单端反激式开关电源中高频变压器的建模与仿真测试研究

Research of Simulation Test and Modeling on High Frequency Transformer in Swithing Power Supply of single-ended Fly-back

郭华旺[1]，李晓青[1]，王飞飞[2]
1. 兰州交通大学 自动化与电气工程学院(甘肃 兰州 730070)；
2. 兰州铁路局(宁夏，中卫 755000)
Guo Huawang[1], Li xiaoqing[1], Wang Feifei[2]
1.School of Automation & Electrical Engineering, Lanzhou Jiaotong University, (Lanzhou, 730070, China);
2. Lanzhou Railwayboard (Ningxia, Zhongwei, 755000, China)

摘 要：高频变压器的设计是单端反激式开关电源设计的核心。如果在单端反激式开关电源中高频变压器的设计初步完成以后，不对高频变压器进行电路的仿真而是直接进行制作和实验调试，尽管最终可以得到实验所要求的各项性能指标，但是可能会花费大量的费用和时间。本文采用PExprt软件对单端反激式开关电源中高频变压器建立模型并运用PSPICE软件进行仿真，仿真结果表明本方法是可行的。

关键词：高频变压器 PExprt PSPICE 仿真测试

Abstract: *The key in the design of the switching power supply of single-ended fly-back is the design of high-frequency transformer.* After completing preliminary design of switching power supply of single-ended Fly-back, if we plat and debug directly instead of going on simulating at first, although we can reach all the performance indices of the test, it will cost much more funds and time. This paper adopts PExprt software in modeling high-frequency transformer of the switching power supply of single-ended Fly-back, and PSPICE software in simulation. The results of simulation prove that the method is available.

Keywords: High frequency transformer, PExprt, PSPICE, Simulative test

[中图分类号]TN86 [文献标识码] A 文章编号：1561-0349(2011)10-0027-03

1 引言

单端反激式开关电源的设计初步完成以后如果不进行电路的仿真而是直接进行制板和实验调试，尽管最终可以得到实验所要求的各项性能指标，但是可能会花费大量的费用和时间[1]。而反激式高频变压器是反激开关电源的核心，它决定了反激变换器一系列的重要参数，所以对高频变压器进行

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

仿真测试是非常有必要的[2]。文献[3]详细介绍了单端反激式开关电源中高频变压器的设计方法和步骤；文献[4]介绍了应用软件PI Transformer Designer 6.5在高频变压器设计中参数的选择以及注意事项；文献[5]对高频变压器的设计进行了分析，应用PowerEsim软件对变压器参数进行仿真优化，提高了开关电源的效率。本文采用PExprt软件建立高频变压器模型并运用PSPICE软件进行仿真。

2 运用PExprt建立高频变压器的模型

运用PExprt建立高频变压器仿真模型的步骤如下：

(1) 计算高频变压器建模所需要的相关参数，并填入相应的表格内，如图1所示。本文需要设计一个具有多路输出的单端反激式高频变压器，其设计要求为，在直流输入170V到700V范围内，输出1路5V/1A，1路24V/2A，1路15V/0.2A，1路-15V/0.2A，3路15V/0.15A，1路15V/0.3A的输出电压。总的输出功率P_O=70.25W，开关的频率为100kHZ。

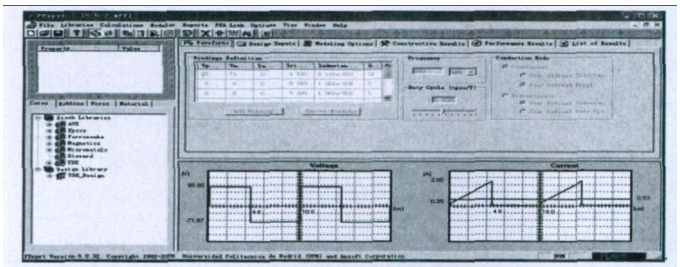


图1 设置高频变压器的参数

(2) 设置高频变压器模型求解的相关参数。高频变压器模型求解的相关参数设置如图2所示。本文所设计的高频变压器几何形状为同心的，工作于正常的环境温度下，且允许不同的绕组缠绕在同一层。例如，两个平行绕组可能被放置在同一层。在设计高频变压器时绕组的损耗包括谐波损耗和交流电阻的损耗，磁芯的损耗按Steinmetz的方法进行计算。并且运用PExprt提供的优化方法进行优化。

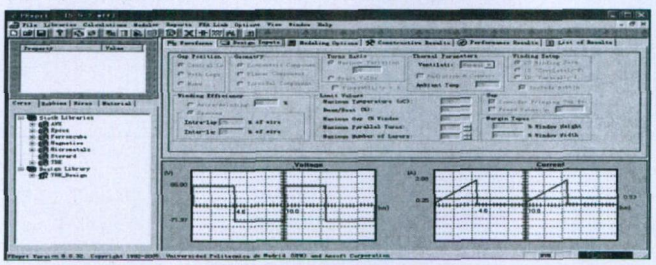


图2 设置高频变压器模型求解的相关参数

(3) 模型的求解。在设计好模型求解的相关参数后就可以进行模型的求解了。在计算机自动完成模型过程后可以很方便的查看所设计的高频变压器的模型。其中，可行性结果的窗口可以显示磁芯的尺寸、绕组支架的尺寸、磁芯材料、磁芯所在的库以及绕组的规格、绕组的匝数等。性能结果窗口包含两个部分：输入/输出数据区域和图形信息区域。其中输入/输出数据区域用于显示性能测试结果的数值，包括磁芯损耗、绕组损耗、总的损耗、电流密度、磁通密度等。图形信息区域用于以图形方式表示以下参数：电源损耗分布、窗口的利用率等。结果列表窗口列出了所有满足设计要求的磁芯的型号，以及相关的参数。并且运用图表的方式清新地显示它们的电源损耗，通过它可以很方便的查看并比较各个磁芯的性能。最后，可以通过模型窗口清楚地查看本设计的高频变压器模型的绕组排列情况。如图3所示。

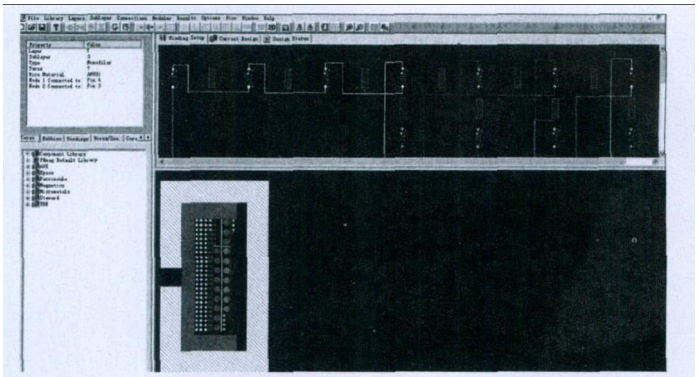


图3 模型窗口

(4) 静电场分析。运用静电场求解器可以进行静电场的分析。静电场求解器用于分析由直流电压源、永磁材料、高电压绝缘体中的电荷/密度套管、断路器及其它静态泄放装置所引起的静电场。材料类型包括各种绝缘体(各种异性及特性随位置变化的材料)及理想导体。该模块能自动计算力矩、转矩、电能及储能等参数。运用静电场求解器求解，求解得到的能量分布图如图4所示。

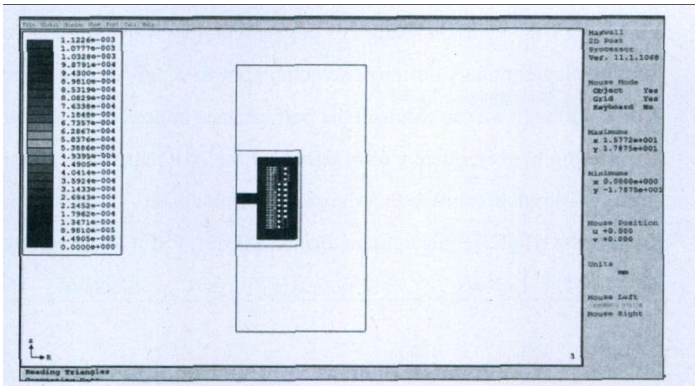


图4 运用静电场求解器求解出的能量分布图

(5) 涡流场分析。对于工程电磁场问题，当分析正弦激励源下的物理现象时，如电机、变压器的涡流损耗计算，如利用涡流效应来产生力和热的直线感应电机、感应加热设备设计等，需要进行涡流分析。在PExprt中可以运用涡流场求解器分析受涡流、趋肤效应、临近效应影响的系统。它求解的

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

频率范围可以从0到数百兆赫兹，应用范围覆盖母线、电机、变压器、绕组及无损系统。它能够自动计算损耗、铁损、不同频率所所对应的阻抗、力、转矩电感和储能。此外，还能以云图或者矢量图的形式给出整个相应的磁力线、磁通密度和磁场强度的分布、电流的分布及能量密度等结果。运用涡流场求解器进行求解，求解得到的损耗分布图如图5所示。

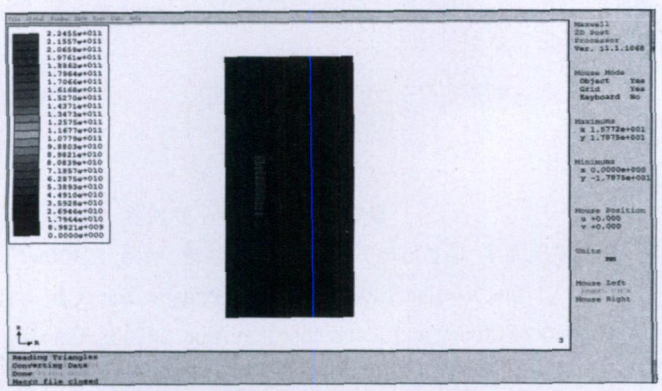


图5 运用涡流场求解器求解出的损耗分布图

3 高频变压器的仿真测试

为了验证本文所设计的高频变压器的正确性，本文把运用PExprt建立的高频变压器模型导出到ORCAD/PSPICE进行测试。高频变压器的测试电路如图6所示。

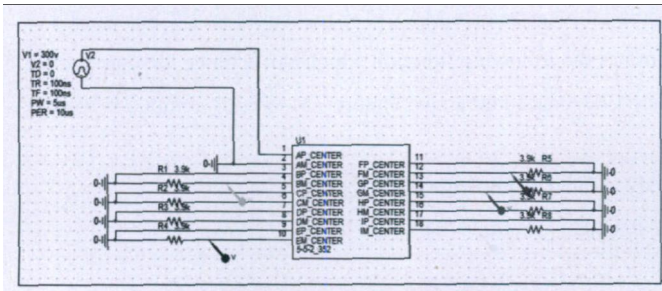


图6 高频变压器的测试电路

测试后的波形如图7所示。

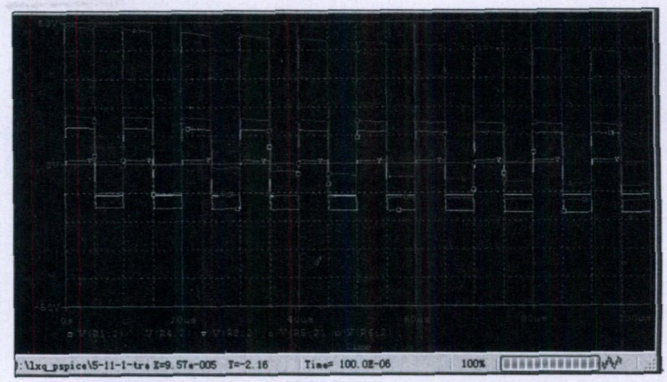


图7 高频变压器的测试波形图

仿真实验证明运用PExprt设计的高频变压器是正确可用的。

4 结束语

采用PExprt软件对单端反激式开关电源中的高频变压器建立模型并运用ORCAD/PSPICE实现对高频变压器的仿真，可以验证高频变压器设计的正确性和合理性，进而可以提高开关电源设计的合理性和可靠性。但是，实际应用中发现在仿真含高频变压器的电源电路时，计算机的运行速度比较慢，为了提高仿真速度，更进一步确保高频变压器设计的合理性和可靠性，可以用数学方法实现高频变压器的建模，并应用Matlab/simulink进行仿真,将其仿真结果与实际电路进行对比验证，这有待进一步的研究和探索。

参考文献

[1] Chung H.Sh.H..A zero current-switching pwm flyback converter with a simple auxiliaty switch[J]. IEEE Trans.on Power Eleetronics.1999,14(2):329-341.

[2] Steven M.Sandler.Switchmode Power Supply Simulation with PSPICE and SPICE3[M]. The McGraw-Hill Companies,2006.

[3] 孙海蜂，蒋红梅，崔玲玲．单端反激电路中高频变压器的设计[J].电源世界,2007,(10):66-68.

[4] 沙占友，王彦朋，孟志勇.高频变压器设计软件PI Transformer Designer 6.5及其应用[J].电源技术应用.2007,10(11):358-64.

[5] 杨文广.基于PowerEsim的开关电源中的高频变压器设计[J].仪器仪表用户.2009,16(2):69-71.

作者简介

郭华旺(1986-)，男，硕士研究生，兰州交通大学自动化与电气工程学院控制理论与控制工程专业，研究方向为智能控制与智能系统。

扬州新兴产业加速　2015年产值将突破7000亿

日前，扬州市新兴产业“十二五”发展规划正式出台，规划指出，未来5年扬州将实现新兴产业规模双倍增，加快发展新能源、新光源、新材料和智能电网产业，积极培育电子书和节能环保产业，至2015年，全市六大新兴产业产值突破7000亿元，年均增长约36%；产值占规模以上工业总产值的比重达到40%。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net