

# 实验十五功率因素的测试及功率因数的改善

## 一、预习思考题与实验报告

### 1. 参阅课外资料，简述日光灯的启辉点亮原理，简述功率因素、有功功率、无功功率的概念，简述提升功率因素的意义与方法。

**日光灯的启辉点亮原理：**日光灯，也称为荧光灯，其点亮原理涉及到电子镇流器和启辉器。当电源接通时，启辉器内的惰性气体电离产生热量，使内部的双金属片接触，形成闭合回路。电流通过镇流器产生磁场，当双金属片分离时，电流突然中断，镇流器中的磁场迅速消失，产生高压脉冲，这个高压脉冲通过灯管内的汞蒸气，激发荧光粉发出可见光。

**功率因素：**功率因素是交流电路中实际功率（有功功率）与视在功率的比值，它是衡量电能利用效率的一个指标。功率因素的值介于0和1之间，1表示电路完全有效利用了电能。

**有功功率：**有功功率是指在交流电路中实际消耗的电能，它是电路中电阻性负载所消耗的功率，单位是瓦特（W）。有功功率是电路中做功的功率，可以转化为其他形式的能量，如热能、光能等。

**无功功率：**无功功率是指在交流电路中，由于电感或电容的存在，电流与电压相位差不为零，导致电流在电感或电容中来回流动，这部分功率并不转化为其他形式的能量，而是在电路中循环。无功功率的单位是乏（VAR）。

**提升功率因素的意义：**提升功率因素可以减少输电线路的损耗，提高电能的传输效率，降低电费成本，并且可以减少对电网的干扰，提高电网的稳定性。

**提升功率因素的方法：**使用功率因素校正设备、改善负载特性、使用高效电机、谐波治理。

### 2. 在日常生活中，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（DGJ-04实验挂箱上有短接按钮，可用它代替启辉器做试验。）；或用一只启辉器去点亮多只同类型的日光灯，这是为什么？

**短接启辉器：**启辉器内部有一个双金属片，当电流通过时会产生热量，使双金属片接触，形成闭合回路。短接启辉器两端可以模拟这个过程，产生一个瞬间的电流脉冲，这个脉冲可以激发日光灯管内的汞蒸气，使其电离并产生紫外线，紫外线激发荧光粉发光。

**一只启辉器点亮多灯：**这是因为启辉器的作用是产生一个高压脉冲来激发灯管内的汞蒸气。当启辉器被触发后，它可以产生足够的高压脉冲来点亮一只日光灯。如果多只日光灯是并联的，且它们的启动电压相近，那么一个启辉器产生的高压脉冲可以同时激发多只灯管内的汞蒸气，使它们点亮。

### 3. 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，此时感性元件上的电流和功率是否改变？

**电路的总电流：**总电流会减小。这是因为电容器提供了无功功率，减少了电路对电源的无功功率需求，从而减少了总电流。

**感性元件上的电流：**感性元件上的电流可能会减小。并联电容器后，部分电流会流向电容器，从而减少了流经感性元件的电流。

**感性元件上的功率：**感性元件上的有功功率不会改变，因为并联电容器只是提供了无功功率，而有功功率是由感性元件实际消耗的。但是，由于电流的减少，感性元件上的视在功率会减小。

### 4. 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？所并的电容器是否越大越好？

- 如果电容器串联在电路中，它将与负载共享电流，这可能导致负载电流减小，影响负载的正常工作。此外，串联电容器会改变电路的阻抗，可能导致电路不稳定
- 并不是越大越好，需要考虑以下问题：

**电容器容量的选择：**电容器的容量应根据实际需要来选择，过大的电容器可能会导致过补偿，使得功率因数过高，这同样不利于电路的稳定运行。

**过补偿问题：**如果电容器容量过大，可能会导致电路中的电流相位超前电压，形成过补偿，这可能会引起电压波动，影响其他设备的正常工作。

**成本和安全：**过大的电容器会增加成本，并且可能因为体积和重量的增加而带来安装和安全问题。

### 5. 本实验的电压满足KVL方程吗？试说明KVL方程的应用范围。

- 可能会有微小的偏差，但理想情况下，电压应该满足KVL。
- 应用范围：

**线性电路：**KVL适用于线性电路，即电路中的电压和电流关系是线性的。

**直流电路：**在直流电路中，电压和电流是恒定的，KVL可以很容易地应用。

**交流电路：**在交流电路中，电压和电流是随时间变化的，但KVL仍然适用。在交流电路分析中，通常使用相量来表示电压和电流，KVL方程在相量形式下同样成立。

**任何闭合回路：**无论电路的复杂性如何，只要是一个闭合回路，KVL就适用。

**理想电路元件：**KVL适用于理想电路元件，即假设电阻、电感、电容等元件没有非线性特性。

**稳态和瞬态分析：**在电路的稳态和瞬态分析中，KVL都是一个有用的工具。

6. 从测量数据中求出镇流器电感  $L$ ，日光灯电阻  $R_D$ ，以及并联电容  $C$  的数值。公式参考如下：

$$R_D = \frac{U_D}{I_D}, \quad C = \frac{I_C}{\omega U}$$
$$\begin{cases} \frac{U_L}{I_L} = \sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2} \\ \frac{U}{I} = \sqrt{(R_D + R_1)^2 + (\omega L)^2} \end{cases}$$

Date. . .

6. 由实验数据测得  $R_1 = 67.1 \Omega$

$$U_D = 103 \text{ V}, I_D = 265.2 \text{ mA} \Rightarrow R_D = \frac{U_D}{I_D} = 388.4 \Omega$$

由于我国的市电相关数据,  $\omega = 100\pi \text{ rad}\cdot\text{s}^{-1}$ ,  $f = 50 \text{ Hz}$

$$\therefore C = \frac{I_C}{\omega U} = 5.07 \times 10^{-3} \text{ F}$$

又由方程组

$$\begin{cases} \frac{U_L}{I_L} = \sqrt{R_1^2 + (\omega L)^2} \\ \frac{U}{I} = \sqrt{(R_D + R_1)^2 + (\omega L)^2} \end{cases} \Rightarrow \text{计算得出 } L = 2.04 \text{ H}$$

综上所述, 镇流器电感  $L$ , 日光灯电阻  $R_D$ , 并联电容数值分别为  $2.04 \text{ H}$ ,  $388.4 \Omega$  和  $5.07 \times 10^{-3} \text{ F}$

7. 由实验结果计算并联电容  $C$  前后电路的是视在功率  $S$ 、有功功率  $P = I^2(R_1 + R_D)$ , 功率因素和镇流器消耗的功率。

### 7. 并联电容C之前

$$S = UI = 58.07 \text{ W}$$

$$P = I^2(R_1 + R_0) = 32.04 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0.5517 \Rightarrow \varphi = 56.51^\circ$$

$$P_L = S - P = 26.03 \text{ W}$$

### 并联电容C以后

$$S = UI = 42.79 \text{ W}$$

$$P = I^2(R_1 + R_0) = 17.39 \text{ W}$$

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} = 0.4064 \Rightarrow \varphi = 66.02^\circ$$

$$~~P_L = UI - I_L^2 = 30.72 \text{ W}~~ \rightarrow (\text{这里应该不能这样算})$$

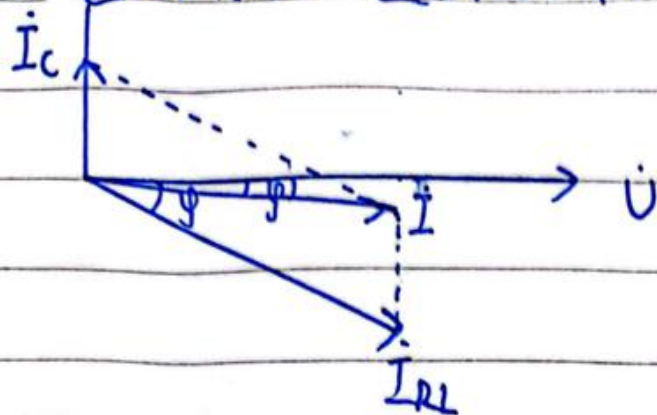
$$P_C = \frac{I_C^2}{\omega C} = 0.076 \text{ W}$$

$$P_L = S - P - P_C = 25.324 \text{ W}$$

8. 并联电容后。功率因数如何变化？若想使功率因数接近 1，应并联多大电容？



8. 并联电容后, 功率因数在不断变大  
作电路对应相量图分析:



要使功率因数接近于1, 我们的目标即为  $\varphi'$  接近于  $0^\circ$

由(7)中, 在未并电容前  $\cos\varphi = 0.5517 \Rightarrow \varphi = 56.51^\circ$   
 带负号因为以  $\dot{U}$  为  $x$  轴

$$\dot{I}_{RL} = I_D \angle 56.51^\circ = 265.2 \times 10^{-3} \angle 56.51^\circ = 0.1463 - 0.221j$$

并入电容后

$$\dot{I}_C = U \omega C \angle 90^\circ = 68766Cj$$

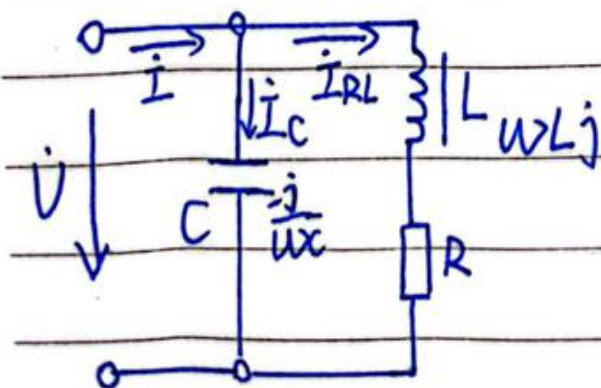
$$\dot{I} = \dot{I}_{RL} + \dot{I}_C = 0.1463 - 0.221j + 68766Cj$$

$$\therefore \varphi' = \arctan \frac{-0.221 + 68766C}{0.1463} = 0$$

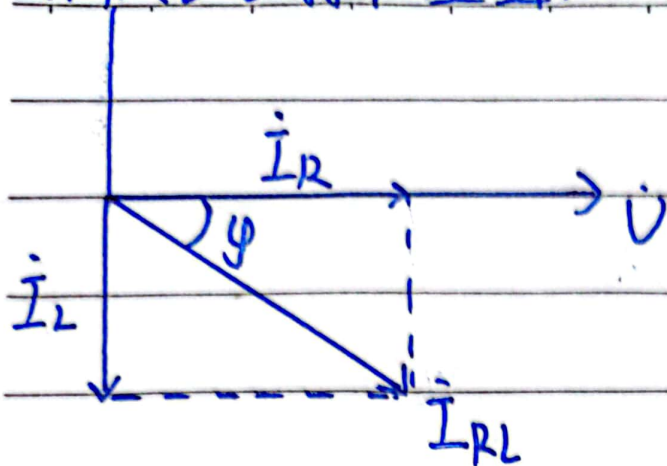
$$\therefore C = 3.214 \times 10^{-6} F$$

9. 定性画出本实验的等效电路图, 定量画出并联电容器前后的相量图。

9. 本实验的等效电路图: (书中 P60(a))



并联电容前相量图：(以 $\dot{U}$ 为X轴)



并联电容后相量图：

