

# 实验五 一阶电路的响应

南开大学电子信息实验教育中心  
2018年春季学期

# 一、实验目的

- 1、测定RC一阶电路的零输入响应，零状态响应及完全响应。
- 2、学习电路时间常数的测定方法。
- 3、掌握有关微分电路和积分电路的概念。
- 4、学会用示波器测绘图形。

## 二、实验原理

动态网络的过渡过程是十分短暂的单次变化过程。要用普通示波器观察过渡过程和测量有关的参数，就必须使这种单次变化的过程重复出现。为此，我们利用信号发生器输出的方波来模拟激励信号，即利用方波输出的上升沿作为零状态响应的起始时刻；利用方波的下降沿作为零输入响应的起始时刻。只要选择方波的重复周期远大于电路的时间常数  $\tau$ ，那么电路在这样的方波序列脉冲信号的激励下，它的响应就和直流电路中开关的接通与断开的过渡过程是基本相同的。

## 二、实验原理

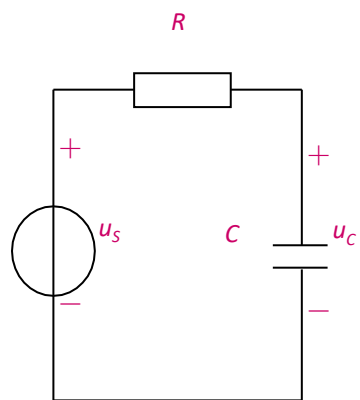
图(1)所示的RC一阶电路，零输入响应如图(2)，零状态响应如图(3)，分别按指数规律进行衰减和增长，其变化的快慢决定于电路的时间常数  $\tau$ 。

根据一阶微分方程的求解得知： $u_C = U_m e^{-t/RC} = U_m e^{-t/\tau}$

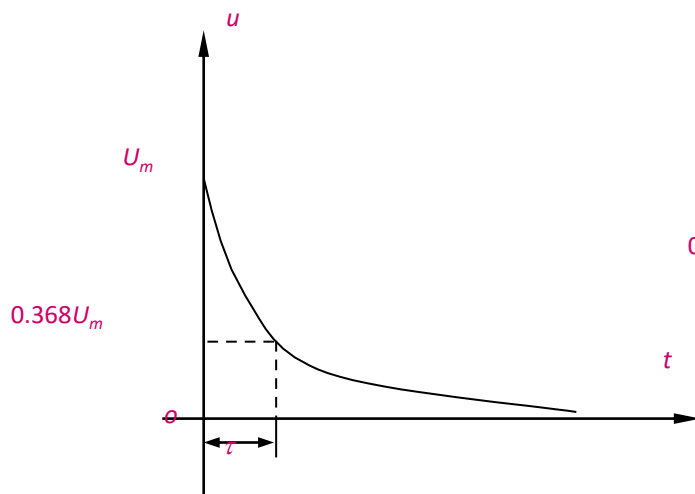
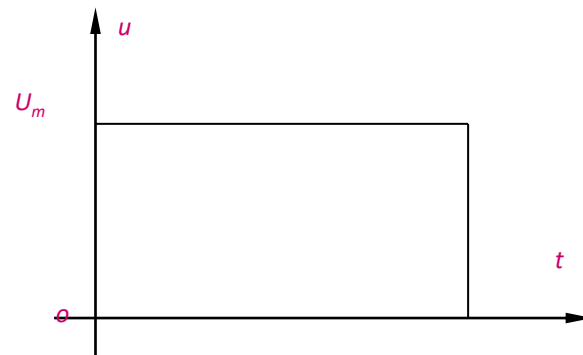
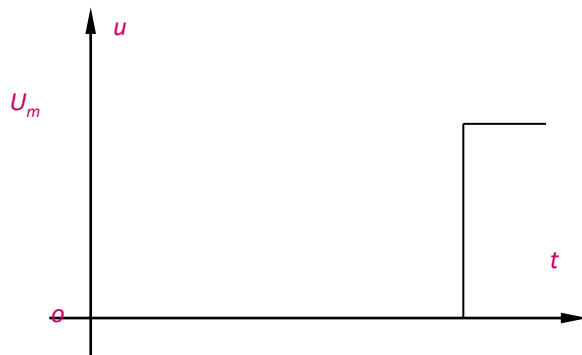
当  $t = \tau$  时， $u_C(\tau) = 0.368 U_m$ 。此时所对应的时间就等于  $\tau$ ，如图(2)所示。

$\tau$  亦可用零状态响应波形来测得，即由0增加到  $0.632 U_m$  所对应的时间，如图(3)所示。

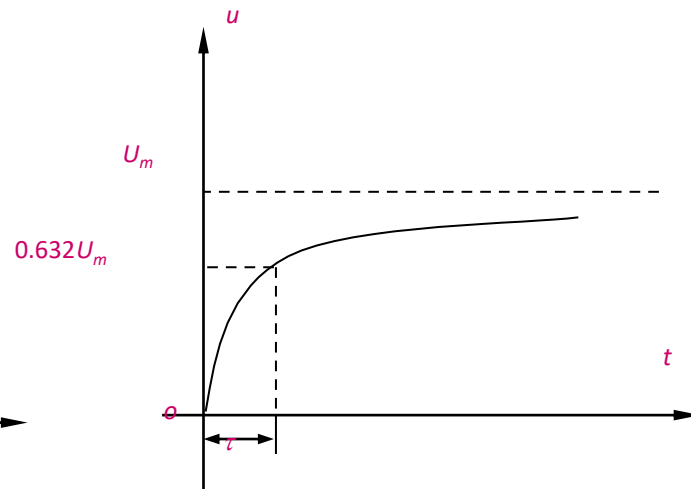
## 二、实验原理



(1) RC一阶电路



(2) 零输入响应



(3) 零状态响应

## 二、实验原理

微分电路和积分电路是RC一阶电路中较典型的电路，它对电路元件参数和输入信号的周期有着特定的要求。一个简单的RC串联电路，在方波序列脉冲的重复激励下，若满足时（ $\tau = RC \ll \frac{T}{2}$ ， $T$ 为方波脉冲的重复周期），且由R两端的电压作为响应输出，则该电路就是一个微分电路。

此时电路的输出电压  $u_R$  与输入电压  $u_i$  的微分成正比。如图(4)所示。利用微分电路可以将方波转变成尖脉冲。

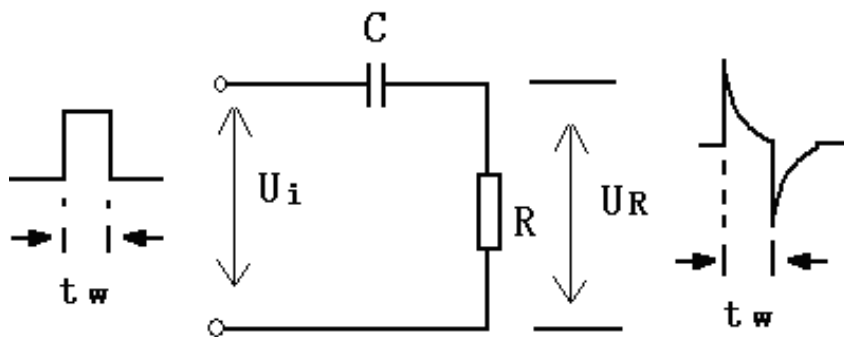
## 二、实验原理

若将 $R$ 与 $C$ 位置调换一下，如图(5)所示，由电容 $C$ 两端的电压作为输出，且当电路的参数满足

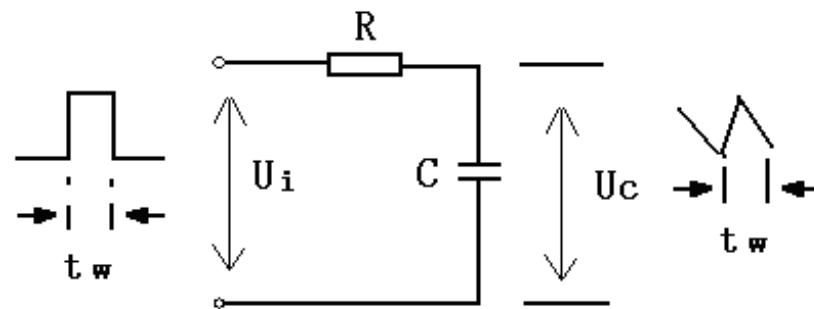
$$\tau = RC \gg \frac{T}{2}$$

则该 $RC$ 电路称为积分电路。因为此时电路的输出电压 $u_C$ 与输入电压 $u_i$ 的积分成正比。利用积分电路可以将方波转变成三角波。

## 二、实验原理



(4) 微分电路在方波激励下的响应



(5) 积分电路在方波激励下的响应



### 三、实验内容

- 1、调节示波器输出电压为 $5V_{pp}$ 、 $f=2KHz$ 的方波。
- 2、令 $R=1K\Omega$ ， $C=0.01\mu F$ ，组成如图(4)所示的微分电路。  
在同样的方波激励信号作用下，观测并描绘响应的波形。

分别减小 $R$ 或 $C$ 的值，定性地观察对响应的影响。

- 3、令 $R=1K\Omega$ ， $C=0.033\mu F$ ，组成如图(5)所示的积分电路，  
观察并描绘响应的波形。

分别增大 $R$ 或 $C$ 的值，定性地观察对响应的影响。

## 四、注意事项

1、在本节实验之前，可能有些同学对示波器还不够熟悉。特别是本节课中，需要使用的示波器的信号发生功能、“光标”功能和触发功能等。还需要用到示波器的两个通道，进行激励信号和响应信号的对比观测。需要同学们在课前对示波器进行一定的预习，比如阅读示波器的说明书，查阅有关“光标”功能的使用方法等。在实验中，多动手、多思考，对本节课涉及到的示波器功能进入熟练的应用。

## 四、注意事项

- 2、示波器的双通道探头与实验电路连接时，注意接地点不能接错，防止信号被短路。
- 3、观测响应波形时，应尽可能调整水平和竖直旋钮，使得一个完整的波形呈现在屏幕上的幅度尽可能大一些，这样在观察和测量时一定程度上能够减小误差。当然波形也不能超出屏幕的范围。
- 4、波形的最大值应采用响应波形幅度的测量值，而非输入方波的幅度值。

## 五、思考题

- 1、为何本实验中激励信号必须采用方波信号。
- 2、根据实验内容分析，在方波激励信号周期不发生变化的时候，微分电路和积分电路中 $R$ 、 $C$ 的值的变化的变化，对于响应波形的影响。
- 3、给定一阶RC电路，其中， $R=10\text{K}\Omega$ ， $C=0.1\mu\text{F}$ ，试计算时间常数 $\tau$ 的理论值，并根据 $\tau$ 值的物理意义，拟定测定 $\tau$ 的实验方案。

## 五、思考题

- 4、总结微分电路和积分电路需要具备的条件，查阅相关资料，阐述这两种电路通常能够实现哪些功能。
- 5、实验中测定的两个时间常数  $\tau$  值与理论值之间存在多大的误差？试分析误差的可能来源。

THE END

# 实验六

## 单相交流电路及功率因数的提高

南开大学电子信息实验教学中心  
2018年春季学期

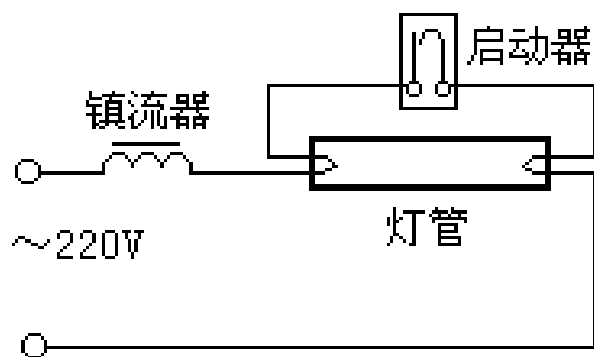
# 一、实验目的

- 1、通过RL串联电路掌握单相交流电路的电压、电流、复阻抗之间的相量关系、有效值关系。
- 2、熟悉日光灯电路的组成，各元件的作用及日光灯的工作原理，学会日光灯电路的连接，了解线路故障的检查方法。
- 3、掌握交流电路的电压、电流和功率的测量方法。
- 4、掌握提高感性负载功率因数的方法。

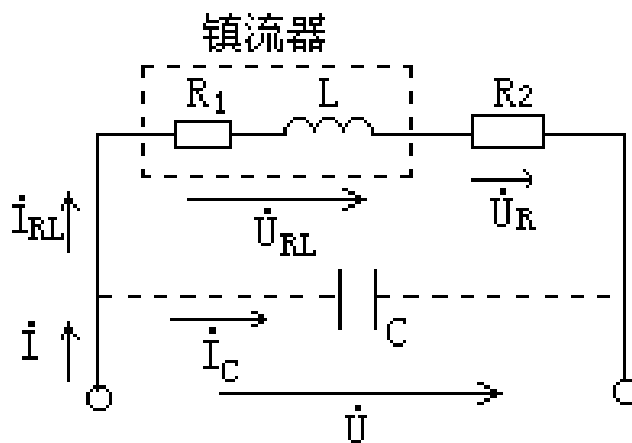


## 二、实验原理

镇流器是一个铁心线圈，其电感 $L$ 比较大，而线圈本身具有电阻 $R_1$ 。日光灯在稳态工作时近似认为是一个阻性负载 $R_2$ 。镇流器和灯管串联后接在交流电路中，可以把这个电路等效为 $RL$ 串联电路。



图(1)日光灯电路



图(2)日光灯等效电路

## 二、实验原理

日光灯管等效电阻:  $R_2 = \frac{U_R}{I}$

电路消耗的有功功率  $P = UI \cos \varphi = I^2(R_1 + R_2)$

镇流器的等效电阻:  $R_1 = \frac{P}{I^2} - R_2$

镇流器的等效复阻抗模:  $|Z_{RL}| = \frac{U_{RL}}{I}$

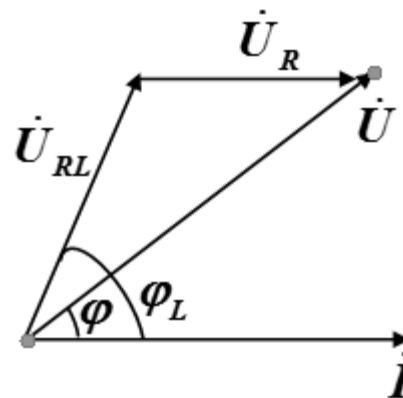
镇流器电感线圈的感抗:  $X_L = \sqrt{|Z_{RL}|^2 - R_1^2}$

电感线圈的电感:  $L = \frac{X_L}{2\pi f}$

镇流器的功率因数:  $\cos \varphi_L = \frac{R_1}{|Z_{RL}|}$

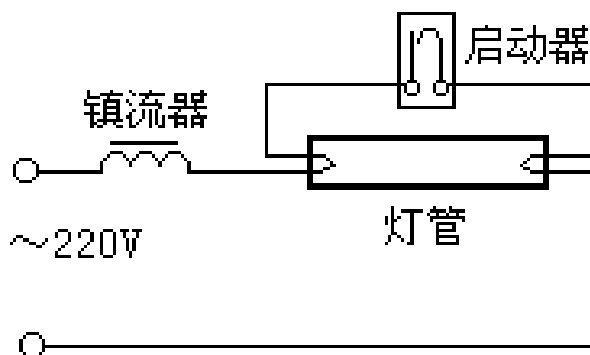
电路的功率因数:

$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$

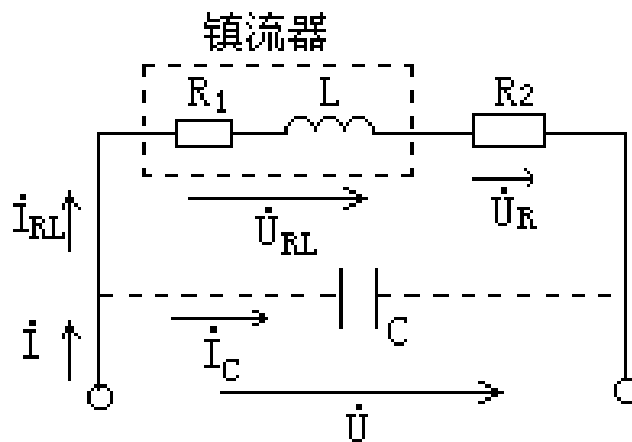


## 二、实验原理

因镇流器本身的电感较大，故整个电路的功率因数较低，为了提高电路的功率因数，可以采用在日光灯两端并联电容的方法。



图(1)日光灯电路



图(2)日光灯等效电路

## 二、实验原理

并联电容后电路的总电流。由于电容的无功电流抵消了一部分日光灯电流中的感性无功分量，所以总电流将减小，电路的功率因数被提高。由于电源电压是固定的，并联电容器并不影响感性负载的工作状态，即日光灯支路的电流、功率和功率因数并不随并联电容的大小而改变，仅是电路的总电流及总功率因数发生变化。提高电路的功率因数能够减小供电线路的损耗及电压损失，提高电源设备的利用率而又不影响负载的工作，所以并联电容器提高电路的功率因数的方法被供电部门广泛采用。

## 二、实验原理

如果要将功率因数 $\cos \phi$ 提高到 $\cos \phi'$ ，所并联电容的大小计算如下：

$$\cos \phi = \frac{P}{UI}$$

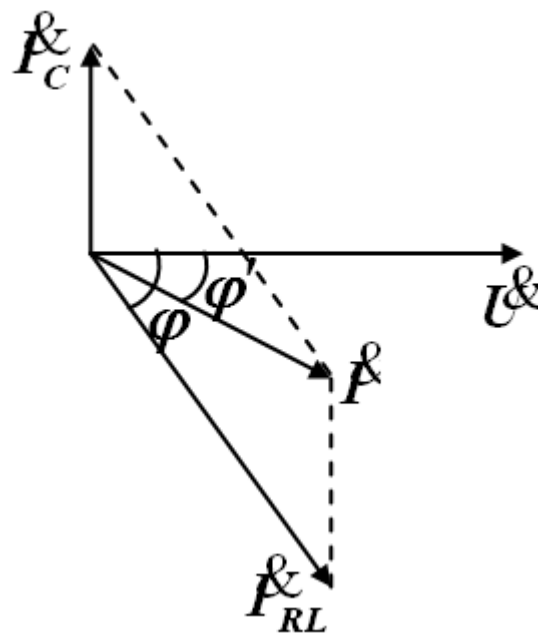
$$\cos \phi' = \frac{P}{UI'}$$

$$C = \frac{P}{\omega U^2} (\tan \phi - \tan \phi')$$

$\phi$  ——原电路的功率因数角

$\phi'$  ——提高功率因数后的功率因数角

$\omega = 2\pi f$  ——电源的角频率

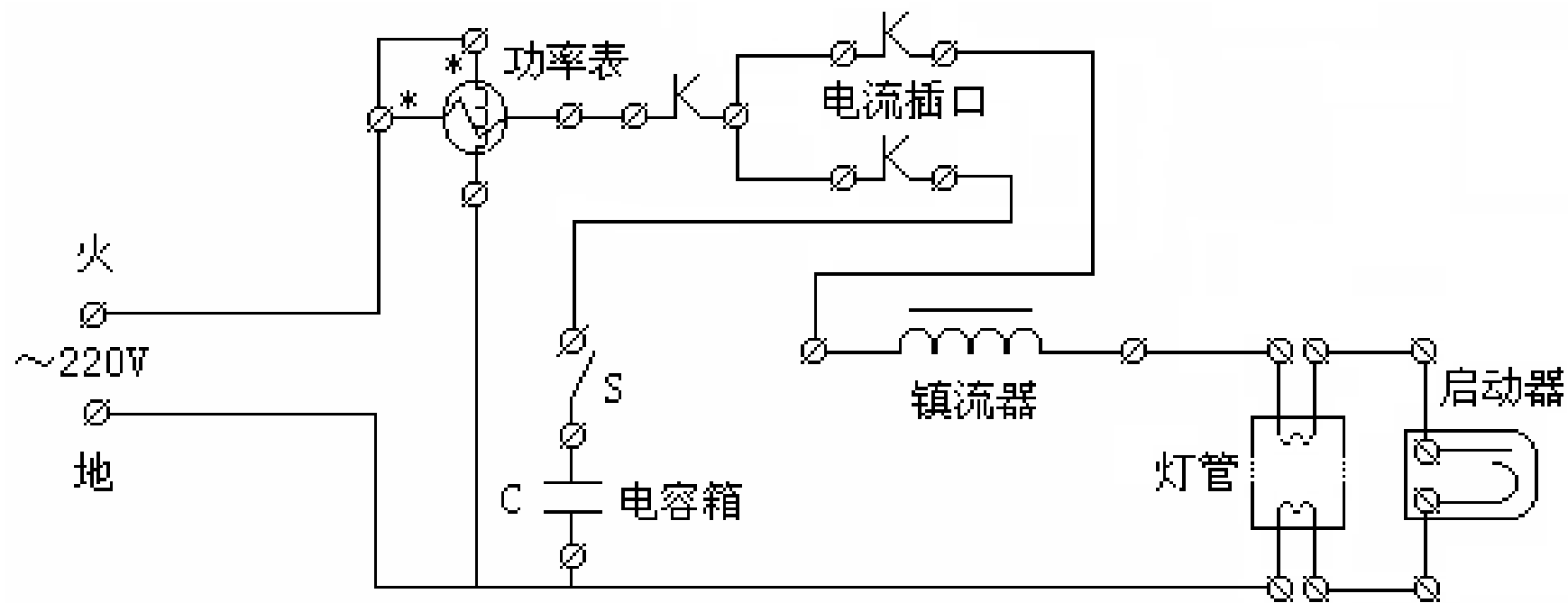


### 三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	交流电压表	0~500V	1	实验台
2	交流电流表	0 ~5A	1	实验台
3	功率表		1	实验台
4	自耦调压器		1	实验台
5	日光灯灯管	30W	1	实验台
6	镇流器、启辉器	与30W灯管配用	各1	实验台
7	电容器	1 $\mu$ F, 2. 2 $\mu$ F, 4. 7 $\mu$ F/500V	各1	电工原理1
8	电流插座		3	实验台

## 四、实验内容

1、按图所示连接电路，注意功率表和电流插座的接线方法。



## 四、实验内容

2. 经反复检查后接通实验台电源，调节自耦调压器的输出，使其输出电压缓慢增大，直到调至额定电压220V，测量有功功率 $P$ ，日光灯支路电流 $I$ ，电源电压 $U$ ，镇流器电压 $U_{RL}$ ，灯管电压 $U_R$ 等值，把测得的数据填入表1中，验证电压相量关系。

测 量 数 值							计算值			
	$P(W)$	$\cos \varphi$	$I(mA)$	$U(V)$	$U_{RL}(V)$	$U_R(V)$	$R_1(\Omega)$	$L(H)$	$\cos \varphi_L$	$R_2(\Omega)$
正常工作值										



## 四、实验内容

3、并联不同值的电容，读取并记录功率表、电压表读数。通过一只电流表和三个电流插座分别测得三条支路的电流。将数据记入表2中。

电容值 ( $\mu F$ )	测 量 数 值					
	$P$ (W)	$\cos \varphi'$	$U$ (V)	总电流 $I$ (mA)	负载电流 $I_{RL}$ (mA)	电容电流 $I_C$ (mA)
0.47						
1						
2.2						
4.3						

## 四、实验内容

1. 根据表1中额定电压工作时的实验数据计算  $R_1, L, \cos \varphi_L, R_2$  的值。
2. 根据表1中额定电压工作时的实验数据计算  $\varphi$  和  $\varphi_L$ ，绘出的电压相量图，验证相量形式的基尔霍夫电压定律。
3. 根据表2中的实验数据计算并联不同电容时，功率因数角  $\varphi$  和  $\varphi'$ ，绘出电流相量图，验证相量形式的基尔霍夫电流定律。
4. 讨论改善电路功率因数的意义和方法。

## 五、注意事项

- 1、本实验使用交流市电220V，务必注意用电和人身安全。
- 2、功率表要正确接入电路。注意功率表的接线方法，分清电压线圈和电流线圈的端子，电压线圈要与被测电路并联，电流线圈要与被测电路串联，并且两个线圈的对应端子（同名端）应接在电源的同一点上。
- 3、线路接线正确，日光灯不能启辉时，应检查启辉器及其接触是否良好。
- 4、交流电流表并不接入电路中，而是利用电流插头测试各支路电流，电流插头的一端应始终插在交流电流表头上，测量端插入电流插座即可测量电流值。注意不得用电流插头来测量电压！
- 5、接线和拆线时，务必关闭电源，然后再操作。

## 五、注意事项

6、在以往的实验中，出现过个别同学直接将电容器并联在日光灯管两端的严重错误。这说明在实验前，缺少对实验内容的预习，缺乏对于实验原理的理解，也没有认真听讲。希望同学们加深理解，不要犯类似的错误。

## 六、思考题

- 1、当日光灯上缺少了启辉器时，人们常用一根导线将启辉器的两端短接一下，然后迅速断开，使日光灯点亮或用一只启辉器去点亮多只同类型的日光灯，这是为什么？
- 2、为了改善电路的功率因数，常在感性负载上并联电容器，此时增加了一条电流支路，试问电路的总电流是增大还是减小，此时感性支路的电流和功率是否改变？
- 3、提高线路功率因数为什么只采用并联电容器法，而不用串联法？所并联的电容器是否越大越好？
- 4、本节实验中，为了改善功率因数，分别并联了四个容值由小到大不等的电容，对应的功率因数是否也随之由小到大的变化？如果不是，分析原因。

THE END