

非接触式感应能量传输系统的分析与设计

关学忠¹, 孙胜勇¹, 杨静², 张成胜³, 董南南⁴, 叶中华⁵

1. 大庆石油学院, 黑龙江 大庆 163318; 2. 大庆油田有限责任公司, 黑龙江 大庆 163414; 3. 黑龙江八一农垦大学, 黑龙江 大庆 163319; 4. 大庆石化公司, 黑龙江 大庆 163714; 5. 大庆炼化公司, 黑龙江 大庆 163411

2008-07-29

摘要: 非接触式能量传输在不同的领域具有很好的应用价值。阐述了非接触式能量传输系统的组成及其基本原理, 分析了影响系统能量传输效率的因素, 给出了相应的解决方案, 设计出了一种非接触式能量传输系统, 并且根据实际电路对非接触能量传输系统的影响因素进行了详细的分析。

关键词: 非接触; 能量传输; 系统设计

众所周知, 接触式能量传输系统主要通过导线进行能量传输。在传输能量的过程中, 由于插头与插座的接触摩擦而产生火花, 这样在有些场所(如石油、化工企业)就很容易产生危险, 甚至引起爆炸, 对企业和人身造成重大伤害。由于上述问题的存在, 非接触式能量传输系统变得尤其具有吸引力。近年来, 非接触式感应能量传输在许多方面都得到了应用, 例如: 电动剃须刀充电、电动汽车充电、电机驱动等。非接触式能量传输系统的主要优点有: 无接触磨损、无接触电阻、无火花等。

1 系统组成及基本原理

非接触式能量传输系统主要应用了电力电子技术和电磁感应原理。系统通常由原边电路、非接触磁系统、副边电路以及驱动电路组成, 如图1所示。原边电路与副边电路均有一块磁芯, 它们之间有一段空气间隙, 彼此通过磁场耦合联系。原边电路将输入的220V交流电整流、滤波, 输出稳定的直流电。然后再经过控制电路的驱动, 将直流电转换成高频的交流电, 作用于原边线圈, 从而使原边线圈产生磁场并通过空气间隙将磁场能量传递到副边。根据电磁感应原理可知, 副边将产生交流电, 对副边采用整流、滤波后得到直流电输出。最终, 整个系统实现了非接触能量传输。

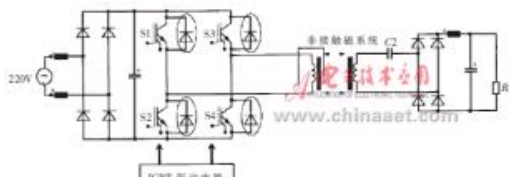


图1 非接触感应能量传输系统原理图

2 非接触式磁系统

非接触式磁系统是能量传输系统的核心部分, 主要由可分离的变压器构成。目前使用比较多的非接触磁系统的绕线方法主要有如图2所示的几种形式。

在实际应用中发现, 图2(b)和图2(d)两种绕线方法更加合理, 线圈耦合得较好, 本文采用的是图2(b)磁系统。但是, 无论哪种形式的非接触式磁系统都可以用如图3所示的电路等价, 图中, L_h 代表非接触式磁系统的主电感, L_{18} 和 L_{26} 代表泄露电感, R_1 和 R_2 代表初、次级线圈的等效阻抗。其中, L_h 、 L_{18} 以及 L_{26} 可以用相应的仿真软件来获得, 例如FLUX2D^[1]仿真工具。但是, 在实际的应用中, 如果忽略 R_1 、 R_2 的影响, 主电感 L_h 及泄露电感 L_{18} 、 L_{26} 完全可以根据下面的经验公式^[2]来获得:

$$L_h = \frac{N_1}{N_2} \cdot \frac{U_{2w}}{2\pi f_1 \cdot i_{1w}} \quad (1)$$

$$L_w = \frac{U_{1w} - \frac{N_1}{N_2} U_{2w}}{2\pi f_1 \cdot i_{1w}} \quad (2)$$

$$L_{26} = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{\sqrt{(U_{1w} - 2\pi f_1 L_w i_{1w})^2 - \left(\frac{N_1}{N_2} U_{2w}\right)^2}}{2\pi f_1 \cdot i_{1w}} \quad (3)$$

热点专题

- 信心09, 冬天来了, 春天还会远吗?
- 低功耗技术, 是鸡还是蛋?
- 华北计算机系统工程研究所(电子六所)总结表彰暨春节联欢会
- Powerwise 高效能解决方案
- 2008Security China中国国际社会公共安全产品博览会
- 视频信号处理技术
- 2008嵌入式技术创新及...
- 2008飞思卡尔技术论坛
- Altera公司SOPC...
- 第十届高交会电子展
- 科技闪耀北京奥运
- ADLINK DAY—2008年量测与自动化技术国际高峰论坛
- 中国电子学会Xilinx杯开放源码硬件创新大赛
- 赛灵思公司Virtex-5系列FPGA
- 3G知识
- IPTV
- 触摸屏技术
- RoHS

杂志精华

- 基于CC2430的无线传感器...
- 无线传感器网络应用系统综述
- 无线传感器网络在野外测量中的...
- 基于竞争的无线传感器网络
- 用于矿井环境监测的无线传感器...
- 具有自适应通信能力的无线传感...
- 基于传感器网络技术的深孔测径...
- 基于无线传感器网络的家庭安防...
- 基于ATmega128L与C...
- 无线传感器网络中移动节点设备...

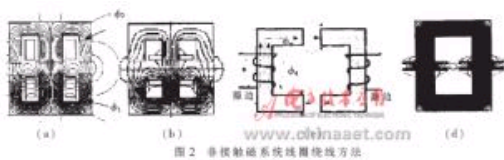


图2 非接触磁系统线圈绕线方法

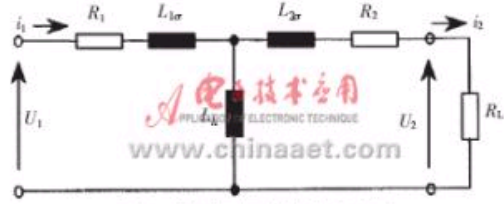


图3 非接触磁系统等价电路图

式中, $L_{1\sigma}$ 和 $L_{1\delta}$ 是在次级线圈空载的情况下求得的, $L_{2\delta}$ 是在次级线圈带负载的情况下求得的。

在实际的应用中发现, 影响非接触能量传输效率的因素很多, 如初、次级线圈的尺寸以及匝数的多少, 线圈中是否有高频磁芯, 初、次级空气间隙的大小, 传输频率等。其中空气间隙的大小是影响系统能量传输效率的最主要因素。在系统设计的过程中得到了如表1所示的实验数据, 实验中选取的磁芯为E型高频软磁铁氧体, 如图4所示, 初、次级线圈的匝数均为60匝, 线径为0.4mm。从表1中可以看出, 在不同空气间隙下, 主电感 L_h 和泄露电感 $L_{1\delta}$ 、 $L_{2\delta}$ 之间的参数值的变化情况, 随着空气间隙的不断加大, 主电感 L_h 急剧减小, 泄露电感 $L_{1\delta}$ 、 $L_{2\delta}$ 急剧增加, 从而严重影响了系统能量传输的效率。在实验中还发现, 提高传输频率可以增加 L_h 的值, 进而提高能量传输的效率, 但是当传输频率太高时(超过100kHz)会导致线圈的交流阻抗迅速增加, 使得电路中线圈的能量消耗巨大, 反而又影响了整个系统的能量传输。

表1 实验数据

空气间隙距离/mm	电感/ μH	$L_{1\delta}$	$L_{2\delta}$
0	520	21	19
2	411	77	73
5	283	143	135
10	91	237	230

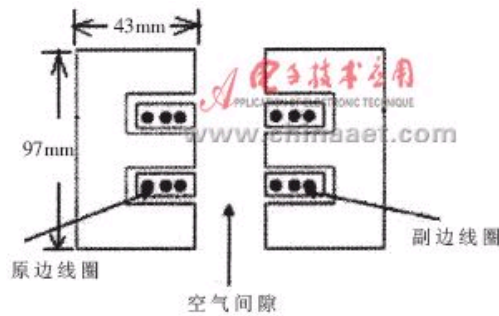


图4 E型磁芯剖面图

3 泄露电感的补偿

非接触磁系统的一个重要特性就是它的主电感较小而泄露电感较大, 这就严重影响了能量传输的效率。因此, 如何对非接触能量传输系统的泄露电感进行很好的补偿将成为提高系统传输效率的关键所在。目前采用的方法主要有串联补偿和并联补偿, 即在原边线圈和副边线圈中串联或并联高耐压值的电容, 以达到补偿泄露电感的目的, 本文采取的方法是在副边电路串联电容 C_2 , 如图1所示。串联电容的计算公式^[3]如下:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{K \cdot p}{1 + pA + p^2B} \quad (4)$$

$$K = \frac{N_2}{N_1} \cdot \frac{L_h R_L C_2}{L_h + L_{1\sigma}}$$

式中,

$$A = R_L C_2$$

$$B = L_{2\sigma} C_2 + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 \cdot \frac{L_h C_2 L_{1\sigma}}{L_h + L_{1\sigma}} \quad (5)$$

$$C_2 = \frac{L_h + L_{1\sigma}}{\left[L_{2\sigma} (L_h + L_{1\sigma}) + \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 L_h L_{1\sigma} \right] (2\pi f)^2}$$

在实际应用中发现, 电路中加入电容 C_2 后, 系统的传输效率得到了显著的提高。

4 高频逆变电路

高频逆变电路也是非接触式能量传输系统的重要组成部分。本系统的高频逆变电路主要由4个绝缘栅双极型晶体管(IGBT)构成, 如图1所示。IGBT的优点有饱和压降小、开关损耗小、耐压高, 并且每个IGBT内部反并联了快速恢复二极管, 可以及时地释放掉线圈中储存的能量。高频逆变电路的驱动部分由STC系列单片机和EXB841芯片构成, 首先由单片机产生50kHz的高频脉冲信号, 然后作用于EXB841的输入端产生专门用于驱动IGBT的电压信号, 驱动电压为15V, 具体的时序图如图5所示。从图中可以看出, 4个IGBT(S1/S4与S2/S3)交替导通与关断, 从而将原边输入的直流信号转变成高频交流信号。为了防止逆变电路出现短路现象, 即防止4个IGBT同时导通, 加入延时 t_v 是十分必要的。图中 ϕ 的变化范围

为 $0\sim 180^\circ$ ，当 $\varphi=0$ 时，S2和S3同时导通，原边电路电压降最小；当 $\varphi=180^\circ$ 时，电压降最大。

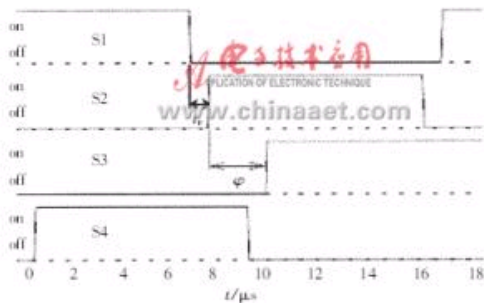


图5 IGBT驱动时序图

5 实验结果

图6给出了在50kHz条件下高频逆变电路的电压输出波形。从图中可以看出，整个电压波形近似于方波，而且具有很小的谐波信号（主要原因是IGBT具有微小的开关损耗），因此高频逆变电路的损耗功率是很小的。图7给出了在空气间隙为10mm的条件下原边能量耦合到副边后的高频电压波形。从图中可以看出，副边电路输出的电压几乎是方波信号。副边电路经过高速整流桥整流及电容滤波后得到稳定的直流信号供负载使用。

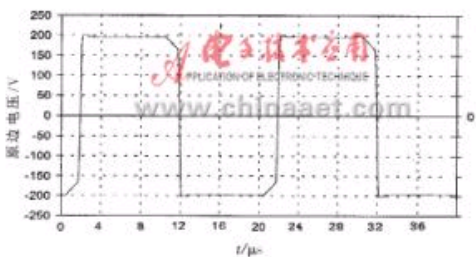


图6 高频逆变电路电压输出波形

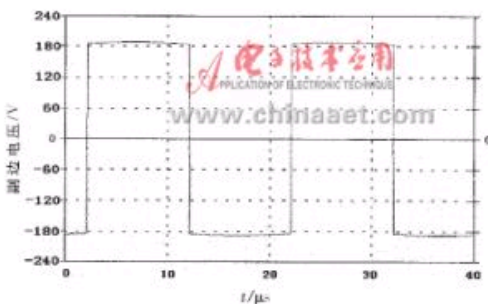


图7 副边电路电压输出波形

非接触式感应能量传输作为一种新的能量传输形式变得越来越具有吸引力。本文首先介绍了非接触式感应能量传输系统的组成及基本原理，然后详细分析了系统的各个部分，给出了影响能量传输效率的几种因素，并且给出了相应的解决方案。实验结果表明，本系统实现了较好的能量传输。

参考文献

- [1] YANG Y, JOVANOVICE M. Contactless electrical energy transmission system. U.S. Patent 6 301 128, Feb. 9, 2000.
- [2] SUGIMORI K. A study of contactless chargers for electric vehicles. Doctoral dissertation, 1999.
- [3] Trends in contactless energy transmission systems. Market Share Monthly by Yano Research Institute Ltd, 2001, (145):68-73.
- [4] ELLIOTT G, STIELAU O H, GREEN R M. Design of the contact-less battery charging system for the people-movers. New Zealand, 2000.
- [5] 李宏. 感应电能传输——电力电子及电气自动化的新领域[J]. 电气传动, 2001, (2): 61-64.
- [6] 武瑛, 陆严光, 黄常纲. 新型无接触电能传输系统的性能分析[J]. 电工电能新技术, 2003, 22 (4):10-13.

在线联系

添加到收藏夹

关于“非接触式感应能量传输系统的分析与设计”，我有如下需求或意向：



用户名: 密码: 验证码: 5829 欢迎注册

相关应用

- 基于32位微控制器MC68HC376的开发设计和应用

[版权声明](#) | [投稿须知](#) | [《电子技术应用》投稿](#) | [网站地图](#) | [帮助中心](#) | [广告中心](#) | [关于我们](#) | [管理员信箱](#)

[回到顶端](#)

《电子技术应用》编辑部版权所有

地址: 北京海淀区清华东路25号电子六所大厦

联系电话: 82306084 / 82306085 传真: 62311179 京ICP备05053646号

推荐分辨率1024*768 IE6.0版本

