

班级

学号

姓名

教师签字

实验日期

预习成绩

总成绩

实验名称 磁耦合共振式无线电力传输实验

一、实验预习指导

1. 磁耦合谐振的物理原理是什么？
- 磁耦合谐振是指两个线圈利用电磁感应原理，以磁场为中介传递电能的现象。
- 当振荡电路的振荡频率与发射电路的固有频率相一致时，发射电路会在空间内产生最大的交变磁场，而当接收电路的固有频率也与发射电路的振荡频率相一致时，电磁感应也会在接收电路中产生最大的电能吸收，这时的电力传输效率最高，即为交变磁耦合谐振现象。

2. LC 谐振电路的固有频率以及线圈的电感参量如何计算？
- 固有频率的计算公式为

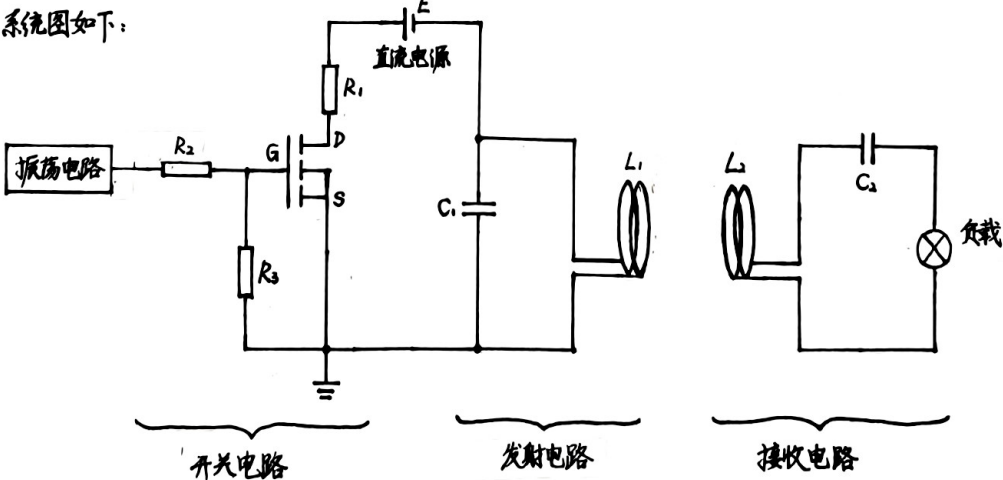
$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

线圈电感大小的计算公式为

$$L = N^2 R \mu_0 \ln\left(\frac{8R}{a} - 1.75\right)$$

式中，N为线圈匝数， $\mu_0$ 为真空磁导率，R为线圈半径，a为铜线半径。

3. 本实验采用的磁耦合共振式无线电力传输系统包括开关电路，发射电路和接收电路，画出系统图，理解开关电路的原理，振荡电路采用什么形式的信号？发射电路和接收电路分别采用哪种 LC 谐振电路？



振荡电路产生的是方波信号，发射电路采用LC并联谐振电路，接收电路采用LC串联谐振电路。

二、原始数据记录

1. 测得系统实际共振频率

$f_0=2290\text{kHz}$

2. 研究振荡频率对电力传输效率的影响

频率(kHz)	$f_0-160\text{kHz}$	$f_0-80\text{kHz}$	$f_0-50\text{kHz}$	$f_0-30\text{kHz}$	$f_0$	$f_0+30\text{kHz}$	$f_0+50\text{kHz}$	$f_0+80\text{kHz}$	$f_0+160\text{kHz}$
峰峰值(V <sub>pp</sub> )	6.20V	7.40V	8.20V	8.60V	9.40V	8.80V	7.80V	5.80V	2.40V

3. 研究分频谐振传输效率

频率(kHz)	$f_0$	$1/2f_0$	$1/3f_0$	$1/4f_0$	$1/5f_0$
理论值	2290	1145	763.3	572.5	458
实测值	2290	1162	765	574	460
峰峰值(V <sub>pp</sub> )	9.40V	6.60V	9.80V	7.60V	9.00V

4. 研究无线电力传输的距离对传输效果影响

表 6-2 接收电路电阻电压峰峰值与距离关系

距离(cm)	10	13	16	19	22	25	28	31
峰峰值(V <sub>pp</sub> )	2.60V	5.20V	8.20V	10.2V	9.40V	6.80V	5.00V	3.80V

5. 自制无线电力传输系统

电感 L 值		电容 C 值		理论共振频率 f	实测共振频率值 f	最远传输距离
4.3μH	4.3μH	1.5nF	1.5nF	1982kHz	1987kHz	12.74cm

教师	姓名
签字	韩建

### 三、数据处理

#### 1. 研究振荡频率对电力传输效率的影响

绘制幅度-频率曲线，总结曲线规律。

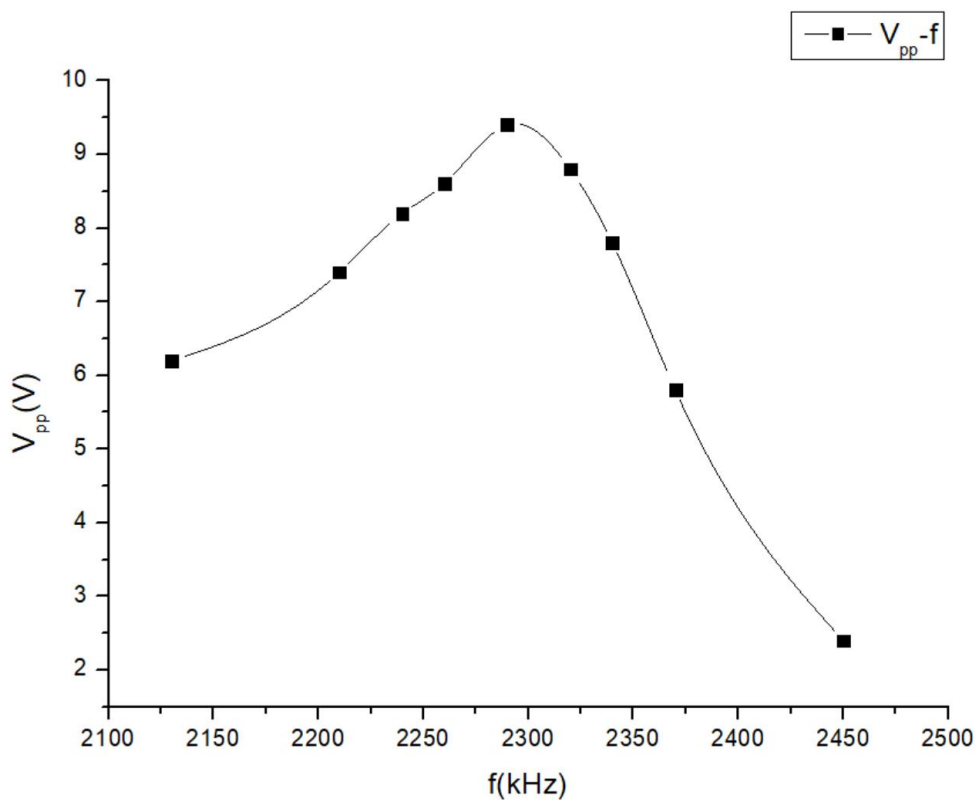


图1  $V_{pp}$ - $f$  曲线

根据图像可知，在频率为线圈固有频率（此实验中 $f_0=2290\text{kHz}$ ）时，灯泡两端电压峰值最大，当频率比固有频率高或低时都会使灯泡两端电压峰值下降，且当频率大于固有频率时增大频率对电压下降的影响比在小于固有频率时要大。

## 2. 研究无线电力传输的距离对传输效果影响

绘制灯泡电压-距离曲线，总结曲线规律。

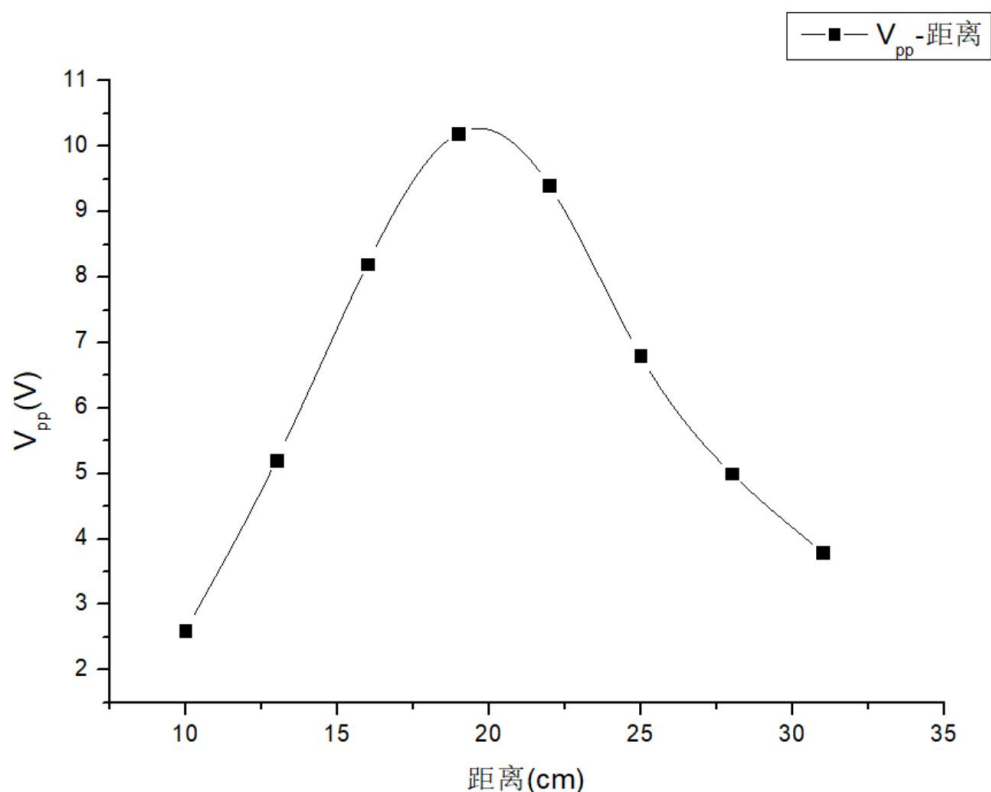


图2  $V_{pp}$ -距离曲线

根据图像可知，灯泡两端电压随着距离的增大先增大后减小，增大过程迅速，减小过程较增大过程略缓慢，且电压最大的距离大致在 18-20cm 处。

## 3. 自制无线电力传输系统

总结实际传输效果，分析误差产生的原因。

由记录数据可知，理论共振频率和实测共振频率误差为 0.25%。本组两人制作的两个线圈体系的 LC 值误差约为 0，最大传输距离为 12.74cm。本次实验传输效果虽然较差，但误差应较小。

一般情况下造成误差的主要因素应为线圈体系的 LC 乘积参量。除此之外，线圈的形状对线圈感量的影响相当大，这也可能是本次实验传输效果较差的一个重要原因，因此在逐渐确定线圈形状时，要及时用胶带固定。焊接时线圈两端的位置也会对线圈感量造成影响，因此应保证这一部分尽量短或保证固定。制作第二个线圈后，根据两线圈电感值的差异选择不同的电容，再通过逐渐调节线圈的长度与形状减小两线圈 LC 参量的差值即可。

#### 四、讨论题

1. 为什么当振荡频率和 LC 电路的频率一样时,发射线圈能在周围产生大的交变磁场?

答: 当振荡电路的振荡频率和 LC 电路的频率一样时, LC 电路中的电感和电容将形成共振。在共振的情况下, 电路中的能量将来回振荡传递, 导致电感产生强大的交变磁场。这个交变磁场会被发射线圈所放大, 从而在周围产生大的交变磁场。

2. 你认为提高磁耦合谐振式无线电力传输系统能量传输效率的方式有哪些?

答: 提高磁耦合谐振式无线电力传输系统能量传输效率的方式包括:

1. 优化谐振频率: 调整输入电压频率使其与接收器和发射器的共振频率匹配, 以提高能量传输效率。

2. 提高磁耦合系数: 通过设计更有效的发射线圈和接收线圈, 以增加它们之间的磁耦合度, 提高能量传输效率。

3. 优化传输距离: 保持接收器和发射器之间适当的距离, 以最大程度减少能量传输过程中的能量损耗。

4. 降低能量损耗: 减小线圈和电路元件的电阻、损耗, 避免能量在传输过程中转化为热量。