

浙 江 大 学

物 理 实 验 报 告

96

实验名称：交流电路功率因数实验&电子荷质比的测定

指导教师：单哲旭

信 箱 号：04柜 06号箱

专 业：自动化控制

班 级：控制1901

姓 名：孟世元

学 号：3190104700

实验日期：10月10日 星期四 上/下午

(周六上周四课)



扫描全能王 创建

交流电路实验目的

【实验目的】

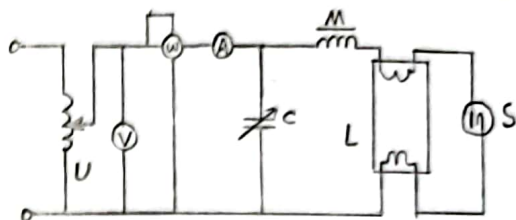
1. 熟悉日光灯电路的工作原理, 掌握日光灯电路的组装
2. 掌握日光灯电路交流功率及提高感性电路功率因数的方法
3. 学习各种交流电表的使用

电子荷质比实验目的

1. 学习用磁偏转法测量电子荷质比
2. 加深理解电子在磁场中的运动规律

【实验原理】 (电学、光学画出原理图)

交流电路一 1. 日光灯工作原理 (见右侧图)

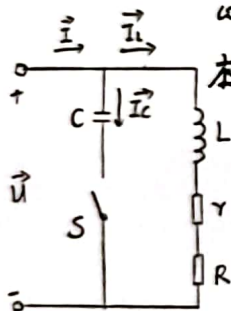


2. 功率因数的提高

对于交流电路, 计算其平均功率时要考虑电压与电流间相位差, 即

$$P = UI \cos \varphi$$

$\cos \varphi$ 称为电路功率因数, 其取决于负载的性质, φ 为 \vec{U} 与 \vec{I} 间相位差



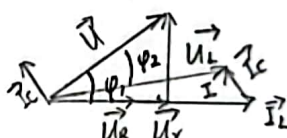
本图为等效电路
自光灯

\vec{I}_L 与 \vec{U}_R, \vec{U}_L 同相

\vec{U}_L 超前 \vec{I}

\vec{U}_C 超前 \vec{U}_L

因此矢量图如右



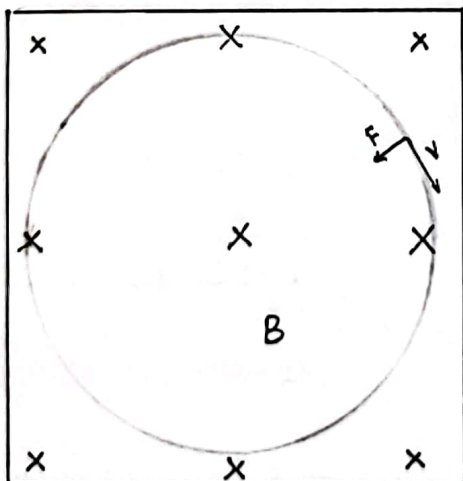
无 \vec{I} 时功率因数 $\cos \varphi_1$

有时为 $\cos \varphi_2$

图上易知 $\cos \varphi_2 > \cos \varphi_1$
可见并联电阻提高功率因数

电子荷质比一

1. 测量原理



由洛伦兹力 $F = ev \times B$

$$又 F = \frac{mv^2}{r}$$

洛伦兹力下圆周运动

$$evB = \frac{mv^2}{r}$$

$$\frac{e}{m} = \frac{v}{rB}$$

$$又 ev = \frac{1}{2} mv^2$$

$$\frac{e}{m} = \frac{2U}{(rB)^2}$$

固定 r , 获取 $U - B^2$ 关系即可测量电子荷质比

2. 磁场强度 亥姆霍兹线圈磁场与电流有关

$$B = kI \quad \text{对同一线圈 } k \text{ 为常数}$$

$$3. \frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 k^2 I^2} = \frac{2}{k^2 r^2} \frac{U}{I^2} \quad U = \frac{e}{2m} r^2 k^2 I^2 \quad \text{作 } U - I^2 \text{ 关系, 拟合斜率可得电子荷质比}$$



交流电路实验内容一

【实验内容】（重点说明）

1. 按照连线完成日光灯的组装, 要求点亮灯管
2. 求功率因数
 - (1) 不将电容接入电路, 打开日光灯总电源开关, 不启日光灯开关, 观察日光灯启动过程
 - (2) 用电压表、电流表、功率表测量日光灯电路在额定电压时的电路功率、各电压, 并计算功率因数, 完成表格
 - (3) 接入电容, 并按照电容值从小到大, 测量相关数据, 找到使功率因数最大的电容
 - (4) 作 $\cos\varphi - C$ 曲线

测量电子荷质比实验内容一

1. 固定电子圆直径
 - (1) 将电子圆的直径测量标尺用两块滑轮准确固定在一位置
 - (2) 开启电源, 使加速电压定于 $200V$, 耐心等待, 直到电子枪射出等蓝色电子束, 细心调节聚焦电压, 缓慢加大亥姆霍兹线圈中电流使电子束形成明亮圆形轨迹
 - (3) 保持直径不变, 获得 8 组 $U - I^2$ 数据, 拟合斜率 $\alpha = \frac{e}{2m} r^2 k^2$
2. 固定加速电压测量
 - (1) 开启电源, 首先使加速电压定于 $120V$, 缓慢加大亥姆霍兹线圈中的电流, 细心调节电子束出射方向与磁场方向垂直, 使电子束形成不带重影的明亮的圆形轨迹, 加速电压调 $100V$ 并固定
 - (2) 测量电子束圆轨道直径采用数字游标卡尺读出, 注意在测量时请降低线宽对测量结果的影响
 - (3) 依次增加亥姆霍兹线圈中的电流, 测量不同磁场中电子束圆的直径, 按 $\frac{e}{m} = \frac{2U}{r^2 k^2}$ 计算电子荷质比, 完成表格

【实验器材及注意事项】

交流电路 — 实验器材: 日光灯相关灯管、镇流器、启辉器 电路的交流电源、开关、导线、电阻、电感、电容
 注意事项: 因为该实验是强电实验, 因此实验中必须谨慎小心, 接线需仔细认真, 务必在指导老师检查后方可通电

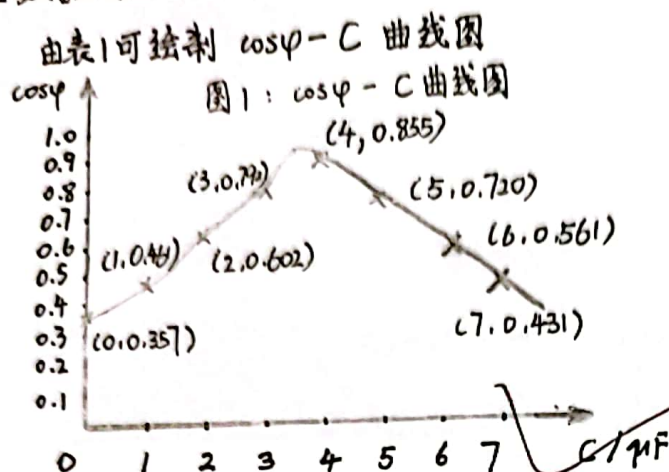
电子荷质比 — 实验器材: 产生磁场的亥姆霍兹线圈
 电子束发射管
 测量电子束半径的测量工具

注意事项: 书上暂无



【数据处理与结果】

交流电路数据处理与结果



本题中没有用的测量仪器,也没有多次测量取平均值,因此不计算不确定度

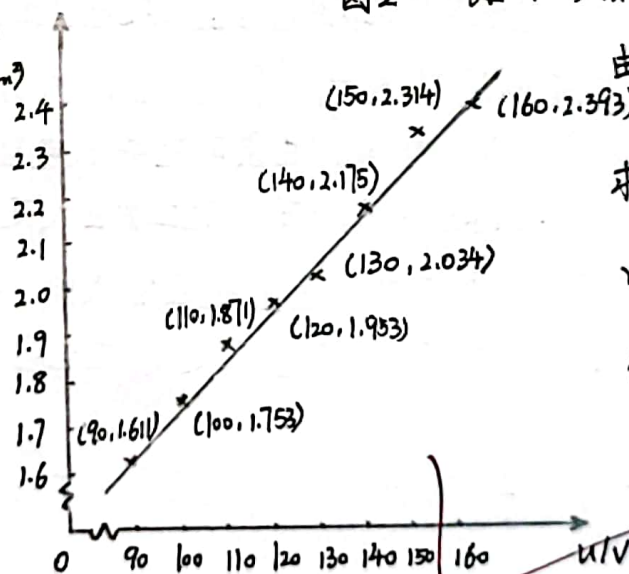
最后实验结果是 $C = 4 \mu\text{F}$ 时功率因数最大,达到 0.855

电子电荷的测量,数据处理与结果

$$U = \frac{e}{2m} r^2 k^2 I^2 = \frac{e}{m} \frac{k^2 I^2}{2} r^2$$

画 $r^2 - U$ 关系图如下

$r^2 / (10^{-3} \text{ mm}^2)$



由最小二乘法作线性拟合

$$\text{求得 } a = 11.038 \times 10^6$$

$$r = 0.997 \text{ 接近 } 1$$

说明线性关系较强

CPS: 想画 $U - r^2$ 图, 但

一不小心 y 轴 x 轴画

反了, 因此拟合的 a

的倒数才是正确数据

$$\frac{e}{m} \frac{k^2 I^2}{2} = \frac{1}{a} \quad \text{代入 } I = 1 \text{ A} \quad k = 710 \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \frac{N}{R} \quad N = 130 \quad R = 158 \text{ mm}$$

$$\text{计算得 } \frac{e}{m} = \frac{3.31}{3.34} \times 10^{11} \text{ C/kg}$$

查阅资料知电子荷质比精准值 $1.76 \times 10^{11} \text{ C/kg}$

求大了 88% 的误差

测量过程中有用尺子读数, 不确定度 $U_B = \frac{0.1}{13} \text{ mm}$

经历线性拟合回归最后荷质比不须测不确定度



实验内容)

【误差分析】(由于交流电路误差主要为人为读数、线路等造成,讨论较少,以下讨论电子荷质比本实验误差巨大,将数值测大很多,主要误差分析)

1. 读数误差。电子束呈现散状,很难精确确认半径。但是理性分析,精确的直径测量应该是从圆环左侧外(内)径测到右侧内(外)径,这样求得的直径应该是准确的。我回忆当时进行实验时,好像每次都是从左外径测到右外径,这样随 U 增大我 γ^2 的增长快过真实值,导致 e/m 偏大
2. 实验进行时光线较暗,看镜中三点一线极其累眼,一开始我测量较仔细,但在测量后几组数据时可能由于疲劳我较为草率也进行了测量。在作图时其实有发现最后几组数据离拟合直线较远,这几组数据可能也加大了测量偏差吧。在实验中应该一直以严谨求是的态度,不应该粗糙对待数据,这也是对我的启发启示。

只“三点一线”减小误差,当然实验,却是实验有效技巧。不过这一实验,我对物理学实验有了新的认识。

【实验心得及思考题】交流电路思考题一

1. 提高功率因数的意义何在?为什么并联电容能提高功率因数?并联的电容是否越大越好?

答:功率因数为用于电灯阻发电的有用功率与总电路消耗总功率之比,提高功率因数能有效节省电能。电灯泡有电感性阻抗,并联电容能有效减少总电流中令落后电压且相位的电感部分电流,减小 φ 角。由图可知并联电容并非越大越好,在 $4\mu F$ 左右

2. 在实验中,随着电容增加,电路总电流的变化规律为由大变小再变大,试分析原因

答:电路知识可知,电感性阻抗与电容性阻抗互相抵消,电容性阻抗开始增加后使电感性阻抗变小,电路总阻抗变小,总电流变大。在电感性阻抗为0后继续增加并联电容反而又使总阻抗增加,因此总电流变小

3. 在进行功率因数补偿时,本实验采用并联电容器的方法,为什么不采用串联电容器的方法?

答:由电容特性可知,并联电容器才能增大电路总电容,串联电容反而使总电容值减小

电子比荷的测量思考题一

1. 在确定圆环的大小时你还能想出其他更好更简便的方法吗?

答:由于圆环最低点是固定的,因此我们可以记录每个 U, I 下圆环的最高点,由最高点、竖直刻度下减去最低点,得到的依然是直径

2. 测量电子荷质比还有其他实验方法吗?

答:对一个电子经过加速电压 U $Ue = \frac{1}{2}mv^2$ $\frac{e}{m} = \frac{v^2}{2U}$ 只须测定加速后的速度即可

测得荷质比

只须测定加速后的速度即可



实验内容)

【误差分析】(由于交流电路误差主要为人为读数、线路等造成,讨论较少,以下讨论电子荷质比本实验误差巨大,将数值测大很多,主要误差分析)

1. 读数误差。电子束呈现散状,很难精确确认半径。但是理性分析,精准的直径测量应该是从圆环左侧外(内)径测到右侧内(外)径,这样求得的直径应该是准确的。我回忆当时进行实验时,好像每次都是从左外径测到右外径,这样随 U 增大我 γ^2 的增长快过真实值,导致 $\frac{e}{m}$ 偏大
2. 实验进行时光线较暗,看镜中三点一线极其累眼,一开始我测量较仔细,但在测最后几组数据时可能由于疲劳我较为草率也进行了测量。在作图时其实有发现最后几组数据离拟合直线较远,这几组数据可能也加大了测量偏差吧。在实验中应该一直贯以严谨求是的态度,不应该粗糙对待数据,这也是对我的启发启示

页面空间不足,故“实验心得及思考题”

【实验心得及思考题】交流电路思考题—— 3. 分析洛伦兹力在电子束不同入射角度下对

1. 提高功率因数的意义何在?为什么并联电容能提高: 电子束的影响

答:功率因数为用于电灯泡发电的有用功率与总电功率之比。只要入射速度是相同的,在洛伦兹力影响下圆周运动的圆心和半径都是不变的,初始入射角度不同,在洛伦兹力下运动的圆心不同

2. 在实验中,随着电容增加,电路总电流的变化: 实验心得——

答:电路知识可知,电感性阻抗与电容性阻抗并联,电感性阻抗变小,电路总阻抗变小,总电流; 交流电路实验对安全的重视在我心中敲响了实验安全的警钟。电子荷质比的测量中,电子束很模糊,印象最深的是利用了环边缘、尺子、镜中尺“三点一线”减小误差,虽然繁琐,却是读数的有效技巧。通过这一实验,我对物理学实验的严谨性有了更深刻的认识。

3. 在进行功率因数补偿时,本实验采用并联电容的方法?

答:由电容特性可知,并联电容器才能增大电路有效技巧。不

电子比荷的测量思考题——

1. 在确定圆环的大小时你还能提出其他更好更简捷的方法吗?

答:由于圆环最低点是固定的,因此我们可以记录每个 U 下圆环的最高点,由最高点、竖直刻度下减去最低点,得到的依然是直径

2. 测量电子荷质比还有其他实验方法吗?

答:对一个电子经过加速电压 U $Ue = \frac{1}{2}mv^2$ $\frac{e}{m} = \frac{v^2}{2U}$ 测得荷质比 只须测定加速后的速度即可



【数据记录及草表】交流电路功率因数实验

电容 / μF	0	1	2	3	4	5	6	7
I / mA	289.8	226.5	172.9	132.5	123.1	147.5	189.3	248.3
U / V	225.1	225.0	225.0	224.9	225.1	225.2	225.0	225.1
P / W	23.3	23.5	23.4	23.6	23.7	23.9	23.9	24.1
$\cos\varphi$	0.357	0.461	0.602	0.792	0.855	0.720	0.561	0.431

↑ 表1 $\cos\varphi - C$ 关系表

电子荷质比测量实验

表2 固定 $I = 1\text{A}$ 的 $U - r^2$ 关系表

n	U / V	d / mm	$r = \frac{d}{2} / \text{mm}$	r^2 / mm^2
1	90	80.29	40.14	1.611×10^3
2	100	83.74	41.87	1.753×10^3
3	110	86.52	43.26	1.871×10^3
4	120	88.41	44.20	1.953×10^3
5	130	90.20	45.10	2.034×10^3
6	140	93.27	46.64	2.175×10^3
7	150	96.20	48.10	2.314×10^3
8	160	97.83	48.92	2.393×10^3

教师签字：

单哲旭

