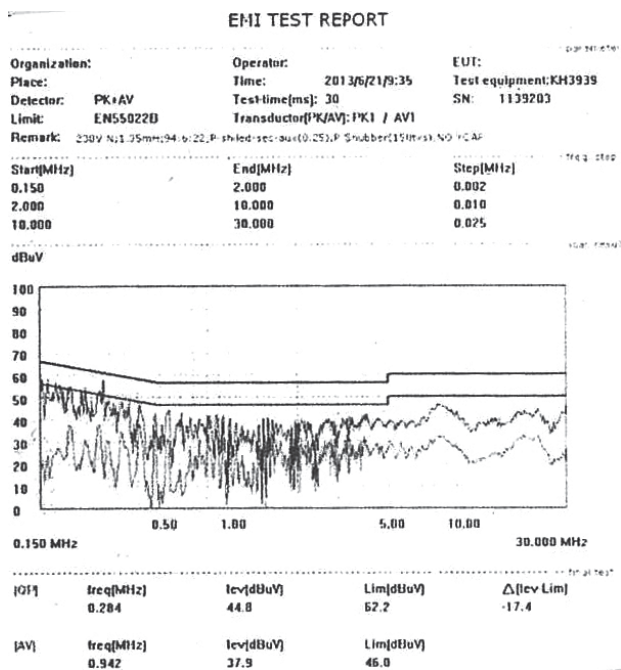


图5 传导 EMI 测试结果

结合UCC28720的特性,使本设计方案在整个输入电压范围内的待机功率损耗小于10mW。