

# 基于特斯拉线圈的无线充电模型设计

王毅伟 郭颖

(辽宁石油化工大学信息与控制工程学院 抚顺 113001)

**摘要:**在无线电能传输的研究中,广为人知的是发明者尼古拉·特斯拉发明的火花间隙特斯拉线圈,虽然该线圈结构简单原理易懂,但是其大电压、大电流的工作模式会危及使用者的生命安全。针对此问题设计了固态追频特斯拉线圈和固态定频特斯拉线圈,在实现无线电能传输的基础上保障了使用者安全。经实验证明,设计的3种电路无论是否正常工作,都不会产生危及使用者生命的电压电流。其中固态追频特斯拉线圈可以在9 V电池供电的情况下点亮节能灯,固态定频特斯拉线圈可以在12 V直流电压供电的情况下实现次级线圈尖端放电。

**关键词:**特斯拉线圈;无线电能传输;固态特斯拉线圈

**中图分类号:** TN7      **文献标识码:** A      **国家标准学科分类代码:** 510.10

## Design of wireless charging model based on Tesla coil

Wang Yiwei Guo Ying

(School of Information and Control Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

**Abstract:** The SGTC(spark gap tesla coil) invented by Nikola Tesla is widely known under the research of wireless electric energy transmission. Although the structure of the coil is easy, but it works under large voltage and large current, which are danger to the users. The frequency tracking SSTC(solid state Tesla coil) and fixed frequency SSTC are designed in this paper, which can achieve wireless electric energy transmission and ensure the safty of the users at the same time. It is proved by experiments that the three circuits will not produce unsafe voltage and current, no matter it is under regular work or not. The frequency tracking SSTC can light the energy saving lamp under the power of 9 V battery, the fixed frequency SSTC can achieve secondary coil discharge under the power of 12 V DC.

**Keywords:** Tesla coil; wireless power transmission; SSTC

### 1 引言

由于常规的电力传输越来越无法满足人们的日常需求,人们开始把目光投向了无线充电,因此无线充电成为了时下研究的热点。传统的特斯拉线圈<sup>[1]</sup>是在1891年由美籍塞尔维亚裔科学家尼古拉·特斯拉发明。该种特斯拉线圈为传统的火花间隙特斯拉线圈,其工作原理为利用谐振的方式,使两级线圈振荡升压,让放电终端可获得高频高压的交流电,即用高压谐振进行能量转换的高压发生装置。该种特斯拉线圈的一大弊端是初级线圈必须产生火花间隙,通过火花间隙制造出来的谐振频率传输电能,而产生火花间隙就使得电路中必须有大电压和大电流。使用者在操作火花间隙特斯拉线圈时,稍有错误就会危及

生命安全<sup>[2]</sup>。

在科学研究中为了避免使用者受到伤害,国内外使用者会穿上昂贵的特制衣服“法拉第笼”,因为“法拉第笼”可以把使用者接触到的危险电流直接导入大地中。除了上述方法外就是改良特斯拉线圈的电路,国内外中应用最为广泛的电路是固态特斯拉线圈,因为该电路中不会产生大电压和大电流,这也就从设计上保障了使用者的安全。

本文设计的3款新型电路就属于固态特斯拉线圈的范畴,相比于一般而言的准连续波双谐振固态特斯拉线圈、连续波双谐振固态特斯拉、固态-真空管特斯拉线圈等固态特斯拉线圈而言,本文设计的特斯拉线圈在保证无线电能传输的基础上,具有更长的工作时间、较低的工作电压电流和简单的电路结构。

## 2 系统总体设计

本着取材简单、成本低廉、易于制作及推广的原则,设计了3种电路,主要实现以下功能。

1) 无线电能传输<sup>[3]</sup>。可以在9 V电源供电的情况下实现无线电能传输,即点亮次级线圈端的节能灯。

2) 次级线圈尖端火花放电。通过在次级线圈尖端放置铁钉的方式,使得次级线圈尖端放电,从而看到电弧。

## 3 电路设计

### 3.1 基本电路设计

基本电路由一个22 k $\Omega$ 电阻、2N2222A三极管、LED、9 V电源、初级线圈和次级线圈组成<sup>[4]</sup>,其电路如图1所示。

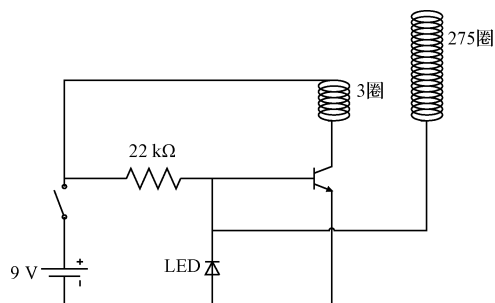


图1 基本电路连接示意

在该电路中,其工作过程描述如下。接通电路,22 k $\Omega$ 电阻驱动三极管的基极,三极管接通并驱动电流流入初级线圈,其中该电流(集电极)是受到基极电流限制的。集电极电流所创建的磁场驱动初级线圈端,使得次级线圈的电压变大。但是输出端的微小寄生电容会阻碍电压升高,在次级线圈端的电压上升至饱和的同时,初级线圈端电压下降,使得三极管的基极电流下降。二极管可以防止

基极电压下降超过0.7 V以下,确保三极管的偏置电压。此外该三极管关断,磁场开始减小。基极电压再次上升和三极管接通,重复该循环,实现特斯拉线圈的正常工作<sup>[5]</sup>。

### 3.2 拓展电路一(功率增强型的固态追频特斯拉线圈)

相比于基本电路,拓展电路一在传输功率上有所提升,其供电方式也改为实验室电源供电,高功率 MOSFET 晶体管 2SK2542 代替了普通三极管<sup>[6]</sup>,同时也增加了一个 MIC4452 栅极驱动器,其电路如图2所示。

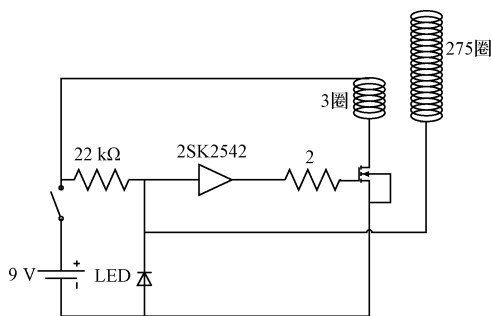


图2 拓展电路一

在该电路中,提高了初级线圈的发出功率<sup>[7]</sup>,则相应的次级线圈的接收功率也变大了,进而使得该装置可以传输更高的能量,演示现象时效果更为明显。值得注意的是,因为电路中 $L$ 和 $C$ 的值相较于基本电路未改变,使得谐振频率也没有改变。经过计算得知,该电路中的谐振频率在1 MHz左右,这就要求电路中的MOSFET晶体管也可以在这样的频率工作,否则电路不会产生振荡。

### 3.3 拓展电路二(固态定频特斯拉线圈)

拓展电路二中,该电路由原来的固态追频特斯拉线圈改为固态定频特斯拉线圈。该电路相比于拓展电路一又增大了发射功率,使得使用者可以在次级线圈端引出电弧。该电路由施密特振荡电路、初级线圈和次级线圈组成<sup>[8]</sup>,详细电路如图3所示。

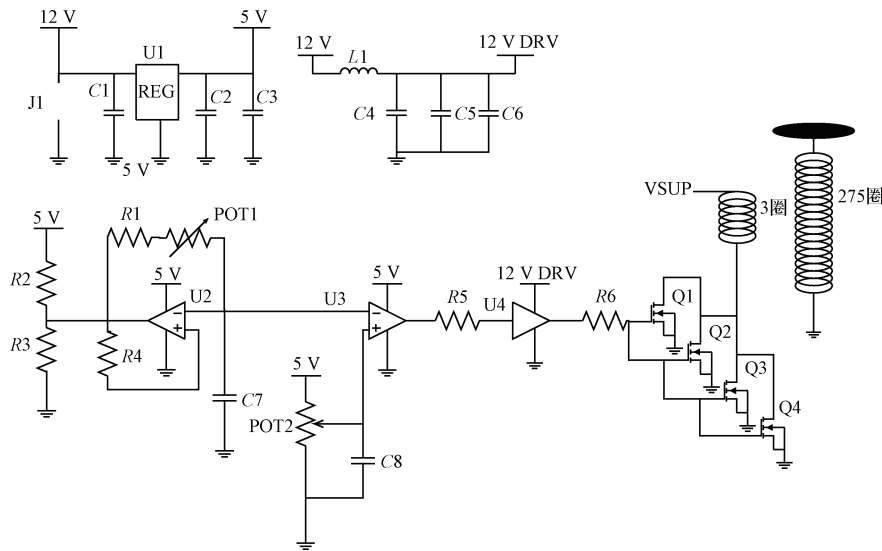


图3 拓展电路二

由图3可知,5 V电压由U1产生,该电压为低功耗比较器和运放电路供电。12 V电压由电感L1和电容过滤而成,该电压驱动U4的MOSFET栅极,此时MOSFET栅极电容中的电流会迅速达到峰值,使得电路中的噪声对振荡器电路的影响增大<sup>[9]</sup>。因此要注意地线的分布,确保振荡电路中的地线不是通过电源电路提供的。

固态定频特斯拉线圈的一大特点是需要调节电路中的发射频率,使其和谐振频率相吻合,只有这样才可以实现无线电能传输和次级线圈尖端放电。经过计算此电路中的谐振频率约为1 MHz。其中,U2是一个施密特触发器的振荡电路,可以通过POT1电位器调节电路中的频率为1 MHz。振荡器输出电路中把从电容C7输出的电压转变成锯齿波,该信号与POT2创建的直流电压相比较,产生一个占空比可调的PWM波。此PWM通过U4栅极驱动器控制Q1到Q4的MOSFET晶体管打开/关闭。当MOSFET打开时,初级线圈的电流改变<sup>[10]</sup>,当MOSFET关断时,电路中的能量会转换成一个大电压加在初级线圈,从而使次级线圈获得大电压,同时次级线圈会产生电弧。

特别说明,该电路为直流电源供电。

#### 4 实物测试及达到的技术指标

在根据本文设计的电路图实际焊接后,进行测试,实现了9 V电源如供电下无线电能传输和尖端火花放电,实物图4所示。在对比测试中,在同等距离点亮节能灯的条件下,火花间隙特斯拉输入电压为220 V交流电,输入电流为23 A,固态追频特斯拉线圈输入电压为12 V,输入电流为0.32 A,固态定频特斯拉线圈输入电压为32 V,输入电流为6 A。实验表明,固态追频特斯拉线圈在相同条件下具有更高的安全性,印证了实验设计初衷。

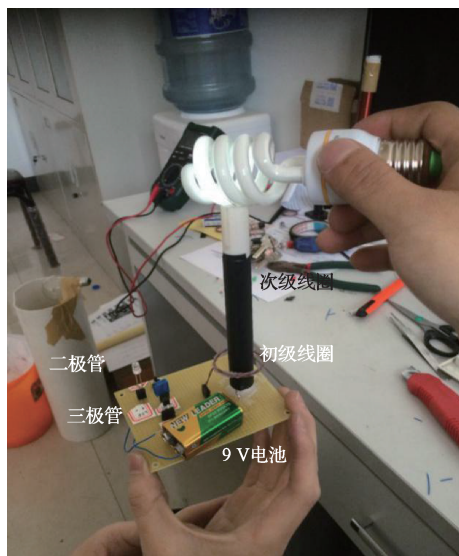


图4 实物效果

#### 5 结论

经过实验表明,本文设计的3款新颖特斯拉线圈解决了传统火花间隙特斯拉线圈安全性过低的问题。经过数据对比发现,固态追频特斯拉线圈更容易保持在谐振频率下传输电能,这也就大大提高了传输效率,节省了电能损耗。特别是固态追频的特斯拉线圈固有的电路特性,减少了设置谐振频率的步骤,简化了操作难度,使得小功率无线传输电能成为可能。虽然本文设计的特斯拉线圈有着如此多的优点,但是是否能应用于实际生活中在很大程度上还取决于传输效率。在以后的研究中,会根据传输效率问题做进一步探讨,继续挖掘新型电路的潜力。

#### 参考文献

- [1] 张自成,杨汉武,张建德,等.紧凑型Tesla变压器的参数测量[J].国防科技大学学报,2008(4):15-16.
- [2] 孙跃,王智慧,戴欣.非接触电能传输系统的频率稳定性研究[J].电工技术学报,2005,20(11):56-59.
- [3] 孙文军,芮国胜,张嵩,等.基于自激励振荡系统的混沌稳健检测模型[J].仪器仪表学报,2015,36(12):2657-2665.
- [4] 唐旭英.双耦合谐振回路选频特性仿真研究[J].国外电子测量技术,2015,34(3):42-45.
- [5] 黄文婷,郑婧,黄海,等.电力变压器振动信号分离方法研究[J].电子测量与仪器学报,2016,30(1):111-117.
- [6] LIU K Y, YANG Q, CHEN F, et al. Inductance calculation for 3D microsolenoids with single-layer coils[J]. Instrumentation, 2014, 1(2): 13-22.
- [7] 屠张杰,卜雄洙,徐森森.电磁耦合式无线供电在金属轴环境中的涡流损耗分析[J].电子测量技术,2016,39(3):38-41.
- [8] POPOV M, SLUIS L, SMEET S, et al. Analysis of very fast transients in layer-type transformer windings[J]. IEEE Trans Power Delivery, 2007, 22(1): 238-24.
- [9] 曾祥耀,饶玉凡.空心双谐振脉冲变压器的仿真研究[J].广东电力,2010(5):14-15.
- [10] 邹华昌,乔江,宋浩谊.开关电源的缓冲电路设计[J].微电子学,2008(2):25-26.

#### 作者简介

王毅伟,1992年出生,男,河北人。主要研究方向为智能仪器、控制系统、特斯拉线圈等。

郭颖,1979年出生,讲师,主要研究方向为智能仪器设计等。

E-mail:476354301@qq.com