

电 工 学 实 验 指 导 书



通信与控制工程学院

2003



目 录

电路、电机部分

一、认识实验

1、实验注意事项..... (1)

2、实验报告写法与内容..... (1)

二、线性网络实验

1、电路基本元件的伏安特性测定..... (2)

2、基尔霍夫定律..... (5)

3、迭加原理..... (8)

4、代文宁定理与诺顿定理..... (10)

三、单相交流电路实验

1、单相交流电路并联谐振..... (12)

2、功率因数提高..... (15)

四、三相交流电路实验

1、三相负载 Y 形连接 (17)

2、三相负载 Δ 形连接..... (21)

五、电机及控制电路实验

1、三相鼠笼式异步电动机的使用与启动..... (23)

2、三相鼠笼式异步电动机用接触器、继电器控制的直接启动及正反转运行 (28)

3、三相鼠笼式异步电动机的 Y- Δ 延时启动控制电路..... (31)

电子部分

实验一 电子技术认识实验 (33)

实验二 单管低频放大电路 (35)

实验三 基本运算放大电路 (37)

实验四 门电路功能测试 (40)

实验五 组合逻辑电路 (42)

实验六 触发器功能测试 (44)

附 录 双踪示波器使用方法 (47)

电工学实验指导书

电路、电机部分

一、认识实验

实验注意事项

1. 实验前必须预习。明确实验目的,任务与要求,画出实验电路图,拟出主要实验步骤和数据表格;带好计算工具和必要的参考资料。
2. 实验时接线完毕,自己先检查一遍,然后请老师检查,确认无误后才能接通电源。操作时应注意操作规程,特别注意人身安全。
3. 如发生事故,应立即切断电源,保持现场,听候处理。
4. 实验完毕不要急于拆线路,数据应根据所学理论自行检查一遍,然后交老师检查,最后将线路拆除,并整理实验现场。
5. 不要在实验室抽烟及大声喧哗,以免影响其它同学实验。
6. 本次实验不使用的仪器设备,未经教师允许不得动用。

实验报告写法与内容

实验报告是学生进行实验的全过程的总结。它既是完成实验教学一切的凭证,也是今后编写其它工程(实验)报告的参考资料。因此,要求文字简洁、工整、曲线图表清晰,实验结论要有科学依据和分析。

实验报告应包括以下内容:

一、实验目的

二、实验原理说明

三、实验任务 列出具体任务和要求,画出实验电路图,拟定主要步骤和数据记录表格。

四、实验仪器设备清单 记录实验中使用的仪器设备的名称、型号、规格和数量。

五、实验图表

六、实验结论与分析

二、线性网络实验

实验一 电路基本元件 (线性与非线性电阻元件)的伏安特性测定

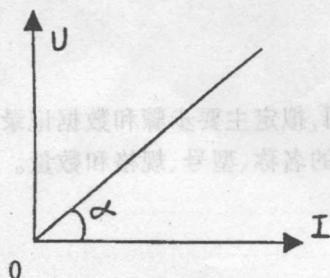
一、实验目的

- (1) 掌握几种元件的伏安特性的测试方法
- (2) 掌握实际电压源和电流源使用调节方法
- (3) 学习常用直流电工仪表和设备的使用方法

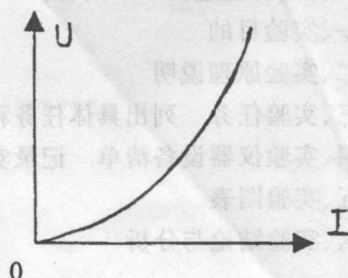
二、内容说明

(1) 在电路中,电路元件的特性一般用该元件上的电压 U 与通过元件的电流 I 之间的函数关系 $U=f(I)$ 来表示,这种函数关系称为该元件的伏安特性,有时也称外部特性,对于电源的外特性则是指它的输出端电压和输出电流之间的关系,通常这些伏安特性用 U 和 I 分别作为纵坐标和横坐标绘成曲线,这种曲线就叫做伏安特性曲线或外特性曲线。

(2) 本实验中所用元件为线性电阻,白炽灯泡,一般半导体二极管整流元件及稳压二极管等常见的电路元件,其中线性电阻的伏安特性是一条通过原点的直线,图 1(a)所示,该直线的斜率等于该电阻的数值,白炽灯泡在工作时灯丝处于高温状态,其灯丝电阻随着温度的改变而改变,并且具有一定的惯性,又因为温度的改变是与流过的电流有关,所以它的伏安特性为一条曲线,如图 1(b)所示。由图可见,电流越大温度越高,对应的电阻也越大。一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”可相差几倍至十几倍,一般半导体二极管整流元件也是非线性元件,当正向运用时其外特性如图 1(c)所示,稳压二极管是一种特殊的半导体器件,其正向伏安特性类似普通二极管,但其反向伏安特性则较特别,如图 1(d)所示,在反向电压开始增加时,其反向电流几乎为零,但当电压增加到某一数值时(一般称稳定电压)电流突然增加,以后它的端电压维持恒定不再随外加电压升高而增加,利用这种特性在电子设备中有着广泛的应用。



(a)



(b)

图 1

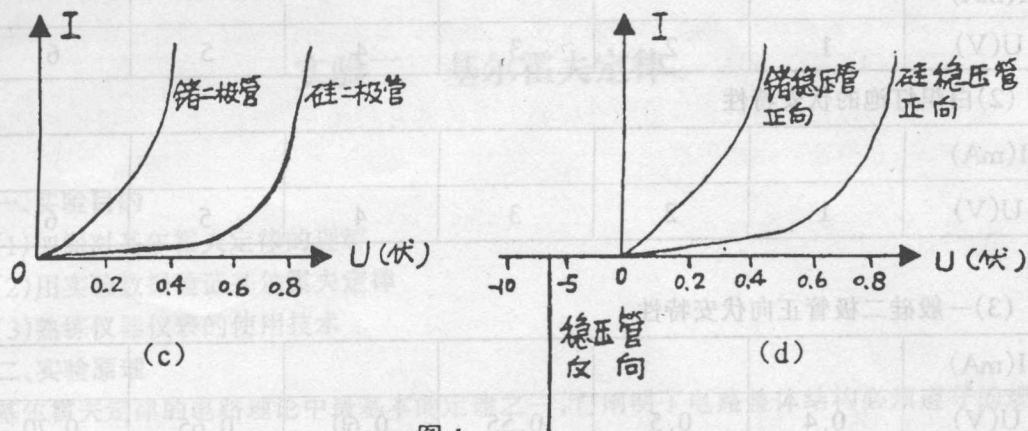


图 1

三、实验任务

(1) 测定一线性电阻 R 的伏安特性

按图 2(a)接线,调节稳压电源的输出电压,即能改变电路中的电流,从而可测得通过电阻 R 的电流及相应的电压值。将所读数据列入表中(注意流过 R 的电流应是电流表读数减去流过电压表中的电流),计算 R 时可予校正、流过电压表的电流可根据其标明的电压灵敏度计算而得。

(2) 测定白炽灯泡的伏安特性

将上述电路中的电阻换成白炽灯泡,重复上述步骤即可视得白炽灯泡两端的电压及相应的电流数值,数据列表:

(3) 测定二极管的伏安特性

按图 2(b)接线,图中 $2K$ 为限流电阻,同样调节电源输出电压,并记下相对应的电压和电流值,数据列表。(注意:二极管正向电压,对锗管 $U < 0.3V$,对硅管 $U < 0.7V$,否则电压过高,会烧坏二极管)

(4) 测定稳压二极管的反向伏安特性

将步骤 3 中的一股二极管换成稳压二极管,重复上述步骤并记下读数

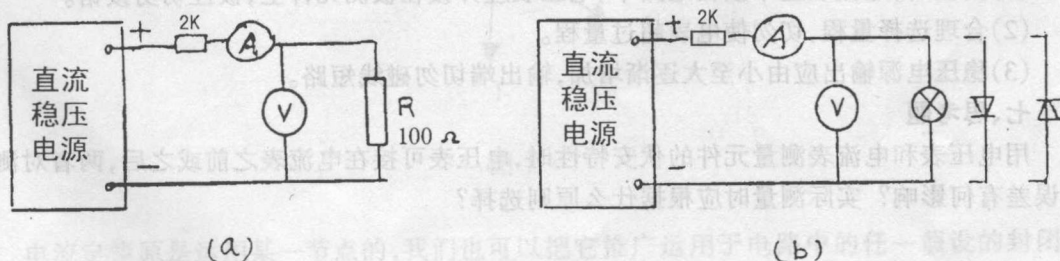


图 2

四、实验结果数据表格

(1) 线性电阻 R 的伏安特性

I(mA)						
U(V)	1	2	3	4	5	6

(2)白炽灯泡的伏安特性

I(mA)						
U(V)	1	2	3	4	5	6

(3)一般硅二极管正向伏安特性

I(mA)						
U(V)	0.4	0.5	0.55	0.60	0.65	0.70

(4)一般锗二极管正向伏安特性

I(mA)						
U(V)	0.18	0.20	0.25	0.30	0.33	0.34

(5)稳压二极管反向伏安特性

I(mA)						
U(V)	-3.0	-6.0	-6.5	-6.60	-6.70	-6.80

五、实验报告

- (1)根据各次实验测得的数据,在坐标纸上分别绘出各元件的伏安特性。
- (2)分析测量误差原因。

六、注意事项

- (1)实验时,电流表应串接在电路中,电压表应并接在被测元件上,极性切勿接错。
- (2)合理选择量程,切勿使电表超过量程。
- (3)稳压电源输出应由小至大逐渐增加,输出端切勿碰线短路。

七、思考题

用电压表和电流表测量元件的伏安特性时,电压表可接在电流表之前或之后,两者对测量误差有何影响?实际测量时应根据什么原则选择?

实验二 基尔霍夫定律

一、实验目的

- (1) 加深对基尔霍夫定律的理解
- (2) 用实验数据验证基尔霍夫定律
- (3) 熟练仪器仪表的使用技术

二、实验原理

基尔霍夫定律的电路理论中最基本的定律之一,它阐明了电路整体结构必须遵守的规律,应用极为广泛。

基尔霍夫定律有两条:一是电流定律,另一是电压定律。

(1) 基尔霍夫电流定律(简称 KCL)是:在任一时刻,流入到电路任一节点的电流总和等于从该节点流出的电流总和,换句话说就是在任一时刻,流入到电路任一节点的电流的代数和为零。这一定律实质上是电流连续性的表现。运用这条定律时必须注意电流的方向,如果不知道电流的真实方向时可以先假设每一电流的正方向(也称参考方向),根据参考方向就可写出基尔霍夫的电流定律表达式例如图 1 所示为电路中某一节点 N,共有五条支路与它相连,五个电流的参考正方向如图,根据基尔霍夫定律就可写出:

$$I_1 + I_2 + I_3 + I_4 + I_5 = 0$$

如果把基尔霍夫定律写成一般形式就是 $\sum I = 0$ 。显然,这条定律与各支路上接的是什么样的元件无关,不论是线性电路还是非线性电路,它是普遍适用的。

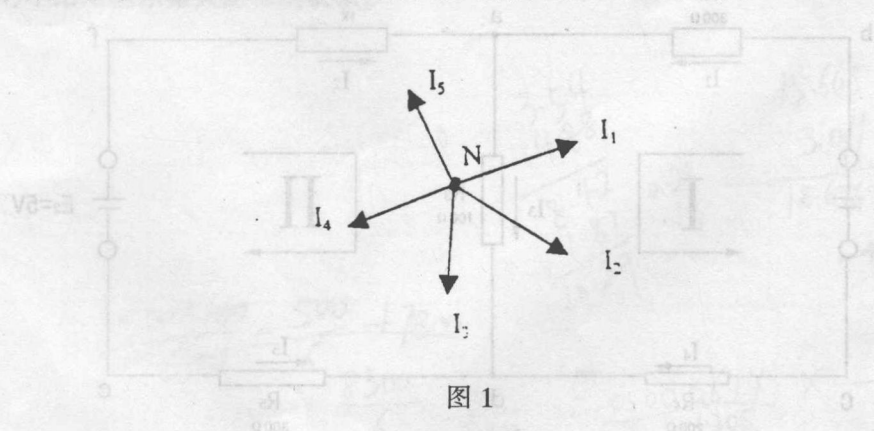


图 1

电流定律原是运用某一节点的,我们也可以把它推广运用于电路中的任一假设的封闭面,例如图 2 所示封闭面 S 所包围的电路有三条支路与电路其余部分联接其电流为 I_1, I_2, I_3 , 则

$$I_1 + I_2 - I_3 = 0$$

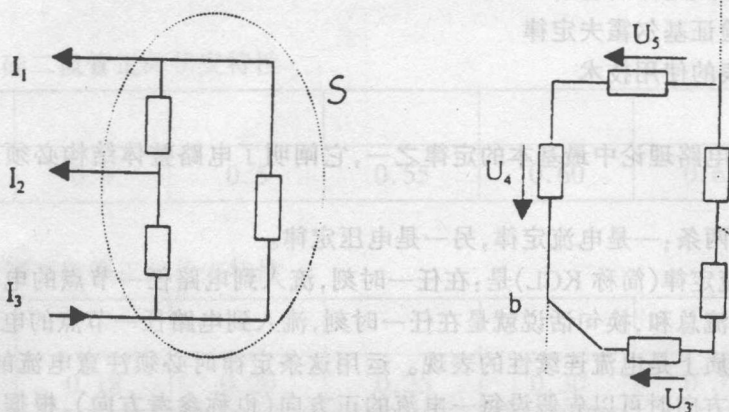
因为对任一封闭面来说,电流仍然必须是连续的。

(2) 基尔霍夫电压定律(简称 KVL):在任一时刻,沿闭合回路电压降的代数和总等于

零。把这一定律写成一般形式即为 $\sum U=0$,例如在图3所示的闭合回路中,电阻两端的电压参考正方向如箭头所示,如果从节点a出发,顺时针方向绕行一周又回到a点,例可写出:

$$U_1 + U_2 + U_3 - U_4 - U_5 = 0$$

显然,基尔霍夫定律也是和沿闭合回路上元件的性质无关,因此,不论是线性电路还是非线性电路,它是普遍适用的。



三、实验任务

按照图4所示实验线路验证基尔霍夫两条定律。

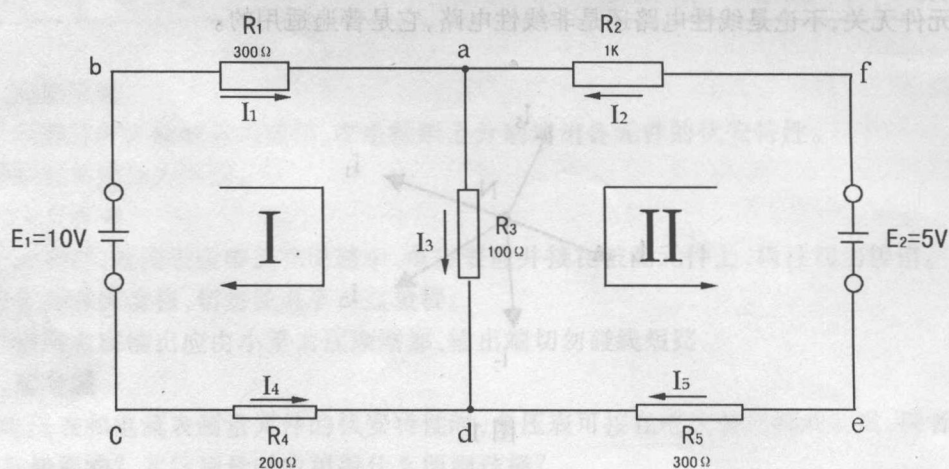


图4

图中 $E_1=10V$, $E_2=5V$ 为实验台上稳压电源输出电压,实验中调节好后保持不变, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 、 R_5 为固定电阻,精度1.0级。实验时各条支路电流及总电流用电流表测量,在接线时每条支路可串联连接一个电流表插口,测量电流时只要把电流表所连接的插头插入即

可读数。但要注意插头连接时极性,插口一侧有红点标记是与插头红线对应。

实验结果:电流定律

支路电流 项 目	I ₁	I ₂	I ₃
计 算 值			
测 量 值	1621	2.41	-18.64

实验结果:电压定律

回路 I		U _{R1}	U _{R3}	U _{R4}	E ₁	ΣU ₁
	ΣU ₁ (计算值)					
	ΣU ₁ (测量值)					
回路 II		U _{R2}	U _{R3}	U _{R5}	E ₂	ΣU ₂
	ΣU ₂ (计算值)					
	ΣU ₂ (测量值)					

四、实验报告

- (1)完成实验测试、数据列表:
- (2)根据基尔霍夫定律及电路参数计算出各支路电流及电压;
- (3)计算结果与实验测量结果进行比较,说明误差原因;
- (4)小结对基尔霍夫定律的认识。

3.012

15.665

16.87

3.011

17.47

18.676

0.6

3.54

4.88

8.42

1.87

10.29

$\frac{500 \times 100}{600} = \frac{500}{6} + 7800$

$\frac{8300}{6} \cdot \frac{30}{8300} = \frac{0.003614}{1205} \times \frac{1}{6}$

$\frac{1300 + 7000}{14} + 500$

$\frac{14}{2000} \times \frac{1}{2}$

$\frac{200}{1400} \cdot \frac{0.07}{14}$

$\frac{16.87 \times 100}{3.61414} = -1.205$

$\frac{16.87}{0.6} = 16.27$

2.409

30

7.

实验三 迭加原理

一、实验目的

- (1)通过实验来验证线性电路中的迭加原理以及其适用范围;
- (2)学习直流仪器仪表的测试方法。

二、内容说明

几个电动势在某线性网络中共同作用时,也可以是几个电流源共同作用,或电动势和电流源混合共同作用,它们在电路中任一支路产生的电流或在任意两点间的所产生的电压降,等于这些电动势或电流源分别单独作用时,在该部分所产生的电流或电压降的代数和,这一结论称为线性电路的迭加原理,如果网络是非线性的,迭加原理不适用。

本实验中,先使电压源分别单独使用,测量各点间的电压和各支路的电流,然后再使用电压源共同作用,测量各点间的电压和各支路的电流,验证是否满足迭加原理。

三、实验任务

- (1)按图 1 接线,调节好 $E_1 = 10V$, $E_2 = 5V$ 。
- (2) K_1 接通电源, K_2 打向短路侧,测量各点电压,注意测量值的符号,数据列表。
- (3) K_2 接通电源, K_1 打向短路侧,重复实验测量。
- (4)在上一步骤测量完后将 K_1 、 K_2 都接至电源,重复测量,数据列表。

电 压 项 目	U_{R_1}	U_{R_2}	U_{R_3}	U_{R_4}	U_{R_5}
E_1 单独作用	5.05	1.20	1.56	3.36	0.36
E_2 单独作用	0.17	3.60	0.30	0.11	1.08
E_1, E_2 共同作用	4.86	2.39	1.87	-3.24	-0.72
E_1 值	10V	E_2 值	5V	I_s 值	

四、实验报告

- (1)测量数据列表并加分析比较;
- (2)可选做含非线性元件的电路证明是否适用迭加原理(如将电路中 $1K\Omega$ 电阻换成一个稳压管)。

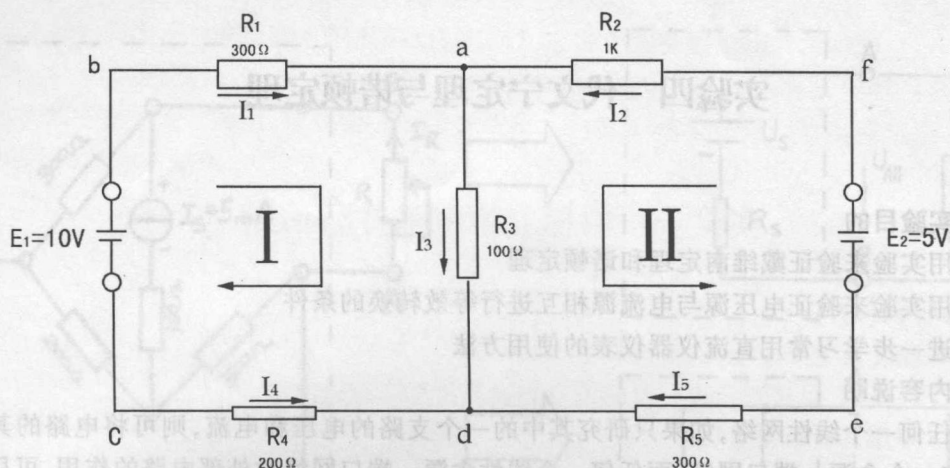


图 1

$R(\Omega)$	∞	1000	300	200	100	0
$I_R(mA)$						
$U_{AB}(V)$						

$$\begin{array}{r}
 4.86 \\
 1.87 \\
 \hline
 3.11 \\
 9.97 \\
 \hline
 4.98
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 2.39 \\
 0.72 \\
 \hline
 3.11 \\
 1.87 \\
 \hline
 4.98
 \end{array}$$

$R(\Omega)$	∞	1000	300	200	100	0
$I_R(mA)$						
$U_{AB}(V)$						

实验四 代文宁定理与诺顿定理

一、实验目的

- (1) 用实验来验证戴维南定理和诺顿定理
- (2) 用实验来验证电压源与电流源相互进行等效转换的条件
- (3) 进一步学习常用直流仪器仪表的使用方法

二、内容说明

(1) 任何一个线性网络, 如果只研究其中的一个支路的电压和电流, 则可将电路的其余部分看作一个含源一端口网络, 而任何一个线性含源一端口网络对外部电路的作用, 可用一个等效电压源来代替, 该电压源的电动势 E_s 等于这个含源一端口网络的开路电压 U_k , 其等效内阻 R_s 等于这个含源一端口网络中各电源均为零时 (电压源短接, 电流源断开) 无源一端口网络的入端电阻 R , 这个结论就是戴维南定理。

如果用等效电流源来代替, 其等效电流 I_s 等于这个含源一端口网络的短路电流 I_d , 其等效内电导等于这个含源一端口网络各电源均为零时无源一端口网络的入端电导, 这个结论就是诺顿定理。

本实验用图 1 所示线性网络来验证以上两个定理。

三、实验任务

(1) 按图 1 接线, 改变负载电阻 R , 测量出 U_{AB} 和 I_R 的数值, 特别注意要测出 $R = \infty$ 及 $R = 0$ 时的电压和电流。

$R(\Omega)$	0	100	300	500	700	900	1000	∞
$U_{AB}(V)$								
$I_R(mA)$								

(2) 测量无源一端口网络的入端电阻

将电源去掉 (开路)、电压源去掉, 然后用一根导线代替它 (短路), 再将负载电阻开路, 用伏安法或直接用万用表电阻档测量 AB 两点间的电阻 R_{AB} , 该电阻即为网络的入端电阻。

(3) 调节电阻箱的电阻, 使其等于 R_{AB} , 然后将稳压电源输出电压调到 U_k (步骤 1 时所得的开路电压) 与 R_{AB} 串联如图 (b) 所示, 重复测量 U_{AB} 和 I_R 的关系曲线, 并与步骤 1 所测得的数值进行比较, 验证戴维南定理。

$R(\Omega)$	0	100	300	500	700	900	1000	∞
$U_{AB}(V)$								
$I_R(mA)$								

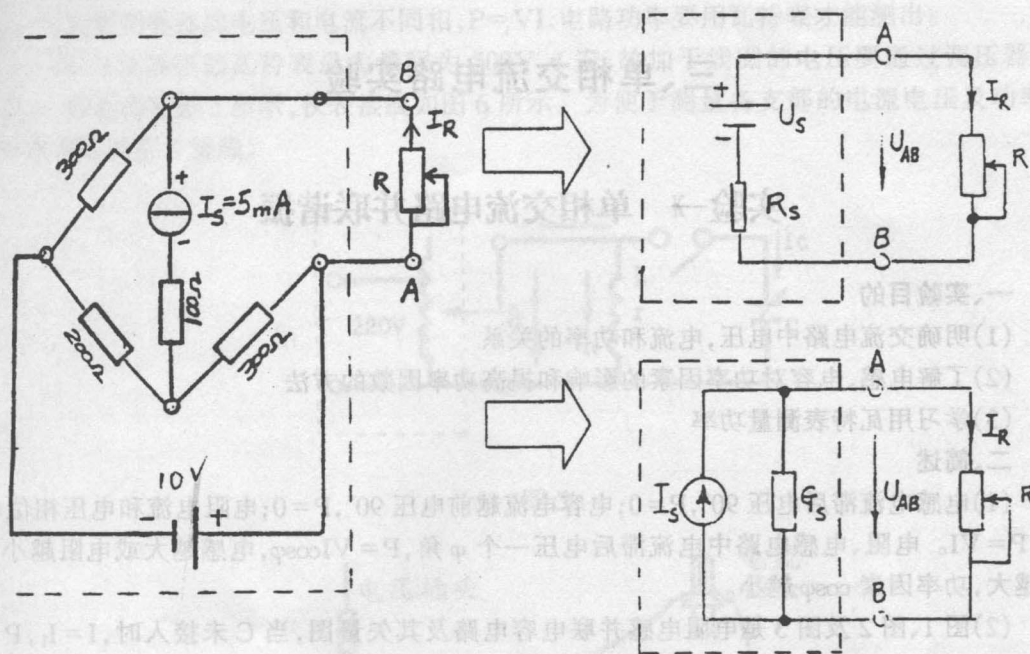


图1

(4) 验证诺顿定理

用一电流源,其大小为实验步骤:1 中 R 短路的电流与一等效电导 $G_s = 1/R_s$ 并联后组成的实验电流源,接上负载电阻,重复步骤 1 的测量,与步骤 1 所测得的数值进行比较,是否符合诺顿定理。

$R(\Omega)$	0	100	300	500	700	900	1000	∞
$U_{AB}(V)$								
$I_R(mA)$								

四、实验报告

(1) 根据实验测得的 U_{AB} 及 I_R 数据,分别绘出曲线,验证它们的等效性,并分析误差产生的原因。

(2) 根据步骤 1 所测得的开路电压 U_K 和短路电流 I_d ,计算有源二端网络的等效内阻,与步骤 3 中所测得的 R_{AB} 进行比较。

三、单相交流电路实验

实验一 单相交流电路并联谐振

一、实验目的

- (1) 明确交流电路中电压、电流和功率的关系
- (2) 了解电感、电容对功率因素的影响和提高功率因数的方法
- (3) 学习用瓦特表测量功率

二、简述

(1) 电感电流滞后电压 90° , $P=0$; 电容电流超前电压 90° , $P=0$; 电阻电流和电压相位相同, $P=VI$ 。电阻、电感电路中电流滞后电压一个 φ 角, $P=VI\cos\varphi$, 电感越大或电阻越小 φ 角越大, 功率因素 $\cos\varphi$ 越小。

(2) 图 1、图 2 及图 3 是电阻电感并联电容电路及其矢量图, 当 C 未接入时, $I=I_1$, $P=VI_1\cos\varphi$ 电路功率因数很低。当 C 接入进 $I=I_1+I_c$, $I_0=V\omega C$, 当以由小增大 I_c 逐渐增大, 角 φ 逐渐减小, $P=VI\cos\varphi$, 故电路的功率因素逐渐提高。当 $I_c=I_1\sin\varphi$ 时, $\varphi=0$, $\cos\varphi=1$ 达最大值。但如果 C 继续加大 $I_c>I_1\sin\varphi$, 时电流 I 便越前于 V , 功率因数又复减小。

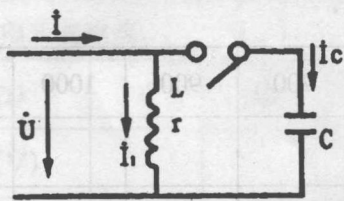


图 1

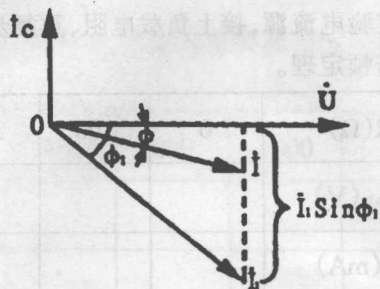


图 2

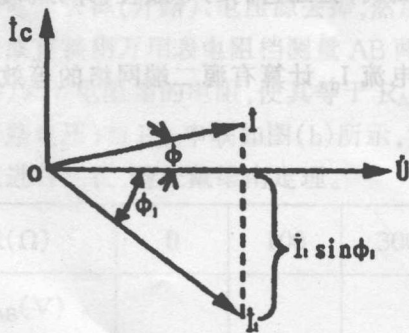


图 3

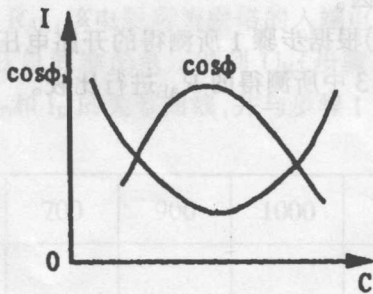


图 4

图 4 表示电流 I 及功率因数 $I \cos \varphi$ 随 C 变化情况。

(3) 如图电路的电压和电流不同相, $P = VI$, 电路功率要用瓦特表才能测出。

(4) 本实验用的瓦特表最大量程为 500V, 4 安, 故加于线圈的电压要通过调压器来调节, 实验电路如图 5 所示, 仪表接线如图 6 所示。为便于测量各支路的电流电压及功率, 三只电表可如图 7 接线。

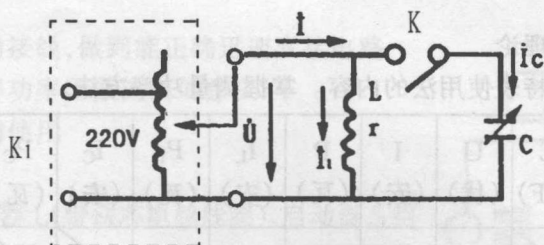


图 5

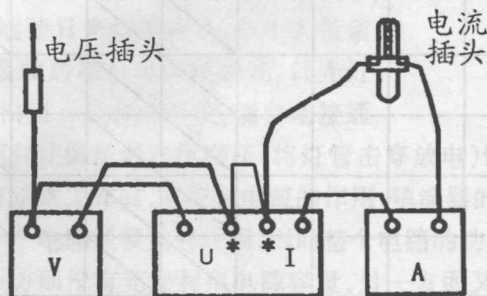


图 6

三、设备:

- | | |
|----------|-----|
| 1. 电感线圈 | 1 只 |
| 2. 电容箱 | 1 只 |
| 3. 可调变压器 | 1 只 |
| 4. 交流伏特表 | 1 只 |
| 5. 交流安培表 | 1 只 |
| 6. 瓦特表 | 1 只 |

四、步骤:

1. 熟悉调压器、电表电容箱的正确用法。
2. 如图 6 连接仪表电路。
3. 如图 5 连接电路, 经教师检查后按下面次序进行。
 - (a) 将调压器调到在输出 $V=0$ 伏处。
 - (b) 将电流插头插入 I 测孔, 电压测笔接于 O 点, 逐渐增大电压 V , 观察电流电压功率变化, 最后调到 $I=0.5$ 安, 并读取此时 V 、 P 记入记录表中。
 - (c) 维持 V 不变, 闭合 K_2 逐渐增加电容值达到电流 I 为最小值。(谐振点或接近谐振点) 读取 I 、 I_L 、 P_C 、 C 记入记录表中。

(d)继续增大电容读取谐振后三组数据 C 、 I_C 、 I 记入记录表中。

(e)减小电容读取谐振前三组数据, C 、 I_C 、 I 记入记录表中。

五、报告:

(1)作 $I=f(C)$ 及 $\cos\varphi=f(C)$ 曲线

(2)心得与意见

六、预习:

阅读与本实验有关理论

阅读实验须知中瓦特表使用法的内容。掌握测量功率方法。

项 目 情 况		C	U	I	P	I_L	P_1	I_C	P_C	计算值	
		(UF)	(伏)	(安)	(瓦)	(安)	(瓦)	(安)	(瓦)	$\cos\varphi = \frac{P}{IU}$	φ (度)
不并联电容											
谐 振 时											
并 联 电 容	谐振前										
	谐振前										
	谐振前										
	谐振后										
	谐振后										
	谐振后										



实验二 日光灯功率因数提高

一、实验目的

- (1) 熟悉日光灯的接线,做到能正确迅速联接电路
- (2) 通过实验了解功率因数提高的意义
- (3) 熟悉功率表的使用

二、内容说明

日光灯管 A,镇流器 L(带铁芯电感线圈),启动器 S 组成,当接通电源后,启动器内发生辉光放电,双金属片受热弯曲,触点接通,将灯丝预热使它发射电子,启动器接通后辉光放电停止,双金属片冷却,又把触点断开,这时镇流器感应出高电压加在灯管两端使日光灯管放电,产生大量紫外线,灯管内壁的荧光粉吸收后辐射出可见的光,日光灯就开始正常工作。启动器相当一只自动开关,能自动接通

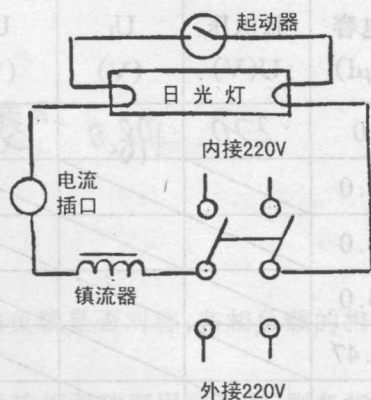
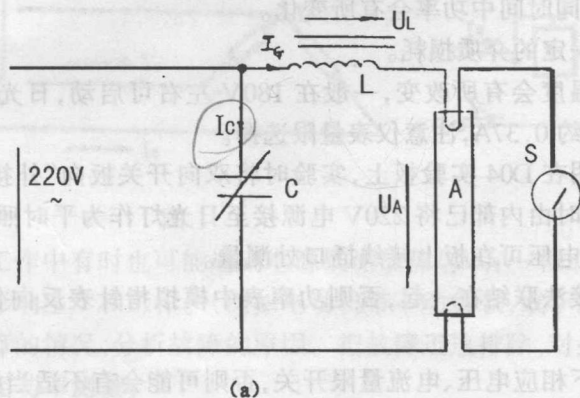


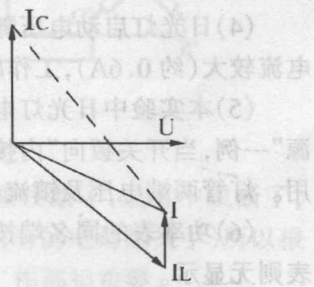
图1

电路(加热灯丝)和开断电路(使镇流器产生高压,将灯管击穿放电)镇流器的作用除了感应高压使灯管放电外,在日光灯正常工作时,起限制电流的作用,镇流器的名称也由此而来,由于电路中串联着镇流器,它是一个电感量较大的线圈,因而整个电路的功率因数不高。

负载功率因数过低,一方面没有充分利用电源容量,另一方面又在输电电路中增加损耗。为了提高功率因数,一般最常用的方法是在负载两端并联一个补偿电容器,抵消负载电流的一部分无功分量。在日光灯接电源两端并联一个可变电容器,当电容器的容量逐渐增加时,电容支路电流 I_C 也随之增大,因 I_C 超前电压 U 90° ,可以抵消电流 I_L 的一部分无功分量 I_{GL} ,结果总电流 I 逐渐减小,但如果电容器 C 增加过多(过补偿), $I_{CS} > I_{GL}$ 总电流又将增大。



(a)



(b)

图2

四、实验任务

(1) 将日光灯及可变电容器元件按实验图 2(a) 所示电路连接。在各支路串联接入电流表插座,再将功率表接入线路,按图接线并经检查后,接通电源,电压增加至 220V。