

南开大学电子信息与光学工程学院

电路基础实验 _____ 六 _____

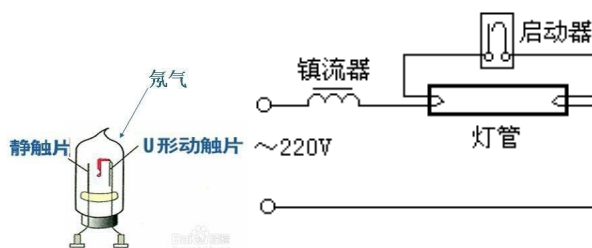
实验名称 _____ 单相交流电路及功率因数的提高 _____

一. 实验目的

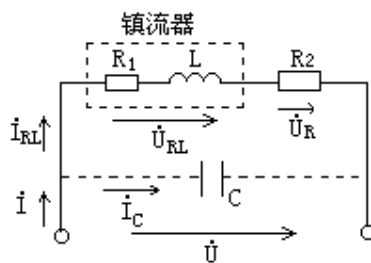
- 1、通过 RL 串联电路掌握单相交流电路的电压、电流、复阻抗之间的相量关系、有效值关系。
- 2、熟悉日光灯电路的组成，各元件的作用及日光灯的工作原理，学会日光灯电路的连接，了解线路故障的检查方法。
- 3、掌握交流电路的电压、电流和功率的测量方法。
- 4、掌握提高感性负载功率因数的方法。

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

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： $X_L = \sqrt{|Z_{RL}|^2 - R_1^2}$

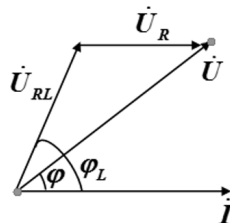
电感线圈的电感： $L = \frac{X_L}{2\pi f}$

镇流器的功率因数：

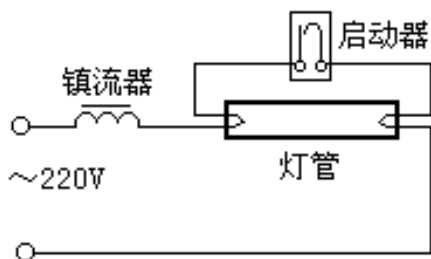
$$\cos \varphi_L = \frac{R_1}{|Z_{RL}|}$$

电路的功率因数：

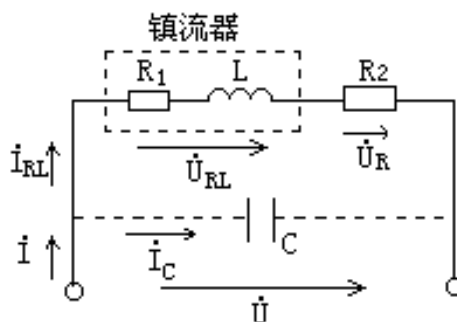
$$\cos \varphi = \frac{P}{UI}$$



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

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。

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：

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

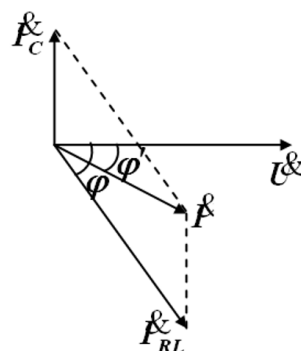
$$\cos \phi' = \frac{P}{UI'}$$

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

ϕ ——原电路的功率因数角

ϕ' ——提高功率因数后的功率因数角

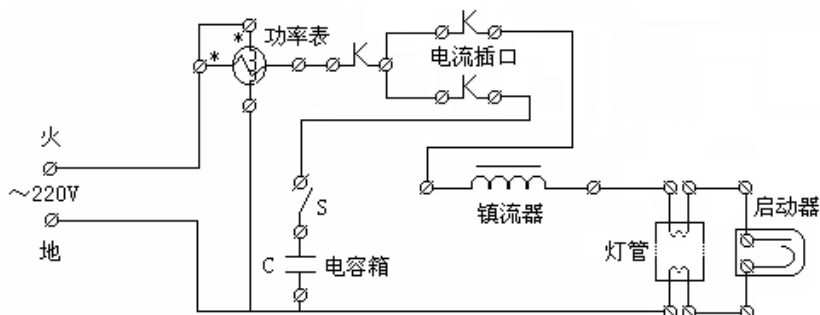
$\omega = 2\pi f$ ——电源的角频率



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 μ F, 2.2 μ F, 4.7 μ F/500V	各1	电工原理1
8	电流插座		3	实验台

1、按图所示连接电路，注意功率表和电流插座的接线方法。



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。

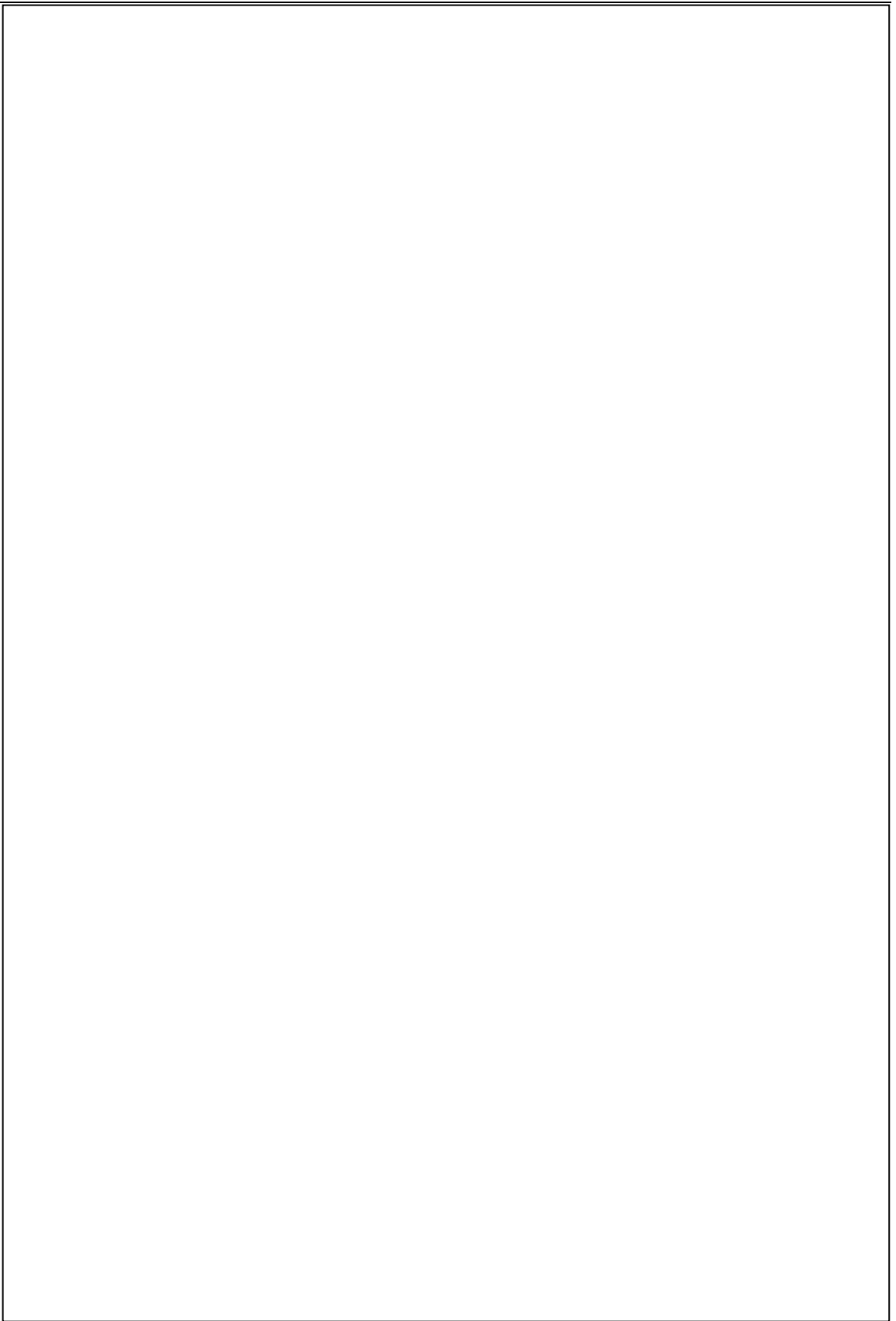
[illegible]

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 μF	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						

- 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 φ 和 φ' ，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 φ 和 φ' ，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. 数据分析



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？

答：这是因为日光灯需要一个高电压来激发气体放电，进而产生光。启辉器的作用就是提供这个高电压。当启辉器故障或缺失时，无法提供足够的高电压来启动日光灯。

用一根导线将启辉器的两端短接，然后迅速断开，可以产生一个短暂的高电压，这个高电压足以使日光灯点亮。这种方法被称为“过桥”或“过电”。

另外，用一只启辉器去点亮多只同类型的日光灯也是类似的原理。启辉器提供的电压可以激发多个日光灯中的气体放电，使它们同时点亮。

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？

答：电路的总电流会增大，但感性支路的电流和功率会减小。

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？

答：并联电容器法更加实用和经济且更适用于提高功率因数。

在并联电容器法中，电容器可以直接并联到负载电路中，从而补偿负载电路的无功功率。这种方法简单、可靠、成本较低，并且可以在运行时动态调整电容器的容值来满足不同负载的功率因数要求。相比之下，串联电感法需要在负载电路的电源侧串联电感器，增加了额外的成本和安装复杂度。

关于并联电容器的容值，容值越大可以补偿的无功功率越多，功率因数也可以提高得更高。但过大的电容器会增加系统的谐振风险，导致电压不稳定等问题。因此，在选择并联电容器时，应根据负载的功率因数需求和电路特性来

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。

答：电容器的容值大小并不是决定功率因数大小的唯一因素，其他因素如电路的负载类型、负载功率大小等也会影响功率因数的大小。因此，电容器的容值大小虽然会影响电路的功率因数，但并不是决定性因素。在实际应用中，应根据具体情况选用合适的电容器，而不是仅仅依据电容器的容值大小来选择。

此外，还需要注意的是，过大或过小的电容器容值都会对电路产生不利影响。如果容值过大，会增加电路的谐振风险，导致电路不稳定等问题；如果容值过小，则可能无法满足改善功率因数的要求。因此，在选择电容器时，应结合实际情况，选择合适的容值。