高压开关电源的电磁兼容设计

EMC Design of High-Voltage Switch Power Supply

大连理工大学电气工程系 苗立江 王玉峰 李洪春

摘要

介绍一种用于电磁兼容测试仪的高压开关电源，该电源采取了使用吸收变压器，新的驱动电路等限制高频辐射并且能够抑制其它电磁干扰的一系列措施，从而极大地提高了电源的电磁兼容性。经运行证明其性能良好。

关键词

高频变压器 开关电源 电磁兼容

Abstract

The paper introduces a high voltage switch power supply used for EMC testing equipment. In order to restrain electromagnetic radiation and electromagnetic interference, the authors bring forward a series of methods, for example, using the balance transformer and new driver circuit. All these measures greatly improved the EMC of switch power supply.

Keywords

high-frequency transformer, switch power supply, electromagnetic compatibility

电磁兼容测试仪器中一般采用线性电源，这是因为线性电源的电磁兼容性较好。但是线性电源的调整管工作在放大状态，发热量大，效率低(35%左右)，需要加体积庞大的散热片和大体积的工频变压器。而开关电源的调整管工作在饱和和截止状态，发热量小，效率高(75%以上)而且省掉了大体积的变压器。开关电源工作在高频下，很容易产生电磁干扰，因此开关电源相对于线性电源虽然具有许多优势，但却极容易影响周围设备和自身工作的可靠性，尤其是高压下电源高频变压器产生的干扰更加严重。为了克服这一缺点，本文采用了吸收变压器以抑制分部电容的危害，降低高频噪声辐射 采用滤波电路以及光电隔离触发电路等措施提高电源的抗干扰能力，从整体上提高了开关电源的电磁兼容性，使它在复杂的电磁环境下能够稳定运行。

1.交流 EMI 滤波电路

电源线是电磁干扰(EMI)出入电子设备的一个重要途径，在设备电源线入口处安装电网滤波器可以有效地切断这条电磁干扰传播途径。

本电源采用了改进的滤波器，如图1所示。与普通的滤波器相比，增加了差模扼流圈，地线扼流圈以及瞬态抑制器(VDR)，同时在开关电源入口端用磁环套在引线端上，这样可以有效地抑制共模、差模干扰。

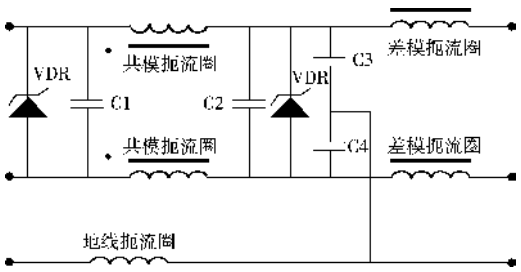


图1 改进的滤波器

2. 主电路设计

典型的PWM变换器式高频电源有单端反激、单端正激、推挽、半桥和全桥等5种形式，各具特点。其中半桥式逆变电源最突出的特点是抗不平衡能力强，变压器利用率高，电路简单，适合做高压电源。主电路结构如图2所示 相位差为180 °的脉冲交替控制开关管的通断，将直流电压变换为交变的脉冲电压，经高频变压器变到所需电压，再经次级的倍压电路，得到最终需要的电压。在这里采用倍压电路可以降低对变压器的绝缘要求。

半桥式功率转换电路高压开关管上施加的最高电压E_m，对应最高输入电网电压时的直流输入电压为：

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

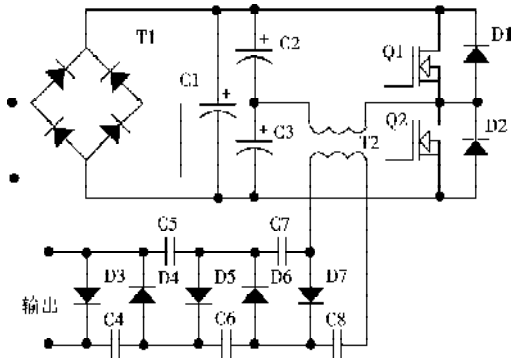


图2　主电路原理图

$$E_m=220\times(1+0.1)\times\sqrt{2}=342.2V$$

考虑变压器漏感及回路引线电感在关断瞬间引起较大反峰尖刺的影响,应给予适当余量,因此开关管的反向耐压应不低于500V。

电源功率转换效率按(80～85)%设计,工作频率为50kHz,最大脉冲占空比δ=0.8,则输入功率为250W。在电网为-10%时,输入变换器的直流电压E=238V,脉冲电流幅值I_m=2.63A。考虑到次级整流二极管反向恢复时间的影响及激光器容性负载引起的开关管开启时产生的电流尖峰,应取开关管承受的最大电流幅值$I_{c.m}$≈5A。根据上述计算结果及50kHz高频工作的要求,采用的功率开关管主要特性参数为:开关管最大功耗$P_{c.m}$=125W;场效应管最大反向耐压VDG_m≈500V;最大电流I_c≈8A;场效应管跨导g_m=0.8Ω;场效应管导通时升、降时间t_{on}≥100ns;场效应管截止时升、降时间t_{off}≤100ns。选取功率MOSFET开关管IRFP460完全符合要求。

3．逆变器设计

逆变器是开关电源产生电磁辐射的主要器件,在高频下逆变器的简化等效电路如图3所示。

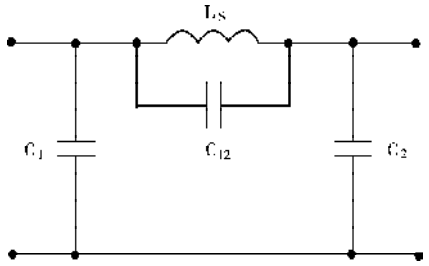


图3　等效电路

绕组间的分布电容C_{12}使变压器初次级产生耦合,使初级高频噪声耦合到次级;分布电容C_1、C_2使变压器内部和主回路中产生高频的振荡环流,使变压器功率损耗增大,并且产生高频电磁辐射。在变压器设计中,绝缘材料的选择和绕制应尽量减小各部分的分部电容,并通过在初次极之间加一屏蔽层将C_{12}降为零。由于高压电源变压器是升压型的,分布电容C_1相对于C_2对电路影响较小。为了减小次级分布电容C_2的危害,把变压器次级设计成双绕组,用吸收变压器把绕组间分布电容的谐振能量转移到主电路之外。如图4 所示。

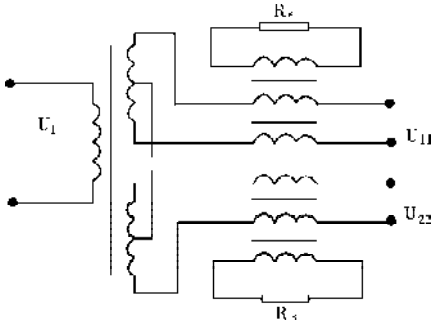


图4　变压器绕组结构

等效电路如图5所示由于吸收变压器的存在,相当于在电容C_2两端各加了一个电阻,从而使电流尖峰减小,使电路处于阻尼状态,从而也减小了电磁辐射。

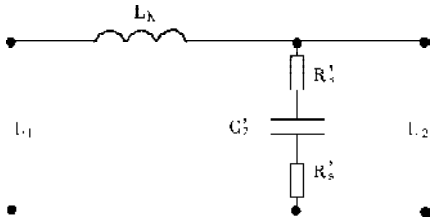


图5　加吸收电阻变压器的等效电路

当C_2=1nF,L_K=15uH,U1为f=50kHz,幅值为150V的正负方波时,利用PSPICE仿真软件对变压器等效电路进行仿真分析。当R_S'=1Ω时,电流i_{C2}波形如图6所示;当R_S'=1kΩ时,电流i_{C2}波形如图7所示。可见吸收变压器大大降低了主电路环流的振荡电流峰值,使谐振电感与分布电容处于阻尼状态,减小了电磁辐射。

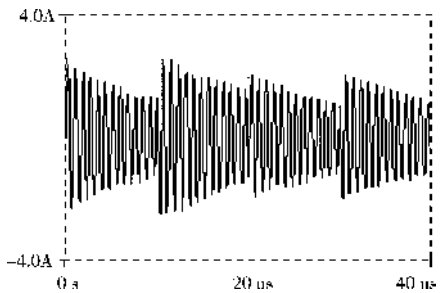


图6　R_S'=1Ω时电流i_{C2}波形

(下转第92页)

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

220kV变电站外20米处在0.5MHz频率时,无线电干扰值在(52～80)dBμV/m之间,均超出标准限值。长椿街220kV变电站围墙内的无线电干扰值为45dBμV/m,明显小于站外,这说明市区内无线电干扰水平较高是受多种因素影响的。

古城110kV变电站外20米处在0.5MHz频率时,无线电干扰值为33dBμV/m 汴街110kV变电站内无线电干扰值为51dBμV/m,而在站外20米(马路上)无线电干扰值则变为81dBμV/m,所以,市区内无线电干扰水平较高是道路交通等多种因素造成的。

3、噪声监测结果分析

500kV变电站均为户外站,其主控室和保护室内噪声在(41～44)dB之间,500kV设备区噪声在(57～62)dB之间,主变压器前1米噪声在(75～81)dB之间。

500kV变电站围墙外1米处噪声为(44～59)dB,离设备区近的地方,噪声明显加大。50米处噪声值在(47～52)dB之间,衰减较慢。

所监测的220kV变电站主要是位于市区内的变电站,有户内站也有户外站。主控室和保护室内噪声多数都小于45dB,只有西八里庄220kV变电站主控室和保护室内噪声达到(50～53)dB,分析原因主要是受外界影响。

220kV变电站围墙外1米处噪声为(49～69)dB,如果排除掉外界噪声的影响,那么220kV变电站围墙外1米处的噪声基本处于(49～55)dB之间。

所监测的110kV变电站均在市区,周围环境复杂,在尽量避免影响最大的交通噪声的地方,110kV变电站噪声监测结果为(48～50)dB。

五、结论与建议

在没有架空高压线的影响时,变电站外的工频电场和工频磁场是符合标准限值的。因此,在建设高压变电站时要注意设计和布置好架空进出线的走向和位置,尤其是周围有居民住宅等敏感建筑物时,应尽量避让民房,尽量选取距离民房远的方向设置进出线和变压器。

变压器是变电站内的主要噪声源,变电站外的噪声值与变压器的距离和相对位置有很大关系,所以在设计和建设变电站时应尽可能地将变压器放置在室内,或与站外敏感建筑物之间有主控机房等建筑遮挡的地方,并尽量选择低噪声变压器,以减小对周围居民的影响。

编辑:王淑华 E-mail: wangsh@cesi.ac.cn

(上接第77页)

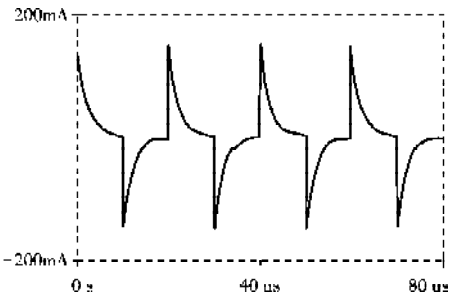


图7 R_S'=1kΩ时,电流i_{G2}波形

4. 驱动电路

采用TL494脉宽调制器产生可调的PWM波在经过光藕6N137进行隔离传送到驱动电路驱动开关管。驱动电路如图8所示。

当光藕导通时,三极管Q1导通将T2管基极电压拉下来,使得T2截止。功率管栅极经100Ω电阻充电使它导通。当光藕器件截止时,Q1由二极管D1和电容C1组成的加速网络向三极管提供基极电流使三管导通并由此将MOSFET的栅极接地,迫使其关断。为了防止栅极过压击穿,在栅源间加稳压二极管保护。同时栅极串接10Ω左右的阻尼电阻,防止栅极振荡过压,且阻尼电阻并联了加速电容。

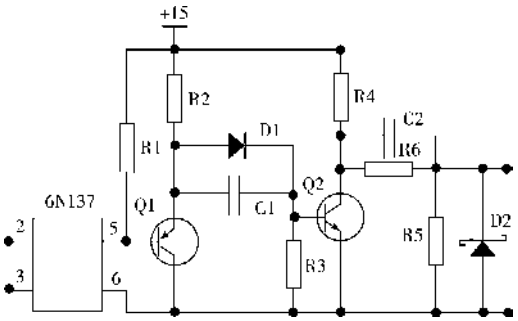


图8 驱动电路

该电源是为开发快速瞬变脉冲群发生器而研制的,它具有体积小,产生噪声小,抗干扰能力强等优点,经过使用运行良好,基本达到了预期的技术指标。

参考文献

1 何希才. 新型开关电源设计与应用. 北京 科学出版社. 2001
2 王瑞华. 脉冲变压器的设计. 北京 科学出版社. 1987
3 吴建强等. 吸收法抑制高频高压变压器分布电容的研究. 电力电子技术. 2002(6)

编辑:刘青
E-mail: liuqing@cesi.ac.cn

© 1994-2007 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net