

空间低纹波液晶显示电源滤波器设计研究

Study on low ripple power supply filter for LCD in Space

(中国科学院长春光学精密机械与物理机所) 徐拓奇 徐伟 王绍举 金光

XU Tuo-qi XU Wei WANG Shao-ju JIN Guang

摘要: 空间液晶设备对电源纹波要求很高, 大约为输出电压的 0.1%(峰-峰值), 但是一般开关电源纹波只能达到 1%(峰-峰值)左右。传统卫星电源系统由于体积、重量大, 效率低, 发热量大等缺点限制它在一体化卫星电源上使用。本文提出了一种由普通开关电源加入有源与无源滤波器想结合的组合滤波方法, 使用开关电源产生的纹波降低为 0.1%, 能够满足空间液晶显示对电源纹波的要求。

关键词: 电源; 滤波器; 纹波; 液晶

中图分类号: V471.2+6 文献标识码: B

Abstract: System in space requires LCD, which power supply ripple is low, about 0.1% of output voltage (peak - peak), but general switching power supply can only reach to 1% of the output voltage (peak - peak). Traditional satellite power system can not be used in incorporate design of satellite platform and payload, for their size. This paper presents a new approach to produce low ripple power supply. A combination of a normal switching power supply .Its ripple can be reduced to 0.1%, to meet the ripple requirements of LCD power supply.

Key words: power supply; filter; ripple; LCD

技术创新

1 引言

在空间电源系统中, LCD 对电源的纹波要求较高, 用普通航天开关电源无法满足用电设备对电源的要求 (电源纹波峰峰值为输出电压的 1%)。传统方法是使用线性调压模块组成的三次电源系统为这些设备供电。

线性调压块因其极低的效率, 大大限制了它在星载一体化电源系统中的应用。本文提出了一种新型的低纹波电源设计方法。能够满足了用电设备对高品质电源的要求。

2 滤波器的设计

为满足对低纹波电源要求, 需要在传统的 DC-DC 模块配套的滤波器基础上加入新的滤波器, 主要采用有源滤波器与无源滤波器串联的方式, 组成复合型滤波器。

具体的有源滤波器的设计与无源滤波器电路的设计分别进行介绍。

2.1 有源电源滤波器设计研究

有源噪声控制 (Active Noise Control), 简称为 ANC, 是指使用人为地、有目的地产生的某些信号去控制原有噪声的概念和方法。本文提出了一种复合控制方式, 将输入两端的纹波电压作为控制信号, 通过对逆变器的输出纹波进行补偿, 抑制纹波分量。

其工作原理如图 1 所示:

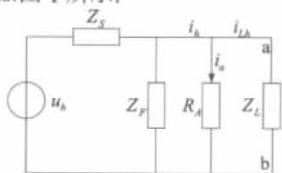


图 1 有源滤波原理图

Fig.1 Active filter schematic

徐拓奇: 助理研究员

图 1 所示的系统, 对各次谐波来说, 假定所有的电路元件都是线性的。这里 u_a 为整流器输出的等效谐波电压分量, i_a 为有源滤波器产生的谐波电流, Z_s 是平波电抗器的电抗, Z_L 为负载阻抗, Z_F 为电容和电阻构成的阻抗。

检测负载谐波电压时, 直流有源滤波器的等效谐波电路图 1 所示, 则有:

$$i_a(t) = k u_a(t) \tag{1}$$

式中 k ——直流有源滤波器的放大系数, 从上式得:

$$\frac{1}{k} = \frac{u_{ab}(t)}{i_a(t)} = R_A \tag{2}$$

此时, 直流有源滤波器可以等效为仅对谐波起作用的一个阻性元件, 它的参数值为 R_A 。这样整流器输出的谐波电压在负载中产生的谐波电流为:

$$i_{Lk} = \frac{Z_F R_A}{R_A (Z_L Z_F + Z_S Z_F + Z_S Z_L) + Z_L Z_S Z_F} u_h \tag{3}$$

分析式(2), 当 $R_A \ll |Z_s|$, $R_A \ll |Z_F|$ 并且 $R_A \ll |Z_L|$ 时, 从谐波源 u_h 来看, 流入负载直流母线的谐波电流将被衰减到非常小的程度。

理想情况下, 当 $k = \infty$ 时负载中就不存在谐波电流, 整流器输出的谐波电压产生的谐波电流将完全被阻断。

具体电路实现是通过使用集成运放电路组成的一个反向电路实现的。

2.2 无源电源 EMI 滤波器的设计研究

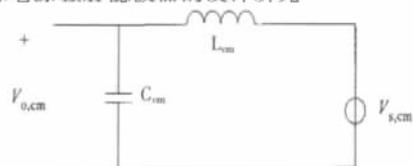


图 2 共模滤波器简化电路图

Fig.2 Common mode filter equivalent circuit

EMI 滤波器设计时,根据共模干扰和差模干扰的不同的截止频率,分别设计相对应的元件的参数。下面分别介绍 EMI 滤波器的抗共模干扰设计流程与抗差模干扰设计流程。

(1) 抗共模干扰滤波器

共模滤波器如图 2,其中 $V_{s,cm}$ 为噪声信号通过滤波器以后的电平值。由此图可以得到 EMI 滤波器抗共模部分的截止频率 f_{cm} 的计算式:

$$f_{cm} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 \cdot C_{cm}}} \quad (4)$$

通过上式可得:

$$L_1 = \left(\frac{1}{2\pi f_{cm}} \right)^2 \cdot \frac{1}{2 \cdot C_2} \quad (5)$$

在实际设计的过程中,先选定 C_2 的值。航天用滤波时,滤波器的截止频率一般要求在开关电源工作频率 1/10 附近,通过确定需要配套使用的开关电源频率就可以确定抗共模噪声的截止频率 f_{cm} 。将前面得到的 C_2 的值及确定的 f_{cm} 的值代入式(5),可得共模扼流圈 L_1 的值。

(2) 抗差模干扰滤波器

差模等效电路经过简化后的电路如图 3 所示:

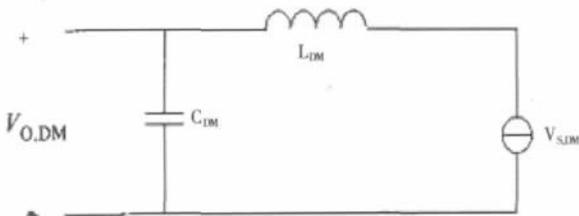


图 3 差模滤波器简化电路图

Fig.3 Differential mode filter equivalent circuit

可以得到 EMI 滤波器抗差模部分的截止频率 f_{DM} 的计算式:

$$f_{DM} = \frac{1}{2\pi\sqrt{L_{DM} \cdot C_{DM}}} \quad (6)$$

在实际的计算过程中,也如同计算共模滤波器的步骤一样,首先确定需要的 C_{DM} 以及 f_{DM} 的大小,再带入由式(6)推导出来的式(7)中,计算出 L_{DM} 的值。再由式(8)计算出 L_2 的大小。一般情况下共模扼流圈的漏感取值为自身电感量的 0.5%~2%。

$$L_{DM} = \left(\frac{1}{2\pi f_{DM}} \right)^2 \cdot \frac{1}{C_{DM}} \quad (7)$$

$$L_2 = \frac{L_{DM} - L_{漏感}}{2} \quad (8)$$

从上面分析,可以得到针对不同频率开关电源的 EMI 滤波器中所有元件的参数。

3 实验测试

设计后,对一次电压输入为 28V,输出电压不同的情况进行测试,测试结果如表 1 所示:

4 结论

本文针对低纹波电源滤波器的设计介绍了有源滤波器 and 无源滤波器的设计方法。

本文创新点在于创新地采用了一种新型的有源滤波方法。最后分别通过实验证明了低纹波电源的有效性,可以达到了优于 0.1% 的要求。能够满足星上设备对低纹波电源的要求。

表 1 28V 输入不同电压输出纹波电压与纹波系数表

Table 1 28V input and output ripple voltage of different voltage ripple coefficient table

输入电压(V)	纹波电压(mV)	输出电压(V)	纹波系数%
28	4.6	12.5	0.0368
28	3.6	12	0.03
28	3.1	11.5	0.0269
28	3	11	0.027
28	3.9	10.5	0.037
28	2.6	10	0.026
28	2.6	9.5	0.027
28	2.9	9	0.032
28	3.4	8.5	0.04
28	3.6	8	0.045
28	3.6	7.5	0.048
28	3.6	7	0.051
28	3.9	6.5	0.06
28	4.2	6	0.07
28	4.4	5.5	0.08
28	4.7	5	0.094
28	4.9	4.5	0.11

作者对本文版权全权负责,无抄袭。

参考文献

- [1] 汤璐,开关电源的电磁兼容性研究[D]:[硕士学位论文].天津:天津理工大学,2007.
- [2] 邵志和,电源输入滤波器的设计与应用[J]. 电力机车与城轨车辆,2009,32: 22-24.
- [3] K K Tse, Henry Shu-hung Chung, S Y R Hui, HC So. A comparative investigation on the use of random modulation schemes for DC/DC converters [J]. Onlnd Electron, 2000, 47 (2): 253-263.
- [4] 庞前娟,杨端 开关电源 EMI 的分析与滤波器设计[J]. 桂林航天工业高等专科学校学报, 2008, 3: 46-48.
- [5] 陈勇志 开关电源的电磁干扰滤波器设计[J]. 微计算机信息, 2007, 23: 302-303.
- [6] 高志强,张东来,任成 开关电源主要干扰源的抑制[J]. 电力电子技术, 2007, 44: 22-24.
- [7] Wenjie Chen, Xu Yang, Zhaoan Wang. An Active EMI Filtering Technique for Improving Passive Filter Low-frequency Performance [J]. IEEE Trans. on Electromagnetic Compatibility, Feb. 2006, 48(1): 172-177.
- [8] 虞磊,胡晓吉 军用高可靠性 ATX 电源的设计与实现[J]. 微计算机信息, 2010, 1-1: 132-134.

作者简介:徐拓奇(1980-),男,吉林省长春人,中国科学院长春光机所助理研究员,主要研究方向为空间控制与空间电源系统。

Biography: XU Tuo-qi (1980-), male, JiLin province, the assistant reasearch of Changchun Institute of Optics, fine mechanics and physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun, China. He mainly studies on space power system.

(130033 吉林 长春 中国科学院长春光学精密机械与物理机所) 徐拓奇 徐伟 王绍举 金光

(Changchun Institute of optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

XU Tuo-qi XU Wei WANG Shao-ju JIN Guang

通讯地址:(130033 吉林省长春市经济技术开发区 东南湖大路 3888 号 新技术研究室) 徐拓奇

(收稿日期:2011.08.10)(修稿日期:2011.11.10)