

无线传能功效影响因素探究*

张立志 钱伟 方诗疆 胡安正

(湖北文理学院物理与电子工程学院 湖北 襄阳 441053)

(收稿日期:2018-12-19)

摘要:目前有关无线传输电能物理原理研究和应用比较常见,但是少见对其传能功效影响因素进行探究.基于磁耦合谐振式无线传能原理,利用单片机技术研制出一款无线传能功效模型,重点对传输功效的各种影响因素进行了探究,装置直观演示出多种因素与传能多少功效的定性关联效果.该装置可操作性强、造价低、安全性高,并易于推广.

关键词:电磁耦合谐振 无线传能 影响因素

磁耦合谐振式无线输电技术,是利用空间高频变化的无线电波或变化电磁场作为电能传输媒介进行电能无线传输的输电技术,近年对脱离金属导线的电能传输方式研究火热.本无线传能演示系统构造简单、可操控性强、造价低、安全性高,并易于推广,各种大小实验室均可操作使用,可作为无线电能传输研究模型,在探索无线电发展领域具有广阔的前景.

1 无线传能原理分析

无线传能传输技术目前主要有3种方式来实现:电磁感应耦合式、电磁波辐射式和磁耦合谐振式.本

系统基于磁耦合谐振式无线传能方式进行探究.

系统基于“电磁耦合谐振式无线传能的物理原理”传输电能,发送线圈通过串联谐振和接收线圈连接构成谐振体,发送线圈与接收线圈分别产生和接收磁场能量.利用电生磁、磁生电的物理原理,高频激磁电路在发送线圈中引起谐振作用,谐振线圈中产生高频电流.高频电流通过发送线圈产生高频磁场,该磁场在接收线圈上感应出电场,从而实现能量传输.

2 无线传能装置设计构想

系统框架结构图如图1所示.

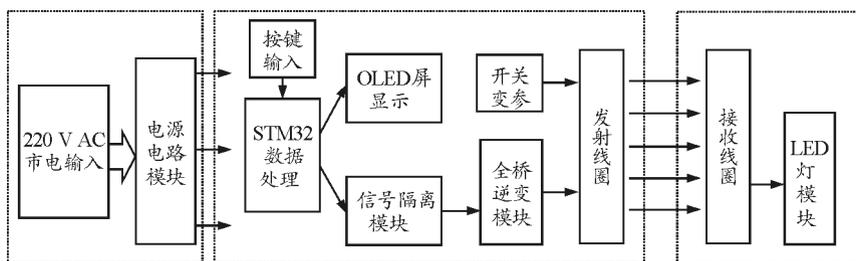


图1 系统框架结构图

影响传能多少的因素有谐振、两线圈的距离和两线圈的相对面积等.影响谐振的因素有谐振电容电容值、线圈电感值和频率.本装置为探究以上这几种与传能多少的关系,利用控制变量法,将接收端固定并不加谐振电容,只在发射端改变这3个因素.

两线圈距离和相对面积:发射端线圈固定,通过

移动处于滑轨上的接收端线圈来改变距离和相对面积.

线圈电感值:线圈采用松绕环形的方式绕制,根据实验需求,两线圈均用线径 $r=1\text{ mm}$ 的漆包线绕制,线圈的直径均为 20 cm .发射线圈共绕制 10 圈,从中间引出线头,使发射线圈可变换为 $2, 4, 6, 8, 10$

* 襄科计[2017]10号文件襄阳市科技研究与开发项目[第15号]资助.

通信作者:胡安正(1965-),男,教授,主要从事大学物理教学及研究.

圈,即改变电感值.接收线圈共绕制5圈.

发射线圈周围电路如图2所示.

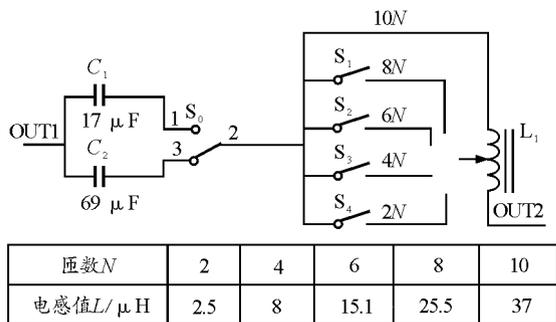


图2 发射线圈周围电路

谐振电容电容值:发射线圈采用串联谐振,考虑到不同的频率需要不同的谐振匹配,为控制变量,故而接收线圈不使用谐振,只在发射端设置电容值不同的谐振电容.

频率:通过按键输入,CPU处理来设定谐振频率.

能量状态:通过负载LED工作的状态可直观地反应传能的情况.

3 装置的硬件设计

系统采用 STM32F103RCT6 作为主控芯片,系统电路主要包括全桥逆变电路,接收电路及电源电路.主控芯片输出 PWM 波通过全桥驱动电路将直流电逆变为正弦交流电,通过发射线圈将其高效地转化为射频功率信号.接收线圈将接收到的交变信号经过整流桥转换为直流信号,给负载供电.

3.1 全桥逆变电路

全桥逆变电路将直流电转化为交流电,为发射端提供高频激励源,电路如图3所示.电路采用两块半桥驱动芯片 IR2104 组成一个全桥驱动.

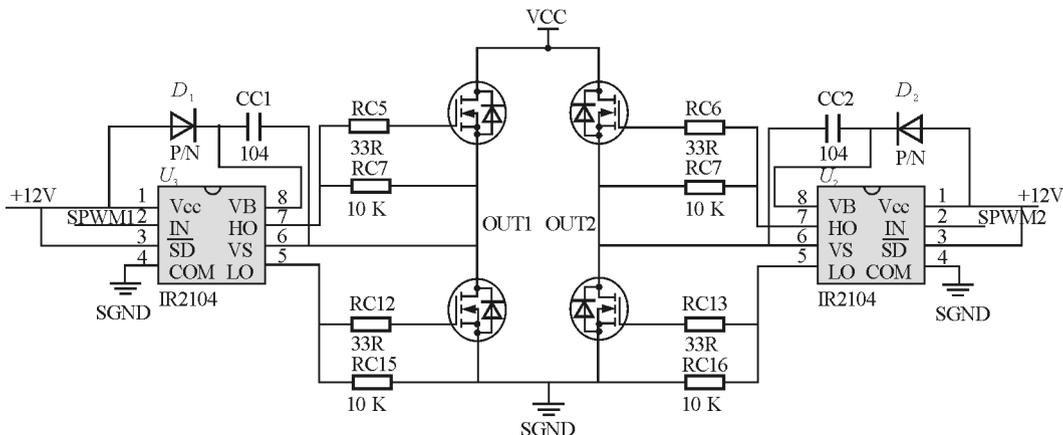


图3 全桥逆变电路图

3.2 谐振电路的设计

发射端采用串联谐振电路,当串联阻抗之和为零时,使得整个电路呈现纯阻性状态,从而使发射端效率达到最高,如图4所示.接收端不做谐振处理.

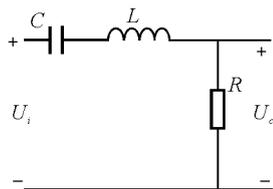


图4 串联谐振

3.3 接收电路的设计

接收端电路图如图5所示.接收端从接收线圈L感应得到电磁场信号,第一个二极管1N4007将接收到的交流电转变为直流电,每当二极管两端的电压达到其导通电压后二极管才会导通,实现接收的

能量越多时,LED灯光越强,且点亮的个数越多的效果.

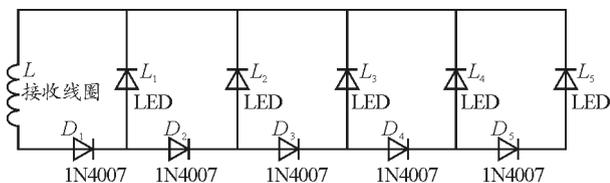


图5 接收端电路图

4 系统软件设计

图6为软件设计图,本系统软件的核心是SPWM程序的编写,SPWM是脉冲宽度按正弦规律变化的PWM波形,也称正弦脉宽调制.本系统采用双极性SPWM,通过STM32F103RCT6的高级定时器TIMER1产生两组互补PWM,为全桥逆变电路

提供振荡信号. 通过键盘输入, 更改线圈的振荡频率, 并将相应的参数显示在 OLED 屏上.

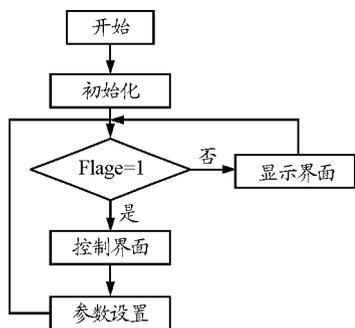


图6 软件设计图

SPWM 部分代码:

```

unsigned int count=0; // 采样计数点
const unsigned long int spwm[400]; // 采样
点的幅值
  
```

```

void Spwm_Out(void)
  
```

```

{
TIM_SetCompare1(TIM1, spwm[i]);
// 修改 TIM1 通道 1 的 PWM 占空比
TIM_SetCompare3(TIM1, spwm[i]);
// 修改 TIM1 通道 2 的 PWM 占空比
count++; // 采样点计数
if(count >= 400) count = 0; // 一周采样 400 个点
}
  
```

5 结论

系统实物图如图 7 所示. 本系统对影响无线传

能功效的相关因素进行了探究, 并可体现出这些因素与传能多少的定性关系.

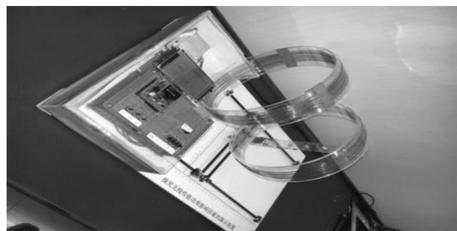


图7 系统实物图

(1) 两线圈距离越近, 通过接收线圈的磁通量越大, 负载 LED 灯的工作数量越多.

(2) 同理可知两线圈正对面积越大时, 负载 LED 灯的工作数量越多, 即传能功效越强.

(3) 谐振频率 f , 谐振电容值 C , 线圈电感值 L 满足下式时, 无线传能功效最佳.

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

目前无线电能传输技术有着传输效率不高、传输距离短等问题, 该装置通过探究相关影响因素以提供更多的解决问题的方法及方案.

参考文献

- 1 张国圆, 王习, 赵端. 磁耦合谐振式无线电能传输系统传输特性分析. 工矿自动化, 2015(8): 85 ~ 88
- 2 王振亚. 谐振式无线电能传输系统的优化设计: [硕士学位论文]. 广州: 华南理工大学, 2015
- 3 蔡昕晨. 磁耦合谐振式无线电能传输系统研究. 物理通报, 2018(11): 99 ~ 100
- 4 肖思宇, 马殿光, 张汉花, 等. 耦合谐振式无线电能传输系统的线圈优化. 电工技术学报, 2015(S1): 221 ~ 225

Research on Influence Factors of the Wireless Energy Transmission Effect

Zhang Lizhi Qian Wei Fang Shiqiang Hu Anzheng

(School of Physics and Electronic Engineering, Hubei University of Arts and Sciences, Xiangyang, Hubei 441053)

Abstract: At present, the research and application of the theory of power wireless transfer are relatively common, but it is rare to find some research on exploring the factors affecting its energy transmission efficiency. Based on the theory of Self-resonance coupling, this paper develops a wireless energy transfer efficiency model by using single-chip microcomputer technology, focusing on various influencing factors of transmission efficiency. The device visually demonstrates various factors and qualitative correlation effect about how much energy is transmitted. The device is highly operable, low in cost, high in security, and easy to generalize.

Key words: electromagnetic coupling resonance; wireless energy transfer; influencing factor