

通信高频开关电源电磁干扰抑制分析

郑 征, 张 磊, 高庆华

(河南理工大学, 河南 焦作 454003)

摘 要: 近年来, 随着我国通信事业的迅速发展, 通信网的总体规模已经跃居世界前列, 通信设备对电源系统的要求也越来越高。大功率通信高频开关电源的噪声干扰中除了有谐波的传导干扰外, 还存在电磁的辐射干扰问题。针对通信高频开关电源工作中的不稳定性, 分析了通信高频开关电源产生电磁干扰(EMI)的机理, 提出了抑制干扰的有效措施。

关键词: 电磁干扰; 通信高频开关电源; 抑制

中图分类号: TM910

文献标志码: A

文章编号: 1673-9833(2009)05-0066-03

Analysis of Restraining EMI in Communication High Frequency Switching Power Supply

Zheng Zheng, Zhang Lei, Gao Qinghua

(Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003, China)

Abstract: With the rapid development of China's telecommunication industry, the overall size of communication network in China has leaped to the forefront of the world. The demand of communication equipments for the power system is also getting higher and higher. In the noise interference of high frequency switching power supply there is not only harmonic conducted interference but also electromagnetic interference(EMI). Aiming at the instability of communication high frequency switching power supply, analyzes the mechanism of producing EMI in high frequency switching power supply and puts forward effective measurements to restrain EMI.

Keywords: electromagnetic interference; communication high frequency switching power supply; restrain

1 EMI (Electromagnetic Interference) 的原理分析

电磁干扰的过程首先是要有干扰源, 其次要有敏感的干扰设备, 同时在干扰源和干扰设备之间要有耦合途径及传播方式。开关电源的电磁噪声从噪声源来说可分为2大类: 一类是由于外界因素影响而使开关电源产生的干扰; 另一类是开关电源内部元器件产生的电磁噪声^[1], 两者都涉及到人为因素和自然因素。开关电源在受到电磁干扰的同时也对电网中的其它设备以及负载产生电磁干扰。开关电源噪声类型如图1。

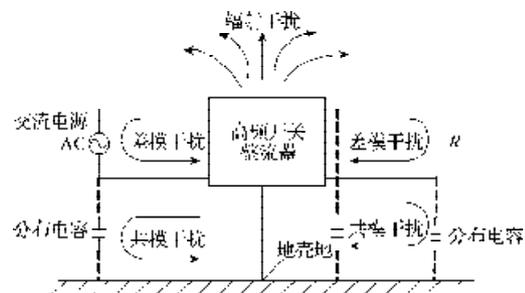


图1 开关电源噪声类型

Fig. 1 Noise classifications of switching power supply

高频开关整流器是高频通信开关电源的重要组成

收稿日期: 2009-06-28

基金项目: 河南省教育厅自然科学基金资助项目(2008A470004)

作者简介: 郑 征(1965-), 女, 河南南阳人, 河南理工大学教授, 主要研究方向为电力电子与电力传动技术;

张 磊(1983-), 男, 河南南阳人, 河南理工大学硕士研究生, 主要研究方向为电气传动系统与控制,

E-mail: hpuzhanglei@163.com

部分, 功率开关转换电路是高频开关整流器的核心, 开关功率管和高频变压器是产生电磁干扰的主要器件。通信高频开关电源产生电磁干扰最根本的原因, 就是其在工作过程中产生的高 du/dt 和高 di/dt , 它们产生的浪涌电流和尖峰电压形成了干扰源, 另外, 整流电容充放电、开关管和输出整流二极管在高频工作时的快速切换都是这类电磁干扰源, 它们通过电源线以共模或差模方式向外传导, 同时还向周围空间辐射电磁能量。

2 通信高频开关电源 EMI 的抑制方法

一般只要通过滤波器便可以将高频开关整流器的输出端正负极之间的额定噪声值限制在一定的范围之内。而由共模噪声引起的辐射噪声频率较高, 因为其高次谐波的频率是电源开关频率的几倍甚至更高, 因此, 设法抑制共模噪声源的噪声强度是解决辐射噪声干扰的主要途径之一^[2]。

开关整流器中 DC/DC 变换器原边主电路的功率开关管一般都采用 MOSFET 功率管, 其具有较小的电荷存储效应, 开关速度也相当快。当其开通的瞬间, 电压变化率 du/dt 较大, 而其关断的瞬间, 电流变化率也是较大的。 du/dt 是以高频交变电场的方式通过分布电容耦合到机壳上, di/dt 则以高频磁场的形式直接辐射到空间。此时, 如果将功率开关管的开通和关断时间适当延长, 这样不仅能降低高次谐波的频率, 而且也能降低由此引起的交变磁场的频率。交变电场和磁场频率的降低对抑制辐射噪声来说能得到较好的效果。以上延长功率开关管导通和关断时间的方法可通过图 2 中的驱动电路实现。图 2 中限流电阻 R_1 和 MOSFET 功率管的输入电容 C_{iss} 串联, 形成栅极充电回路, 充电时间决定于驱动电路的内阻 r 、串联电阻 R_1 与 MOSFET 功率管的输入电容 C_{iss} 的乘积, 即 $(r+R_1)C_{iss}$ 。

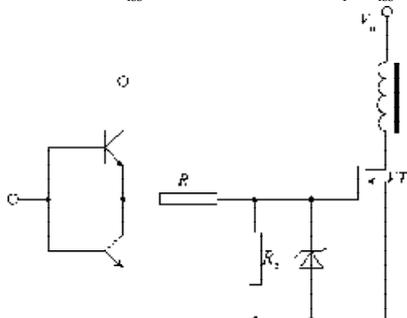


图 2 VT 导通电路图

Fig. 2 VT-conduction circuit

由于高频变压器漏感的存在, 功率开关管在关断的瞬间, 在其漏极上会产生较高的尖峰电压, 这种尖峰电压同样会加大共模噪声的干扰。抑制漏极上的尖峰电压一方面通过减小高频变压器的漏感, 另一方面可在功率开关管的漏极采用 RC 吸收回路来减小尖峰

电压的幅度, 如图 3。

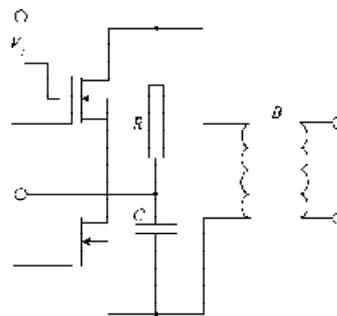


图 3 推挽式电路的 RC 吸收回路

Fig. 3 RC absorbing circuit for push-pull circuit

这种 RC 吸收主要是针对很窄的尖峰电压, 所以时间常数也很小, RC 的数值要根据高频变压器的工作频率来选择。对已经确定 RC 常数的回路来说, 电阻值与电容值要合理分配, 电阻值过大, 尖峰电压吸收效果差; 电容值过大, 将会使功率开关管的导通电流增大, 电源效率损失较多。

在整流输出回路中, 由于输出整流二极管存在反向恢复时间, 所以在高频变压器电压换向时, 变压器副边绕组中引起的较大的尖峰电流, 不仅增加了二极管的功耗, 而且也使功率开关管产生电流尖峰, 这是产生共模噪声的重要原因之一。所以尽量选用反向恢复时间短的整流二极管, 现在开关电源中所采用的超快恢复整流二极管的反向恢复时间一般都在 30~45 ns 左右, 一般可以满足开关频率 100~200 kHz 的开关电源输出整流要求^[3-4]。当整流电路选用超快恢复整流二极管时, 二极管由正向导通的额定电流至反向截止的瞬间内, 在其正负极之间会出现较高的高频震荡电压, 所以在二极管两端并联高频 RC 吸收回路对消除恢复时间内引起的震荡有良好的效果, RC 吸收回路的连接方法如图 4 所示, 其消除震荡噪声的原理与功率开关管的吸收回路是相同的, 时间常数的选择及电阻值和电容值的配置, 要根据整流二极管的开关特性、电源的工作频率及高频变压器的变化来确定, 既要保证一定的吸收效果, 又不至于损失过多的效率。对于 1 个采用超快速恢复二极管整流, 工作频率 100~200 kHz, 直流输出 48 V 的开关整流器来说, 二极管两端的 RC 吸收回路的电阻 R 取值为 500 Ω 左右, 电容 C 的容量可在 1 000 μF 左右选择, 如果高频变压器的漏感较大, 则电阻值也要相应加大。

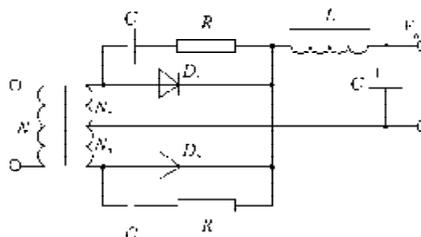


图 4 整流二极管两端的吸收回路

Fig. 4 RC absorbing circuit for diode

由于电源中参与功率变化的主要元器件的布局不合理, 同样会产生电源开关频率的整数倍频率的滤波电磁噪声, 如图5。图5中为半桥式DC/DC变换器的主电路, 功率开关管VT导通时, 输入电源的电流I要经过工频整流桥及一段导线到达A点, 通过VT₁、VT₂分别为C₂、C₁充电。在VT₁导通的瞬间, 较大的高频脉冲电流主要由高频储能电容C₁提供, 电容C₁和C₂具有良好的高频脉冲电流特性, 所以在图5中A、B点之间, C、D点之间将流过较大的高频脉冲电流。为了尽量减小由高频脉冲电流引起的高频磁场辐射区, 应把由A、B、C、D这4点包围的面积缩到较小的范围, 而且在这4点包围的范围内最好不要有其它的线路穿过。由于高频磁场的面积减小, 所以流过高频脉冲电流的导线长度也缩短了, 在导线电感L上, 由于di/dt所产生的高频感应电压 $V = -L \frac{di}{dt}$ 也随之降低, 这些措施有利于共模噪声的抑制。

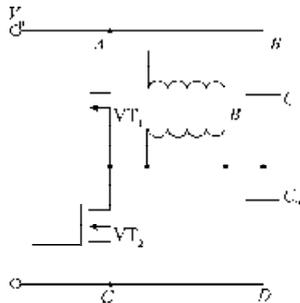


图5 半桥电路功率元件布局

Fig. 5 Layout of power components for half bridge circuit

抑制噪声的另一种有效的方法是在开关整流器的输入、输出端采用滤波器^[5]。此滤波器主要由电感和电容按一定要求连接而成的, 其电路形式如图6所示。

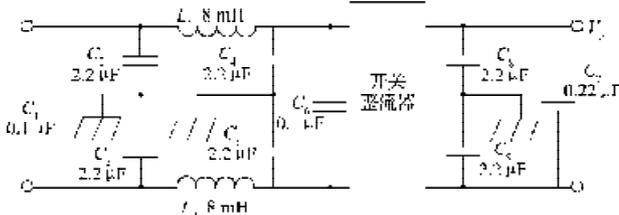


图6 开关整流器输入输出滤波器

Fig. 6 Input and output filter for switching rectifier

图6中电容C₁和C₆是用以滤除输入端的差模噪声, C₇是滤波器输出端的差模噪声。电感L₁和L₂以及电容C₂、C₃、C₄和C₅构成的π型滤波器抑制了输入端的共模噪声, 电容C₈和C₉为输出端抑制共模噪声之用。电

感L₁和L₂为绕在同一磁环上的2个独立的绕组, 对电源输入的交流电流或直流电流来说, 其产生的磁通因匝数相同, 相位相反而相互抵消, 对电源输入端的电感为0。

3 结语

随着通信开关电源的高频化方向发展, 抗干扰问题显得尤为重要, 对EMI的研究和治理是当务之急。在设计通信高频开关电源时应综合考虑各种因素, 尽可能抑制通信电源的各种噪声, 提高通信高频开关电源的电磁兼容性。

参考文献:

- [1] 曹太强, 许建平, 徐顺刚. 开关电源电磁干扰的分析[J]. 电焊机, 2008, 38(6): 68-70.
Cao Taiqiang, Xu Jianping, Xu Shungang. Study on the EMI of Switching Power Supply[J]. Electric Welding Machine, 2008, 38(6): 68-70.
- [2] 朱崇世. 通信电源设计及应用[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006.
Zhu Xiongshi. Design and Application of Communication Power Supply[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2006.
- [3] 李崇建. 通信电源技术、标准及测量[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
Li Chongjian. Communication Power Supply Technology, Criterion and Measurement[M]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications Press, 2006.
- [4] 孟进, 马伟明, 张磊, 等. 开关电源变换器传导干扰分析及建模方法[J]. 中国电机工程学报, 2005, 25(5): 49-54.
Meng Jing, Ma Weiming, Zhang Lei, et al. Method for Analysis and Modeling of Conducted EMI in Switching Power Converters[J]. Proceeding of the CSEE, 2005, 25(5): 49-54.
- [5] 李建婷, 丁志亮, 熊蕊. 开关电源EMI的抑制策略[J]. 通信电源技术, 2006, 23(2): 51-56.
Li Jianting, Ding Zhiliang, Xiong Rui. EMI-Control Methods of Switch Mode Power Supply[J]. Telecom Power Technologies, 2006, 23(2): 51-56.

(责任编辑: 罗立宇)