

一种反激式开关电源高频变压器的设计方法

毛照中¹ 李连玉¹ 杨琛²

(1.哈尔滨理工大学测控技术与通信工程学院 黑龙江 哈尔滨 150040;

2.太原理工大学测控技术研究所 山西 太原 030024)

【摘要】以优化高频变压器的磁芯功率损耗和绕组功率损耗为目标,以单端反激式变压器为例建立了高频变压器的总功率损耗计算模型。在该功率损耗计算模型的基础上结合从系统角度设计开关电源的方法,采用一种基于模拟退火算法的高频变换器的优化设计方法,得到了设计参数的最优取值。

【关键词】高频变压器;模拟退火算法;优化

0.引言

随着电子信息技术的不断发展^[1],各类电子设备在客观上要求小型化、轻量化和提高可靠性。为了适应这种要求需要开展DC-DC变换器的高频化研究。在各种变换器的拓扑结构中,单端反激电路具有很多优点,其中最主要的优点是电路简单,成本低,适合多路输出。由于电路简单,在小功率情况下体积可以做得最小,这种变换器拓扑结构在小功率的变换器设计中得到广泛采用。

单端反激DC-DC变换器中的变压器工作时相当于一个带有两个(或多个)绕组的电感,这一点不同于典型的变压器^[2]。初级线圈用于磁化磁芯,并且在磁芯损耗方面,磁芯损耗(PL)主要由三部分组成:磁滞损耗(Ph),涡流损耗(Pe)和剩余损耗(Pr)。其他讲了一些关于绕组、磁芯等的基本概念并没有提出新意的观点。在每个周期开关导通时间内存储能量,次级线圈用于磁芯的退磁,并将在开关管导通时间内变压器存储的能量传递给负载。所以在设计高频反激变压器时必须考虑设计的变压器能传递所需要的能量。另外,为了设计高效率的变换器还需要考虑变压器的功率损耗。

2.单端反激变压器功率损耗模型的建立

以高频单端反激变压器为例推导计算变压器总功率损耗的数学模型:通过功率损耗分离的方法可以将变压器的功率损耗写成磁芯功率损耗与绕组功率损耗的总和^[2]。

2.1 磁芯功率损耗

变压器的功率损耗可以分为磁芯功率损耗和绕组功率损耗,而磁芯功率损耗主要是由涡流功率损耗和磁滞功率损耗构成的。磁损的计算公式如下:

$$P_{fc} = \frac{1000 * P_{cv} * G}{d} \quad (1)$$

P_{fc} (W)——磁芯损耗;

P_{cv} (Kw/m^3)——磁芯单位体积损耗密度;

G (Kg)——磁芯重量;

d (Kg/m^3)——密度;

2.2 绕组损耗

在电力电子领域,为了分析和设计在非正弦条件下的传统高频变压器的绕组,陆续研究出一些实用的分析方法,一般是通过分析得到绕组的交流电阻,然后由交流电阻计算绕组功率损耗。绕组的功率损耗也可以用下面的公式表达:

$$P_{cu} = \frac{I_{cm}^2 \cdot Kr \cdot \rho \cdot MLT \cdot N}{S_a} \quad (2)$$

其中, I_{cm} 为通过高频变压器绕组的电流有效值; Kr 为趋肤系数; ρ 为铜的电阻率; MLT 为平均匝长度(单位m/匝); N 为线圈的匝数; S_a 为绕线的横截面积。

3.优化设计思路

传统的变换器设计沿用了工频变压器的设计方法,特点是工作磁感应强度变化 ΔB 、最大导通比 D_{max} 通常由经验确定,然后通过反复试验加以调整,最后完成设计。这样设计的缺点是,往往要进行反复的重新设计来积累经验,对变换器的整体设计造成影响,需要多次重新调整变换器的整体设计,而且往往选择的参数并没有达到系统最优。模拟退火算法是一种基于随机搜索的最优算法,该算法非常适用于工程实际求解最优解。本文提出新的设计方法是在最初的设计中引入功耗计算,选择最小功耗的方案,确定最小功耗前提下的 ΔB 和 D_{max} 的最优选择,进一步设计变换器整体设计中的其他参数。本文探讨了在效率最高、损耗最低、温升最低的约束条件下 B_m 、 J 的最优值,建立数学模型,并通过模拟退火算法实现优化设计^[3]。

收稿日期:2009-12-16

作者简介:毛照中(1982—),男,硕士,哈尔滨理工大学测控技术与通信工程学院。

李连玉(1982—),男,硕士研究生,哈尔滨理工大学测控技术与通信工程学院。

杨琛(1982—),男,硕士,太原理工大学测控技术与通信工程学院。

根据本文在前面的到的结论:当变压器初级铜损等于次级铜损、磁芯损耗等于绕组损耗时,变压器总损耗最小。以反激变换器为入手点,建立方程:

$$Z = P_{Cu} \frac{G}{d} * 1000 + \frac{4K_1 K_2 D^{\frac{3}{2}} I_0^2 V_0^2 K_{Tp} MLT \left[1 + \left(\frac{k_1 \sqrt{D_{max}}}{\eta} - 1 \right) \right]}{\eta K_w f^2 A_p A_e (B_m - B_r)^2} \quad (3)$$

其中:G为磁芯重量;K_r趋肤系数;K₁为A_p余量;K₂为铜损余量;磁芯选最为常用的PC40磁芯,则P_{Cv}有:

$$P_{Cv} = 89 * 10^{-6} * \Delta B^{1.637} * f^{1.8} \quad (4)$$

由上式即可求出变压器总损耗最小时和D的最佳值。

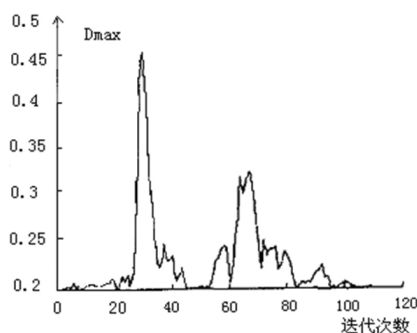


图1 占空比最优的迭代过程

本文利用模拟退火算法研制300kHz的AC-DC高频变

器^[4]。其据以指标为:电结构为单端反激,工作方式为连续电流工作模式,输入电压为交流220V,输出电压为5V,输出电流为0.05~2A,工作频率为300kHz,效率为90%。其中的取值范围为0.0001~0.07T,D_{max}的范围为:0.2~0.5。利用模拟退火算法,退火策略选用指数型退温: $t_k = a^k t_0$;其中a为一个小于零的常数。a越小,退火速度越快。 t_0 为初始温度,这里选1000。下图1所示的为在整个迭代过程中,D_{max}整体最优解的变化过程。

4. 结语

通过理论推导建立了高频反激变压器总功率损耗的数学模型,提出利用数据拟合技术和模拟退火算法求解高频反激变压器的总功率损耗最小时 ΔB 和D_{max}的最优取值的优化设计思想。提出一种优化设计高频DC-DC变换器的方法,以单端反激变压器为例,通过遗传算法得到 ΔB 、D_{max}和L_p的最优取值的优化设计。试验验证采用这种优化设计方法设计的反激变换器具有很高的效率。科

【参考文献】

- [1]张占松,蔡宣三.开关电源原理与设计[M].北京:电子工业出版社,1998.
- [2]赵修科.开关电源中磁性元器件[M].南京:南京航空航天大学自动化学院,2004.
- [3]王耕富.高频电源变压器磁芯的设计原理[J].磁性材料与器件,2000.
- [4]王凌.智能优化算法及其应用[M].北京:清华大学出版社,2001.

【参考文献】

- [1]钟启泉,等.基础教育课程改革纲要(试行)解读[M].上海:华东师范大学出版社,2001.
- [2]F. de Saussure.普通语言学教程[M].高名凯,译.北京:商务印书馆,1980.
- [3]余胜泉,吴娟.信息技术与课程整合——网络时代的教学模式与方法[M].上海:上海教育出版社,2005.
- [4]丁兴富.远程教育[M].北京:北京师范大学出版社,2001.
- [5]伊俊华,庄榕霞,戴正南.教育技术学导论[M].北京:高等教育出版社,1996.
- [6]刘利民,官忠明.概念的心理特性及其语词符号启动[J].四川大学学报,2003, No.6.
- [7]何克抗.关于教育技术学逻辑起点的论证与思考[J].电化教育研究,2005.
- [8]辞海[M].上海:上海辞书出版社,1979年版.

(上接第44页)为学生创设良好的信息技术学习环境;在教学中引导学生利用信息技术工具进行自主学习;指导学生利用信息技术工具进行协作学习

3.5 激发学生主动参与认知实践活动的主动性

利用信息化学习资源,组织多种形式的课堂教学讨论、角色扮演、辩论、竞赛等活动形式,完成教学目标;利用信息化学习资源,创设问题情境,组织学生通过实验、制作、动手操作,尝试错误等活动,完成学习任务。

整合之初,(缺乏信息技术基础的)教师学习信息技术和基本的整合理论,将技术尝试整合到教学中,用技术帮助教学经验发挥作用,并不断积累经验。随着经验的增加,教师能较好地运用信息技术,并可能结合学科内容的特点将自己的教学艺术、教学风格和教学能力比较充分地展现出来。

随着科学技术不断向前发展,信息技术与课程整合的基本理论的探索,逐步实现深层次的整合,在以后的操作实践中会不断有新的收获,对我们的实践作出更大的贡献,而且充分突出教育作为创造性劳动的魅力,教学不再是枯燥的活动,教师不再是古井不波的职业,学生真正有望成为创新人才。科