

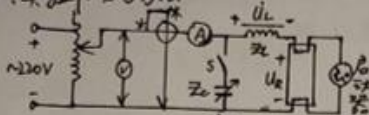
实验五：日光灯电路与功率因数的提高

实验台编号：8

一、注意事项

1. 应注意保持单相调压器的输出电压为额定值不变。
2. 注意日光灯电路正确连接，电容器必须与灯管串联，以免损坏灯管。
3. 实验中，在改变负载端的功率因数时，尽量测出 $\cos\varphi$ 接近于1的一组数据。
4. 在增加C使电路由感性改变为容性后，需测取2~3组数据，以便绘出相应实验曲线。
5. 日光灯启动电流较大，为保护仪表，启动前先用一只单刀开关将电流表和功率表电流线圈短路，待启动后再将开关断开进行测量。
6. 实验电源电压较高，不要触电。

二、实验任务与方法



$$C_0 = \frac{I \sin \varphi}{U \omega} = 4.6 \mu\text{F}$$

表1 日光灯及提高功率因数实验数据

序号	电容/ μF	测量值				计算值			
		U/V	I/A	P/W	P_L/W	U_L/V	U_C/V	P_C/W	$\cos\varphi$
1	$C=0$	220.1	0.34	26.58	7.97	197.6	63.1	18.61	0.354
2	2	219.7	0.23	26.87					0.540
3	4.2	220.1	0.14	27.20					0.876
4	4.4	220.0	0.14	27.21					0.877
5	$C_0 \approx 4.67$	220.2	0.14	26.93					0.867
6	4.7	219.9	0.14	26.74					0.862
7	5.03	219.8	0.15	26.77					0.840
8	6.9	220.2	0.23	27.24					0.535
9	4.53	220.1	0.14	27.27					0.864
10	4	220.1	0.14	27.20					0.858

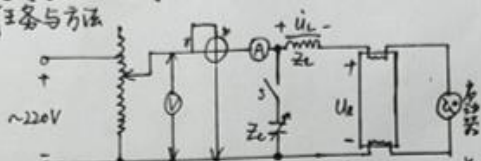
一、实验目的

1. 加深对提高功率因数意义的理解，掌握提高功率因数的方法。
2. 了解日光灯电路的工作原理。

二、实验原理

1. 提高功率因数的意义： $\cos\varphi$ 较低的问题：①设备容量一定时，设备容量得不到充分利用。②负载功率不变时，线路上的电流增大，使线路损耗增加，线路效率降低。
2. 提高功率因数的方法：一般采用无功补偿，用在负载端并联电容器的方法，电容中容性电流补偿感性电流。
3. 无功补偿的三种情况：欠补偿、全补偿、过补偿。工程应用一般用欠补偿，使 $\cos\varphi$ 在 0.85~0.9 之间。
4. 日光灯电路：日光灯定时为一感性负载，实验方法是采用并联电容器补偿。

三、实验任务与方法



1. 调压器的输出电压为 220V ($C=0$) 时，测量 U_L 、 U_C 、 I 、总功率 P 及负载器功率 P_L ，将实验数据记录于表中。
2. 当 $C \neq 0$ 时，依次增加电容 C 的值，使电路负载端的功率因数逐步提高，直至电路呈容性（过补偿），测出不同 C 值时的 U 、 I 、 P 值，记录数据。

四、预习思考题

1. 能否用串联阻抗的方法提高负载的功率因数？在实际中为何不采用串联电容的办法提高感性负载的 $\cos\varphi$ ？

答：理论上可以，但并不推荐。串联阻抗的效果往往不如并联补偿，难以精确控制。

实际不采用串联电容，首先为有效补偿，电容容量往往要求很大，经济效益低，难以精确控制。

2. 在并联电容以提高电路的功率因数的实验中，保证负载端电压不变，若电路中只接有一电流表，则如何从电流值中判断功率因数的增减？在何种情况下可知 $\cos\varphi=1$ ？

答：由于电容是容性元件，并联一个试验电容器，若电流表读数增大，则元件为感性，反之则为容性。已知元件为感性，电流增大，电压不变，则功率因数增大，反之功率因数减小。当并联电容至元件电流达到最大值时，可知 $\cos\varphi=1$ 。

五、数据处理与分析

表1 日光灯及提高功率因数实验数据

序号	电容值/ μF	测量值					计算值	
		U/V	I/A	P/W	P_L/W	U_L/V	P_0/W	$\cos\varphi$
1	$C=0$	220.1	0.34	26.58	7.97	197.6	62.1	18.61
2	2	219.7	0.23	26.87				0.540
3	4	220.1	0.14	27.20				0.858
4	4.2	220.1	0.14	27.20				0.876
5	4.4	220.0	0.14	27.21				0.877
6	4.53	220.1	0.14	27.27				0.864
7	$C_0=4.67$	220.2	0.14	26.93				0.867
8	4.7	219.9	0.14	26.74				0.862
9	5.03	219.8	0.15	26.77				0.840
10	6.9	220.2	0.23	27.24				0.535

由表中数据计算得 $C_0 = \frac{I_0 \sin\varphi}{U \omega} = 4.60 \mu F$

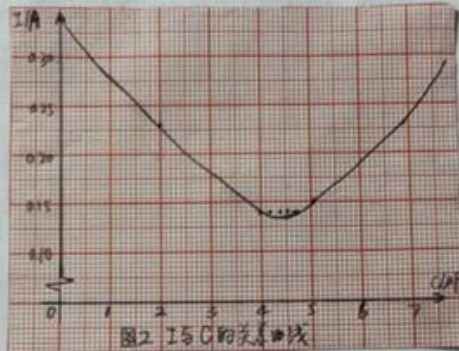
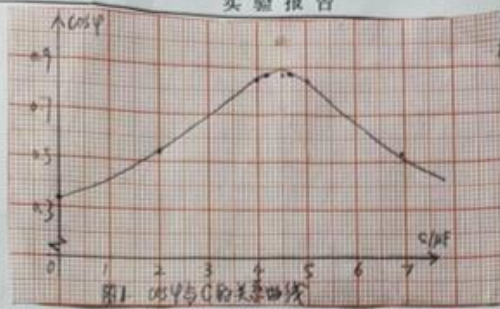
(69.268°)

$$|Z| = 647.35 \Omega$$

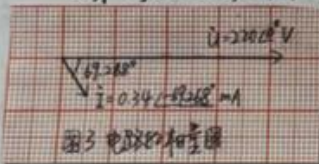
$$R = 229.16 \Omega$$

$$jX = j605.43 \Omega$$

实验报告

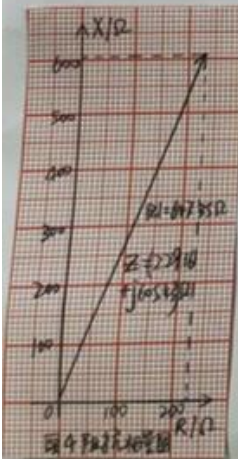


由实验数据可知, 随着电容 C 增大, 功率因数 $\cos \varphi$ 先上升再降低, 电流 I 先减小再增大, 且二者出现极值处为 $C \approx 4.60 \mu F$ 附近, 可见当电容调节至 C_0 时, 理论上功率因数可达到 1, 而此时电流最小, 无功功率为零。
由第一行实验数据计算得 $Z = (229.16 + j605.43) \Omega$, 作出电压电流相量图及阻抗相量图如下。



①从无功电流补偿角度, 感性负载对应电流滞后于电压相位 90° , 而容性负载对应电流超前于电压相位 90° , 因此当并联电容时, 令电容产生的额外的容性电流与日光灯的感性部分电流相抵消, 即可使感性电流不断减小, 无功电流减小, 从而提高功率因数。

②从无功功率补偿角度, 感性负载并联电容后, 由电容提供无功功率可与感性部分无功功率相抵消, 此时有功功率部分不受影响, 这证明有功功率不变而无功功率减小, 视在功率减小, 从而提高功率因数。



$C/\mu F$	I/A	$\cos \varphi$	P/W	Q/VAr	S/VAr
0	0.35	0.35	26.45	150.00	152.60
1	0.28	0.60	21.12	100.00	118.32
2	0.22	0.80	16.80	50.00	78.10
3	0.18	0.90	13.82	25.00	48.53
4	0.15	0.95	11.55	12.50	28.90
5	0.15	0.95	11.55	12.50	28.90
6	0.22	0.80	16.80	50.00	78.10
7	0.28	0.60	21.12	100.00	118.32

六. 思考题

1. 电流的非正弦性将给日光灯实验的测量及计算结果带来影响, 思考并回答下列问题:

① 电磁系电表(电压表)测量的是非正弦电流(电压)的什么值?

答: 电磁系电表测量的是电参数的有效值。

② 在电压为正弦波, 电流为非正弦波的情况下, 功率表的示值代表了什么?

答: 功率表示值始终代表着所接负载的有功功率。

③ 根据任务(1)的测量值可计算出全补偿时的理论 C 值, 但此 C 值可使实际日光灯电路的 $\cos \varphi = 1$ 吗? 为什么?

答: 不能。由于电表及电路元件本身的特性限制, 计算出的 C 值会有较多方面的误差因素, 如数据为单次测量得到, 准确度较高, 同时仪器仪表精度也有限等。另一方面, 即使计算出理论 C 值, 实际电路中电容有限, 也无法精确将电容调节至这一理论 C 值, 从而 $\cos \varphi$ 不会达到 1。

七. 实验小结

本次实验中, 通过对日光灯电路的实验调试, 我加深了对提高功率因数意义的理解, 学习并掌握了一些提高功率因数的方法, 也了解了日光灯电路的工作器件、工作原理。在实验中, 我发现计算得到的电容理论值 C_0 并不能使得电路的功率因数达到最大, 我经过分析得出了以下几条原因。

① C_0 的理论计算值仅由单次数据测量得到, 可能存在一定误差。

② 变压器提供电压并不稳定, 这从实验数据电压值范围在 $219.7 \sim 220.2V$ 可看出。电压表读数及电流表读数也不稳定, 时刻存在波动, 因此选择了用平均读数替代单次记录的方式, 减小了一定误差, 但精确度有限。

③ 可选用电容 C 值有限, 无法精确调节电路。

总而言之, 本次实验丰富了我的理论认知, 提高了动手能力, 也增强了我的实践应用意识。