

mm²
抄送
3:30 向工报

电工学实验讲义电工技术部分

18 组

郑州轻工业学院信控系

二 00 三年三月

11-5

目 录

电工学实验须知	(1)
实验一 直流电路实验	(4)
实验二 RL 串联电路及其功率因数的提高	(10)
实验三 RLC 串联谐振电路	(14)
附录 XR8 型双踪示波器简介	(18)
实验四 三相电路实验	(22)
实验五 RC 电路的过渡过程	(26)
实验六 异步电动机的绝缘性能。绕组极性的判别和直接起动控制	(33)
附录 ZL44 型晶体管兆欧表使用说明	(36)
实验七 异步电动机的继电——接触控制线路	(38)

实验内容：
 ①按图1接线，经教师检查后，再
 ②分别测量A、B元件的额定参数，填入表H。
 A - $C=1\mu F$ 电容 B - $4M\Omega$ 电阻和 300Ω 电阻串联。
 ③测量AB串联、AB并联后的额定参数，并画出并联一电
 路图。
 第一部分 电工学实验须知
 实验方法判断它是感性还是容性负载，若有电容后电
 流不超前电压，反之感性负载。

一、实验目的：

电工学是实践性很强的一门技术基础课，实验是该课程的一个重要环节，电工学的实验

目的是：

1、进行实验基本技能的训练。

2、巩固、加深并扩大所学到的理论知识，培养运用基础理论分析、处理实际问题的能力。

3、培养实事求是，严肃认真，细致踏实的科学作风和良好的实验习惯。

4、能正确地使用常用的电工仪表、电子仪器、电机和电器设备。

5、具有一般的安全用电知识。

二、实验课进行方式：

实验课一般分课前预习、进行实验和课后作实验报告三个阶段，各个阶段的要求如下：

1、课前预习：

实验能否顺利进行和收到预期效果，很大程度上取决于预习准备得是否充分，因此要求每个学生在预习时仔细阅读实验指导书和其它参考资料：明确实验目的及任务，了解实验的基本原理以及实验线路、方法、步骤；清楚实验中要观察哪些现象，记录哪些数据和注意哪些事项。

学生只有认真做好预习后才能到实验室做实验，预习不合格者不得进行实验。

为了更好地熟悉有关仪器和实验线路板，可根据实验室指定的时间到实验室进行预习。

2、进行实验：

良好的工作方法和操作程序是使实验顺利进行的有效保证，一般实验按照下列程序进行：

(1)每学期实验之前，各班的学习班长(或课代表)必须按实验指导教师的要求分好小组，每组指定小组长一个，每个小组按实验桌的编号固定下来。

(2)教师在实验前讲授实验要求及注意事项，讲解时每个学生必须认真听讲，实验开始前，学生须接受指导教师的检验与询问，获得通过后，才能进行实验。

(3)学生到指定桌位上作实验，先作好三件事：

①将仪器盖布叠放整齐，放在桌子一边；

②按设备清单清点设备，同时了解设备的使用方法；

③接好实验线路，经自查无误后请教师检查，教师同意后才能合上电源。

(4)操作、观察现象、读数、记录与审查数据。

实验时小组成员之间应有分工,有人操作,有人记录。为使每个同学都受到实验技能的训练,在每做完一个实验内容后,记录者与操作者应调换分工。

操作时要注意:手合电源,眼观全局,先看现象,再读数据。

读数前要弄清仪表量程及刻度。读数时注意姿势正确,要求“眼、针、影成一线”,如果有些仪表的一些量程不便即刻读出实际代表的数值,可先记下格数,待实验做完后,再换成实际数值。

记录要求完整清晰,力求表格化,一目了然。要合理取舍有效数字(最后一位为估计数)。

数据必须记在规定格式的原始记录纸上,要尊重原始记录,实验后不得随便涂改,交报告时需将原始记录一起附上。

(5)实验过程中还需做到:

- ①不得随意到其他桌上搬仪表,拿导线,也不得把实验桌上的东西随意搬到别处。
- ②使用仪器时要轻拿轻放,不得在桌上推拉。
- ③使用仪表前注意调零。
- ④晶体管毫伏表要竖起来读数,电压表、电流表、万用表等要平放着读。
- ⑤各处仪表万不可错用。
- ⑥实验中如发现异常现象,应首先断电源,保持现场,报告指导教师,然后根据现象分析原因,查找故障,故障排除后教师许可方能继续实验,造成仪表、设备损坏者需如实填写事故报告单。

(6)结尾工作:

完成全部规定的实验项目,先自己查核实验数据,再经教师复查并在原始记录纸上签字,通过后方可进行下列结尾工作:

- ①拆线。注意先将各仪表、仪器的电源断开再拆线。将拆除的线整理好放入桌斗中。
- ②作好仪器设备、桌面和环境的清洁整理工作。
- ③经教师同意后方可离开实验室。

3、实验报告:

实验报告是实验工作的全面总结,要用简明的形式将实验结果完整和真实地表达出来,报告要求文理通顺,简明扼要,字迹端正,图表清晰,结果正确,分析合理,讨论深入。

实验报告每人写一份于下一次实验时交给指导教师,不交报告者不得进行下次实验。

实验报告一律采用学院规定的报告纸,其内容应包括下列各项:

(1)实验目的:

(2)实验内容及步骤

(3)实验线路

(4)数据图表及计算

(5)实验结果的分析处理(包括结论、分析讨论、收获体会及意见)。

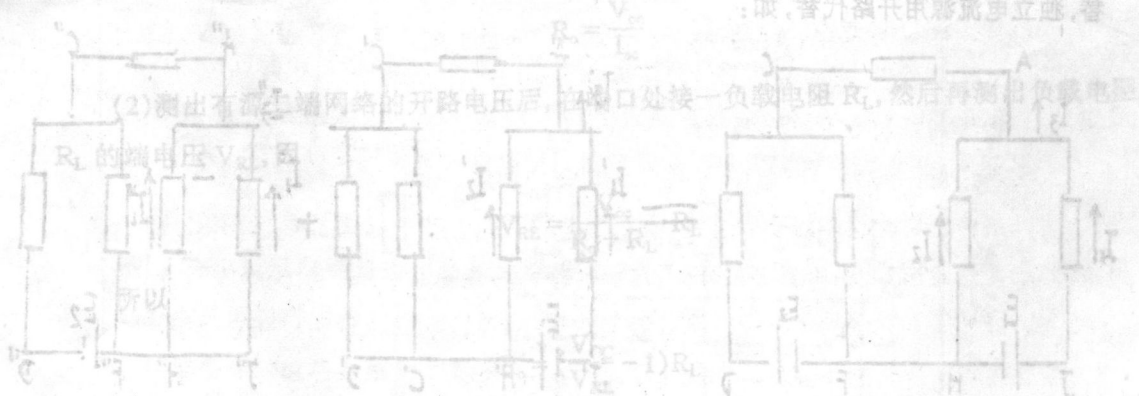
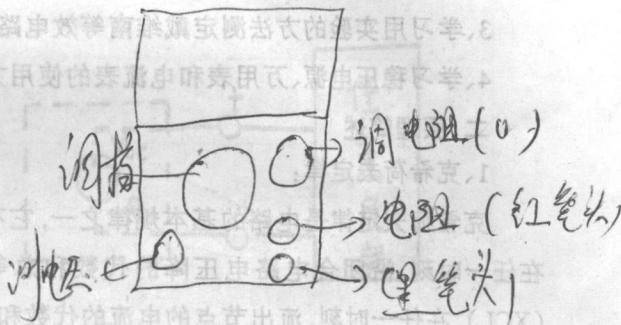
(6)回答分析和讨论中提出的问题。

三、对实验课的要求

1、每学期学生的实验成绩在实验课未单独设课之前是主讲教师对该生的电工学考试(或考查)成绩评定的一个重要组成部分。

2、对考试课,实验不及格者不能参加电工学考试。

红接正极
黑接负极



第二部分 电路实验

实验一 直流电路实验

一、实验目的：

- 1、加深对克希荷夫定律，叠加定律和戴维南定理的理解。
- 2、加深对电位和电压概念的理解。
- 3、学习用实验的方法测定戴维南等效电路的参数。
- 4、学习稳压电源、万用表和电流表的使用方法。

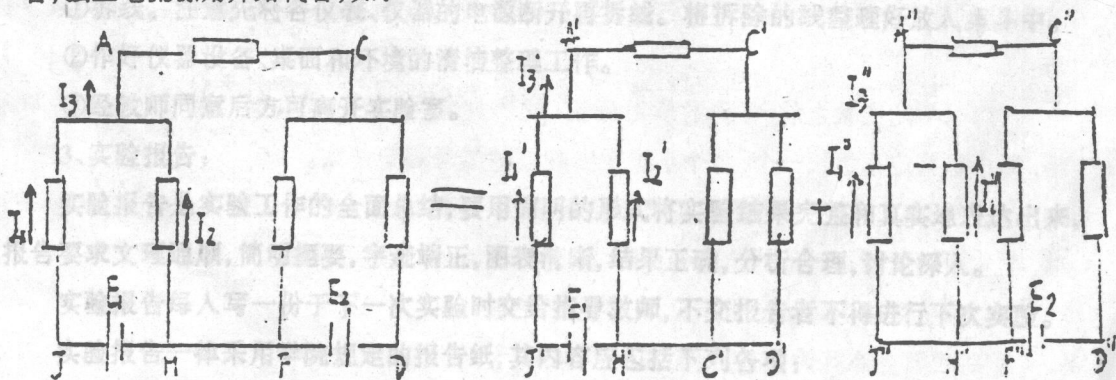
二、原理简述

1、克希荷夫定律：

克希荷夫定律是电路的基本规律之一，它有两个内容：一是克希荷夫电压定律(XVL)，在任一时刻，沿闭合电路电压降的代数和总等于零，即 $\sum U = 0$ ，二是克希荷夫电流定律(XCL)，在任一时刻，流出节点的电流的代数和为零，即 $\sum I = 0$ 。

2、叠加定律：

叠加定律体现了线性网络重要的基本性质。其内容是：在含有多个独立源的线路网络中，每一元件的电流或电压，可以看成是每一个独立源单独作用于网络时，在该元件上产生的电流或电压的代数和，独立源单独作用时，其它独立源应为零值，即独立电压源用短路代替，独立电流源用开路代替，如：



3、电路中的电位和电压

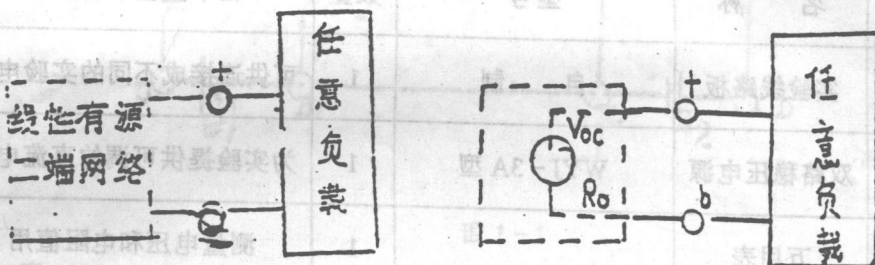
任何电压不能超过额定值
接收

在电路中计算和测量各点电位时,需先选定一个参考点,并规定此参考点的电位为零,则电路中某点的电位就等于该点与参考点之间的电压。由于选取不同点作参考点,电路中各点的电位值也随之改变。所以电位是一个相对的物理量,即各点电位的极性和数值与所选参考点有关。

电压是指电路中任意两点之间的电位差值,它的大小和极性与选取电位参考点有关,一经电路组成,其大小和极性即为一定。

4. 戴维南定理:

戴维南定理指出:任何一个线性含源二端网络,就其两个端钮来看总可以用一个电压源——串联电阻支路来代替。电压源的电压等于该网络的开路电压,其串联电阻等于网络中所有独立源为零值时所得网络的等效电阻。



用实验手段测量一线性有源二端网络的等效内阻 R_o 的方法有几种,如:

(1) 测出有源二端网络的开路电压 V_{oc} 和短路电流 I_{sc} 则可得出

$$R_o = \frac{V_{oc}}{I_{sc}}$$

(2) 测出有源二端网络的开路电压后,在端口处接一负载电阻 R_L ,然后再测出负载电阻 R_L 的端电压 V_{RL} ,因

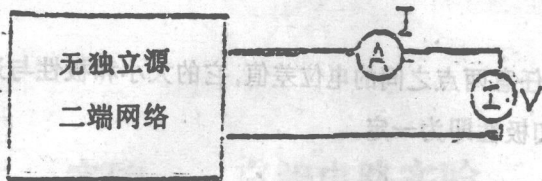
$$V_{RL} = \frac{V_{oc}}{R_o + R_L} \cdot R_L$$

所以

$$R_o = \left(\frac{V_{oc}}{V_{RL}} - 1 \right) R_L$$

(3) 把有源二端网络中有所有独立源置零,然后在端口处外加一给定电压 V ,测得流入端口的电流 I ,如下图,则:

$$R_o = \frac{V}{I}$$

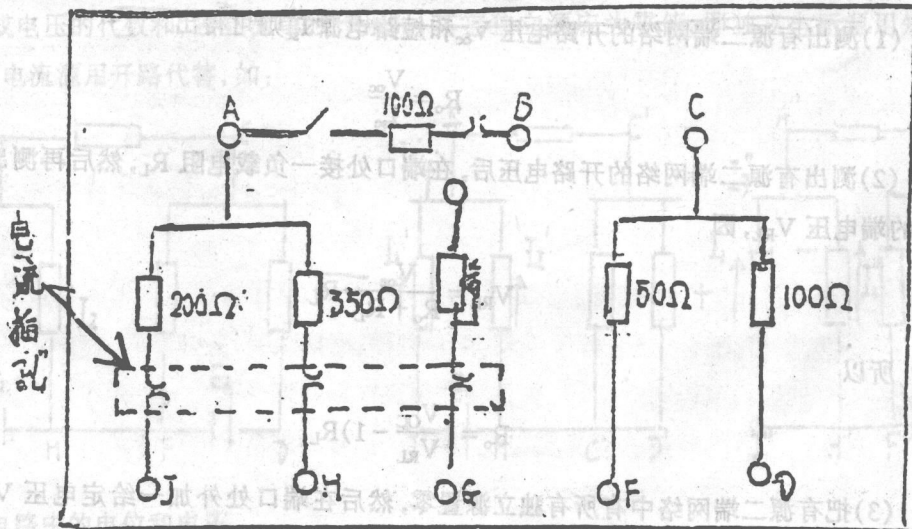


(4) 把有源二端各所有独立源置零, 然后用万用表欧姆档测出等效电阻。

三、实验仪器与设备

序号	名称	型号	数量	在本实验中的用途
1	实验线路板	自制	1	可供连接成不同的实验电路
2	双路稳压电源	WYJ-3A 型	1	为实验提供可调的直流电源
3	万用表		1	测量电压和电阻值用
4	毫安表	C-19.50/100mA	1	测量电流用

四、实验板板面布置图



五、实验内容与步骤

1、克希荷夫定律

根据给定的仪器与设备和实验板组成电路如图 1-1 所示,要测量的量,表 1-1 已给出,电压用万用表直流电压 100 伏档,测电流用毫安表 100mA 档,实验步骤预习时自拟,自拟的实验步骤经指导教师同意后方可进行实验。

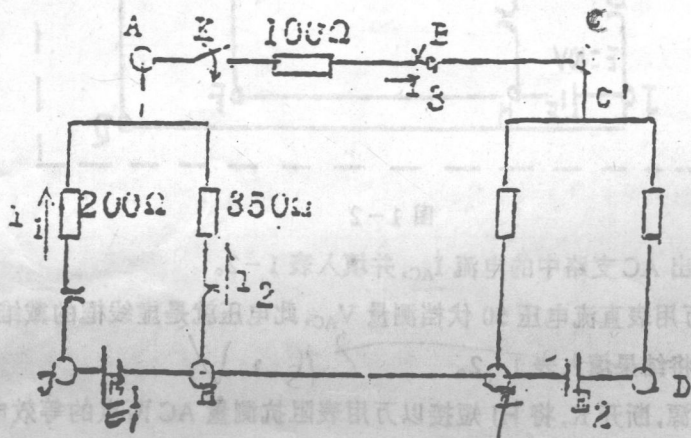


图 1-1

表 1-1

读 数								计 算	
I_1	I_2	I_3	V_{AC}	V_{CD}	E_2	E_1	V_{JA}	$\sum I = 0$	$\sum E = \sum V$

2、电路中的电位与电压

按图 1-1 所示电路,分别以 L 和 F 为电位参考点,测量 A、C、J 三点的电位及电压 V_{AC} 、 V_{AJ} 。实验步骤预习时自拟。自拟的实验步骤经指导教师同意后方可进行实验。

3、叠加定理

按图 1-1 所示电路自拟用叠加原理测量计算 I_1 、 I_2 、 I_3 、 V_{AC} 的实验步骤与表格,经指导教师同意后即可进行实验。

4、戴维南等效电路参数的测定

将双路稳压电源的一路输出调节成 $E = 10V$ (注意:用万用表电压档校准!)尔后暂时关掉稳压电源的开关。

(2) 将电路改接如图 1-2 所示(注意: E 即为稳压电源)

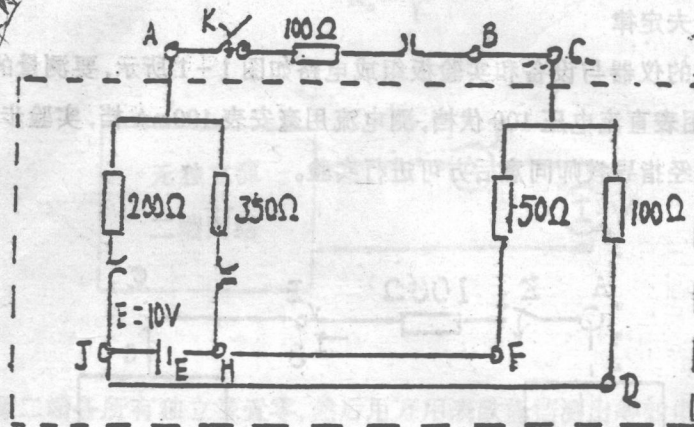


图 1-2

(3) 用毫安表测出 AC 支路中的电流 I_{AC} , 并填入表 1-2。

(4) 断开 K, 以万用表直流电压 50 伏档测量 V_{AC} , 此电压就是虚线框的戴维南等效电路的电压源电压 V_{OC} , 将结果填入表 1-2。

(5) 切断稳压电源, 断开 K, 将 HJ 短接以万用表阻抗测量 AC 两点的等效电阻, 它就是戴维南等效电路的内阻 R_O , 将结果填入表 1-2。

表 1-2

I_{AC}	V_{OC}	R_O	I'_{AC}
$20 \mu A$	$15 V$	$10 \times 10^3 \Omega$	$160 \mu A$

(6) 再将线路改接成如图 1-3 所示。

先调节电位器的电阻值等于 R_O , 再调节稳压电源电压等于 V_{OC} 合上开关区, 读取 I'_{AC} 的数值, 观察与 I_{AC} 是否一致。

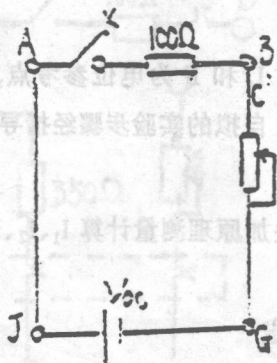


图 1-3

六、分析与讨论

用所学的知识计算出图 1-2 虚线框中的戴维南等效电路的参数,并与实验测量结果相比较,如有误差,分析产生误差的原因。

三、实验仪器和设备				
序号	名称	规格	数量	备注
1	日光灯	30W	1	用 220V 交流电源供电
2	交流电压表	T21 150/300V	1	测量电压
3	交流电流表	T21 0.5/2A 5-5 档	1	测量电流
4	单相功率表	D 25W	1	测量有功功率

示波 5-5 档,电压表量程,功率表量程,由图 1-2 中给出。

实验二 RL 串联电路及其功率因数的提高

一、实验目的：

1、以日光灯电路为例，研究 RL 串联交流电路中电压、电流和功率之间的关系。

2、了解提高感性交流电路功率因数的方法。

3、学习日光灯的接线方法。

4、学习单相功率表的使用方法。

① 了解提高功率因数的方法
② 进一步掌握

二、原理简述：

1、日光灯电路中的镇流器是一个感性元件(相当于 L 与 R_L 的串联, 灯管点燃后相当于一个电阻 R , 所以日光灯的等效电路是一个感性电路, 如图 2-1 所示, 此电路中各量之间有以下关系:

$$V = U_E - U_L$$

$$I = I_C + I_L$$

$$P = VI \cos \phi$$

由于感性的 $(R + R_L) - L$ 串联电路的功率因数很低, 为了提高交流电路的功率因数, 可在日光灯电路的输入端 并联一定容量的电容, 如图 2-2 所示, $I = I_L$, 而是满足 $I \cos \phi = I_L$, 如图 2-3 所示, 从图中不难看出, 并联电容后 U 与 I 之间的夹角由 ϕ 减小为 ϕ' 。从而提高了电路的功率因数, 增大了电源的利用率。

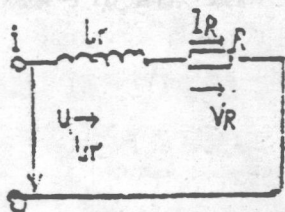


图 2-1

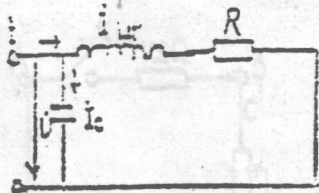


图 2-2

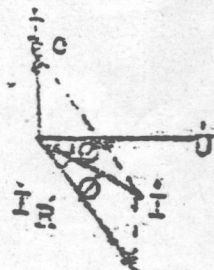


图 2-3

2、日光灯电路：

日光灯电路由灯管、镇流器、启辉器组成, 见图 2-4 所示。

启动器接日光灯 - 镇流器 → 电流表 → 功率表
 电流表
 功率表

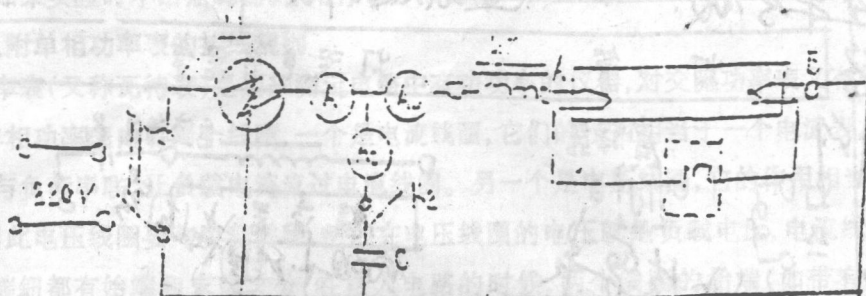


图 2-4

灯管:在玻璃内涂以荧光粉,管内充以氩气和少量的汞,灯管两端各装有灯丝。它须有一瞬时高压帮助点燃。在正常工作时,灯管两端电压比较低(须要有一个限流元件)镇流器与它串联才能在 220 伏电源上正常工作,在实验中将灯管视作一个电阻元件。

镇流器(扼流圈):一个有铁芯的电感线圈,它在电路中有两个作用,Ⓐ是在灯管起燃时瞬时产生一高电压帮助灯管起燃。Ⓑ是在正常工作时限制电路中的电流不致过大。在实验电路中属于有电阻的感性元件。

启辉器:在充有氖管的玻璃器内,装有两个电极,一是固定电极,一为双金属片制成的“η”形的电极,当两电极加以一定高的电压时,则氖气电离形成气体导电,同时伴有热量产生使双金属片受热膨胀而与固定电极接触,此时气体导电停止,双金属片不再受热而收缩,恢复原状,启辉器在电路中起一自动开关作用。

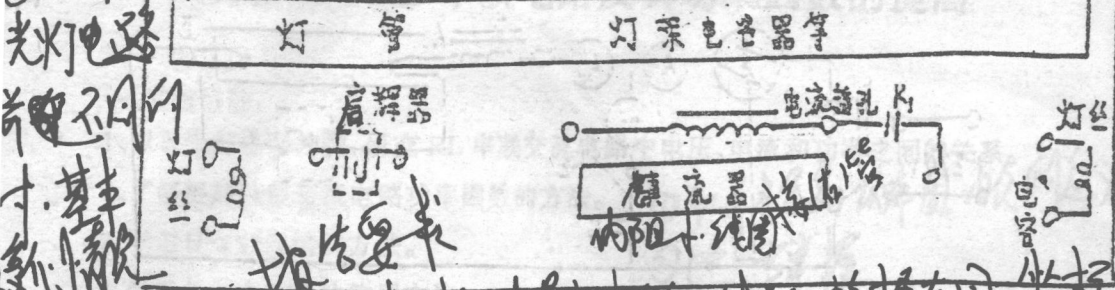
灯起燃过程如下:当闭合开关 K,此时由于日光灯未起燃而不能导电,电源电压通过镇流器,灯管的灯丝加于启辉器两电极上,启辉器两极间气体导电,双金属片与固定电极接触,由于两极接触,不再发生热量,双金属片冷却复原,使电路突然断开,由于电路中电流突然消失,镇流器产生一较高的自感电动势,经回路施加于灯管两端,而使灯管起燃,电流经镇流器,灯管而流通,灯管起燃后,因端电压降落较低,启辉器不再动作,日光灯正常工作。

三、实验仪器和设备

序号	名 称	型 号	数量	在本实验中的用途
1	日光灯设备	自制(30W)	1	用未连接成日光灯实验线路
2	交流电压表	T21 150/300V	1	测量电压用
3	交流电流表	T21 0.5/2A	1	测量电流用
4	单相功率表	D 26W	1	测量有功功率用

同电压表电流表
功率因数表

成：①断开电灯支路，接通电源启动日光灯，(调压器从0慢慢调到220V)
②将功率表接入电路，观察电流表、电压表及功率表的变化，将数据记入表中。



五、实验步骤和内容

1. 将实验线路板(注意面板上面有灯丝、镇流器、启辉器、电感、电容等符号处，可视为实物对待)，按图2-4所示进行连接(K_2 先断开)，经教师检查无误后，方可通电实验，接通电源后观察日光灯是否点燃，如不能，找出故障并排除，使其点燃。
2. 按照表2所列各量进行测量，并将数据填入表中第一行。
3. 合上 K_2 (同时将一电流表串入电容器支路)按表二所列各量进行测量，并将数据填入表中第二行。

表 2

待测条件	总 电 路			灯 管			镇 流 器		功率因数 (计算)
	U (V)	I (A)	P (W)	$U_{灯}$ (V)	$I_{灯}$ (A)	$P_{灯}$ (W)	$U_{镇}$ (V)	$I_{镇}$ (A)	$\cos\phi$
未并电容									
并入电容									

注意：(1)灯管两端电压要在 AB 两点测量。

(2)测量 P 时要注意功率表的接法，可参看附录说明。

(3)由于只配了壹只电流表，在并入电容后，按图2-4所连电路中串在灯管中电流，可不测，此情况下 I_R 可用未并电容前所测电流的数值。

六、分析与讨论：

1. 根据实验数据求出镇流器的电感 L 和电阻 R_L 的值。
2. 如果实验时不给功率表，只给电压表、电流表，能否求出电容并入前后的 P ？如何求？
3. 根据实验数据验证 U 、 U_L 、 U_{L+R} 三者之间是否满足勾股弦定理？为什么？
4. 并入电容前后总电路的 U 、 I 、 P 、 Q 、 S 及日光灯电路(灯管加镇流器)的 U' 、 I' 、 P' 、 Q' 、 S'

[illegible]

地：①实验原理及测定 R、L、C 串联谐振电路的电压和电流
 ②实验原理及测定 R、L、C 串联谐振电路的频率特性和品质因数

RCL 串联谐振电路

一、实验目的：

- 1、学习低频信号发生器的使用。
- 2、学习测定 RCL 串联电路的谐振曲线的方法并加深对串联谐振电路特性的理解。
- 3、研究电路参数对谐振特性的影响。
- 4、学习用实验的方法测量电感线圈的电感量 L。

二、原理简述：

1、RCL 串联电路的频率特性：

如图 3-1 所示的 RL 串联电路，在外加角频率为 ω 的正弦电

压 U 时，电路中的电流

$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_1}{R' + j(\omega L - \frac{1}{\omega C})}$$

其中： $R' = R + r$

r 为电感 L 的直流电阻。

在输入电压最大值不变的条件下，电流的大小随频率而变化。

当

流谐振发生： $R_1 = 100, R_2 = 400, \omega L = \frac{1}{\omega C}, C = 1 \mu F$

时，电路就产生谐振，谐振角频率

谐振频率：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi \sqrt{LC}} \approx 502.42 \text{ (Hz)}$$

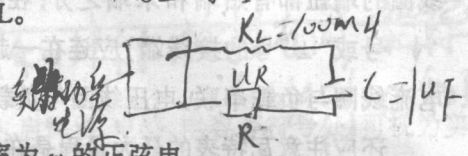
电路谐振时，具有以下特征：

- (1) 阻抗 $Z_0 = R' = R + r$ ，这时阻抗最小，而且是纯电阻性的。
- (2) 感抗与容抗相等，因而，电感电压等于电容电压。
- (3) 电压 U 与谐振电流 I_0 同相，电流在数值上为：

$$I_0 = \frac{U_1}{R}$$

2、串联谐振电路的品质因数

二、实验内容：



① $C = 1 \mu F, R_1 = 100 \Omega$

$L = 100 mH$ (用互感法测)

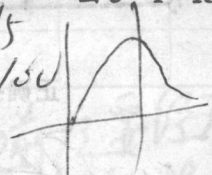
保持 $U = 10 V$ 作出电流谐振曲线。

② $C = 1 \mu F, R_2 = 400 \Omega$

$L = 100 mH$ (用互感法测)

保持 $U = 10 V$ 作出电流谐振曲线。

图 3-1 RLC 串联电路



112
 50 100 150 -
 $\omega / \text{rad/s}$
 I / mA
 400 N

串联谐振时 U_c 和 U_L 可能超过电源电压 U_0 许多倍,同时 R' 上的电压 U_R 达到最大,即谐振时 RLC 串联谐振电路的幅频特性曲线出现尖峰,即谐振峰,它的陡度可以用品质因数

Q 来量度, Q 可表示为

$$Q = \frac{\omega_0}{\omega_2 - \omega_1} = \frac{1}{\omega_c CR'} = \frac{\omega_n L}{R'} = \frac{U_c}{U} = \frac{U_L}{U}$$

式中 $\omega_2 - \omega_1$ 是谐振电路的通频带

三、实验仪器和设备

名 称	规 格	件 数	备 注
RLC 串联电路实验板		1	
低频信号发生器	XD7 型 0~200KHz 可调	1	具有功率输出
双踪示波器	SR8 型	1	
晶体管毫伏表	DA-16 型	1	
万用表	MF10 型或 500 型	1	

四、实验线路

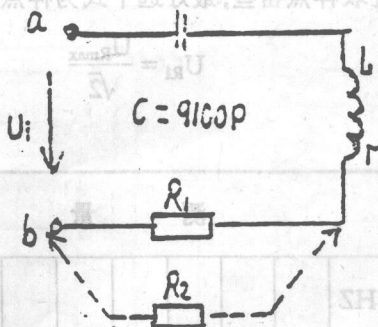


图 3-2

五、实验步骤

1、测定谐振时各项参数

- (1) 按实验线路图接线,电阻先用 R_1 。
- (2) 将功率输出衰减打在 40dB 档上,把输出细调旋钮到最小(即逆时针旋到底)。从功