

基于 Multisim14.3 的日光灯电路

功率因数提高的仿真分析

康翔 922110800724 南京理工大学

一、实验目的

- 1.掌握日光灯电路的结构和工作原理，掌握功率表的使用、
- 2.掌握提高感性负载功率因数的方法

二、实验仪器

安装有 Multisim14.3 程序的计算机一台

三、实验原理

1. 日光灯电路及工作原理。如图 1-1 所示，日光灯电路由灯管、镇流器、辉光启动器（启辉器）等组成。灯管两端内部各有一段灯丝，两端灯丝之间没有导线连接。灯管内充有惰性气体及水银蒸气。管壁涂有荧光粉。当两灯丝之间有高电压时，管内气体会被电离，即弧光放电。水银蒸气受激发辐射紫外线，管壁上的荧光粉在紫外线的激发下，辐射出可见光。灯丝在击穿放电后只需较低的电压就能维持放电状态，20W 的日光灯工作电压约为 60V，40W 的日光灯工作电压约为 100V。

可见要使灯管正常工作，必须在启动时产生一个瞬时较高电压击穿水银蒸气，而在灯亮后又能限制其工作电流，维持灯管两端较低电压。启辉器和镇流器就是具有这样功能的装置。

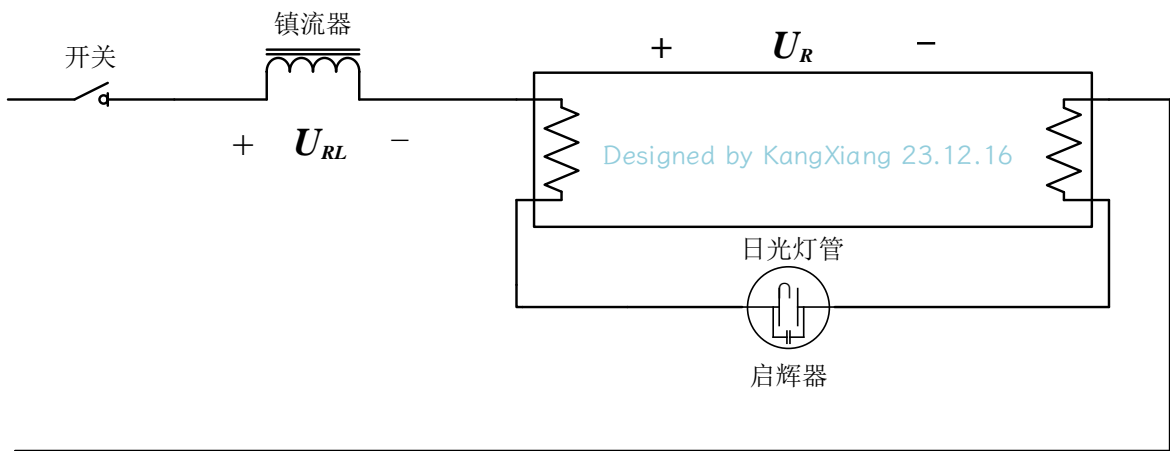


图 1 - 1 日光灯原理图

电源开关接通时，电压同时加在灯管两端和启辉器两个电极上，对于灯管来说，电压不足以击穿管内气体放电。而启辉器是一个小型辉光放电管，它由一个双金属片和一个固定片组成。接通电源时，220V 电压加在启辉器两极，启辉器两极之间的气体被电离，产生辉光放电辉光放电的热量使双金属片受热膨胀，辉光产生的热量使 U 型双金属片膨胀伸长，跟固定片接通，辉光放电停止。此时有较大电流通过镇流器、灯丝和启辉器。这样灯丝便会发热并发射电子。经 1~3S 后，启辉器的双金属片冷却而与固定片分开，电路中的电流突然中断，由楞次定律可知，镇流器电感线圈两端会产生一个很高的自感电动势，此电压与电源电压叠加后加在灯管两端，足以将管内气体击穿而产生弧光放电。

灯管点亮后，由于镇流器的分压作用,灯管两端的电压比电源电压低很多，一般在

20~100V，此电压已不足以使启辉器放电。启辉器在电路中的作用相当于一个自动开关。

（实验证明，若把启辉器改为一开关 K，快速开关亦可点亮日光灯）

镇流器是一个带铁芯的电感线圈，其作用是在荧光灯启动时产生一个较高的自感电动势去点亮灯管，灯管点亮后它又限制通过灯管的电流，使灯管两端维持较低的电压，避免电流过大及启辉器重复启辉。

2.提高功率因数的方法。在正弦交流电路中，只有纯电阻电路的平均功率 P 和视在功率 S 才是相等的。只要电路中含有电抗元件并处在非谐振状态，平均功率总是小于视在功率，平均功率与视在功率之比为功率因数，即

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

若功率因数过低，会导致几个问题：一是增加线路的损耗，导致传输效率降低；二是使发电设备、变电设备的容量得不到充分的应用。（发动机、变压器的额定值均为视在功率 VA）功率因数不高的原因一般是感性负载的存在，如电动机、日光灯等，其功率因数通常不高。因此需要想办法提高功率因数。

功率因数是电路阻抗角的余弦值，阻抗角越小，功率因数越高，因此提高功率因数可以通过降低阻抗角的方法来实现。

四、实验内容

1.以荧光灯为感性负载，研究功率因数提高方法。根据图 1-2 日光灯实验电路，改变电容 C 的值，观察相关仪表，将数据填入表 1-1 中，找出功率因数提高到最佳点的对应电容值计算出各点的功率因数值。

提高功率因数的原理图如图 1-2 所示。

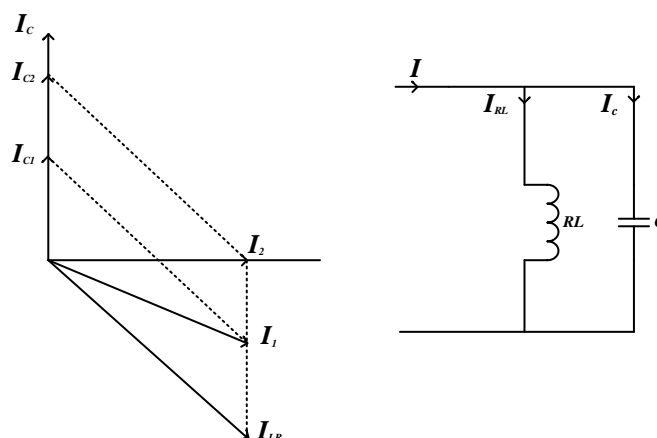


图 1-2 功率因数提高原理

不难发现，并联电容器后，电压 u 和电流 i 之间的相位差变小了，也就提高了功率因数。

五、仿真电路的构建和分析

1.进行提高日光灯率因数的实验。由于日光灯正常点亮后，可看成是由灯管和镇流器串联的电路。其中，日光灯灯管可认为是一个电阻性负载，而镇流器可视为一个具有铁芯的电感线圈，这样，二者构成了感性电路。

在 Multisim 14.3 环境下创建的仿真电路如图 1-3 ~ 1-9 所示，其中电源电压有效值为 220V，频率为 50HZ，初相位为 0。日光灯灯管和镇流器的等效电阻为 350 欧，电感为 1.5H，电容分别为 1 μ F, 2 μ F, 3 μ F, 4.3 μ F 及 6 μ F。其中电流表应改为 AC 交流模式。功率表有 2 组端子，左侧为电压线圈输入端，应与测量电路并联；右侧为电流线圈输入端，应与测量

电路串联。

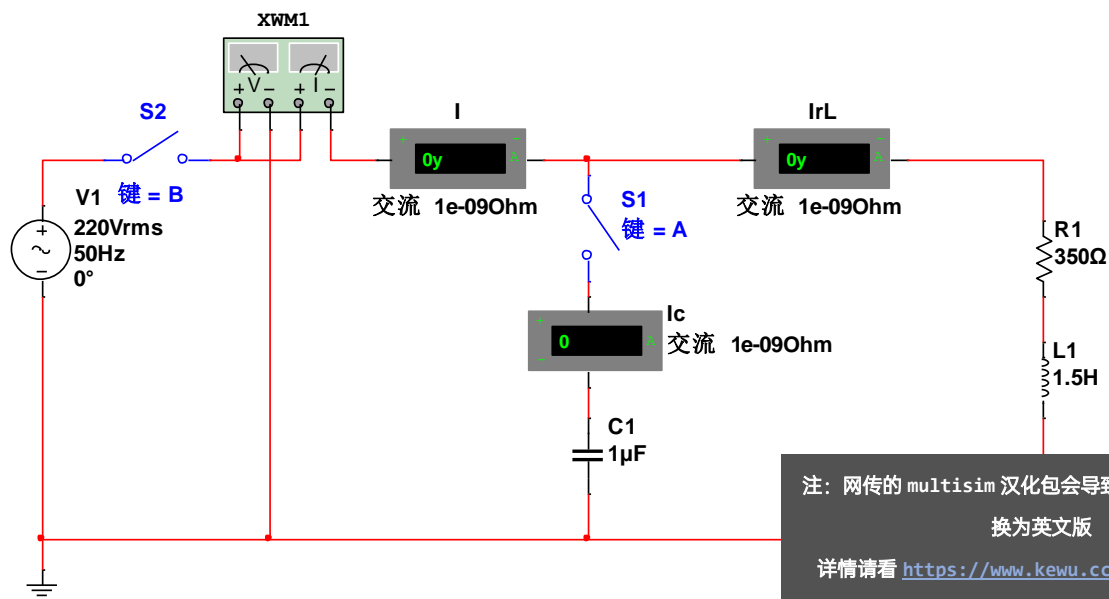


图 1-3 仿真电路

注：网传的 multisim 汉化包会导致电表错误。建议更
换为英文版

详情请看 <https://www.kewu.cc/2023/372.html>

修改方法

Chinese-Simplified 文件夹中

PRP.ewstr 文件第 89-90 行

IDS_MODECMB_TXT_AC=>交流<

IDS_MODECMB_TXT_DC=>直流<

修改为

IDS_MODECMB_TXT_AC=>AC<

IDS_MODECMB_TXT_DC=>DC<

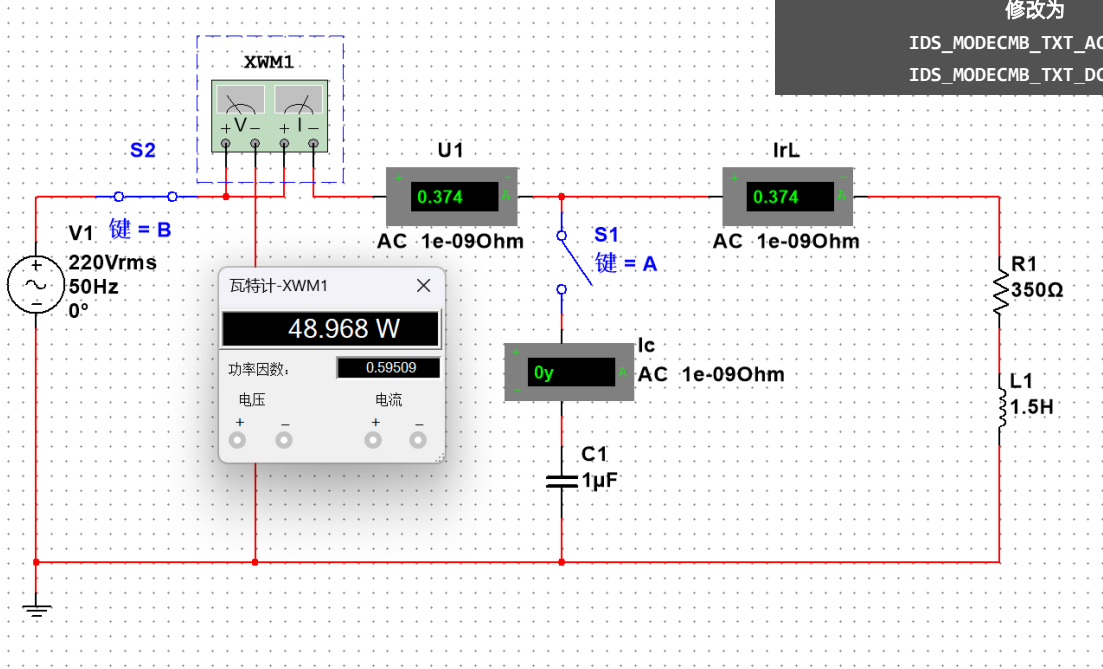


图 1-4 无电容

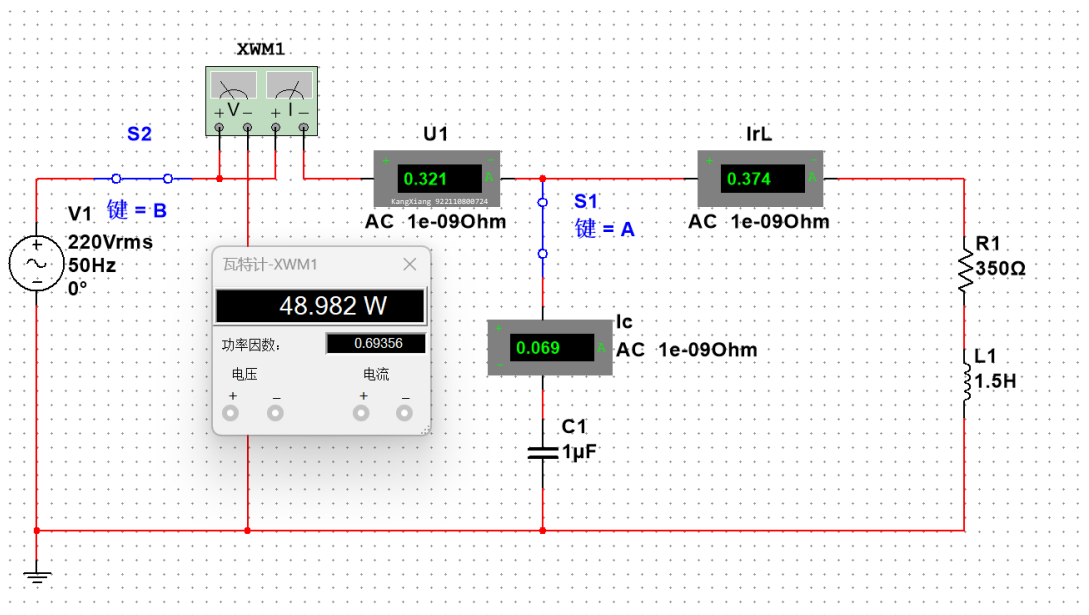


图 1-5 1μF 电容

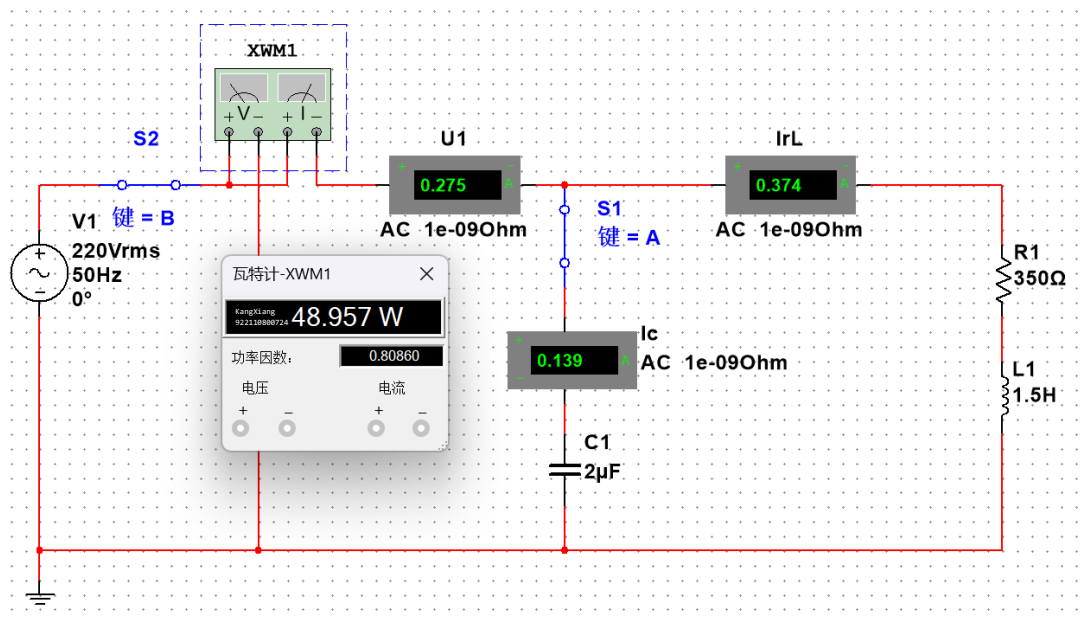


图 1-6 2μF 电容

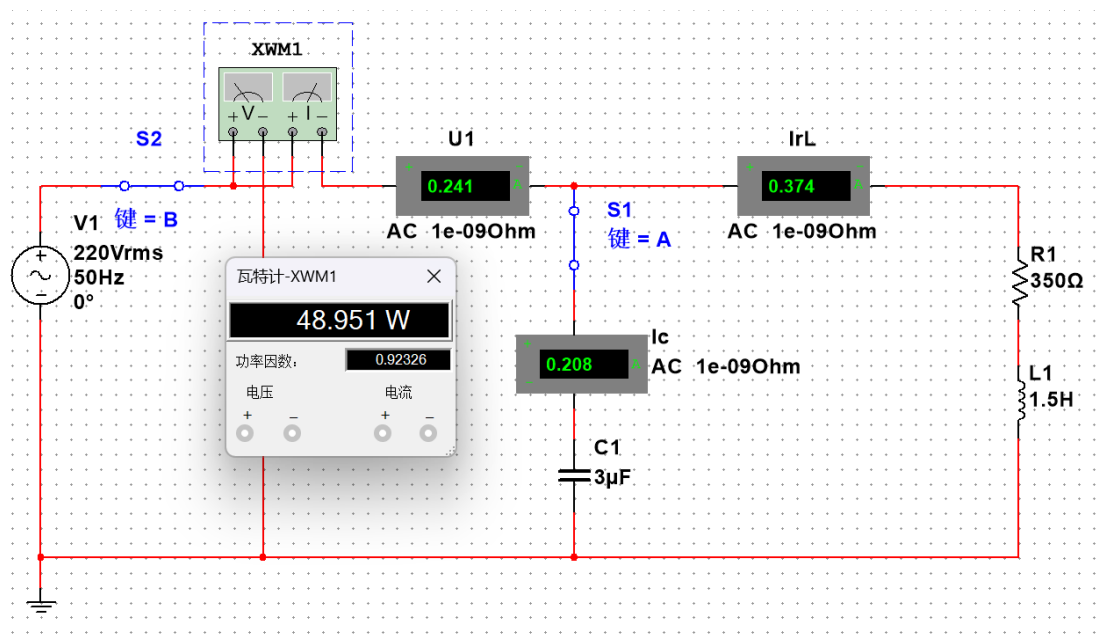


图 1-7 3μF 电容

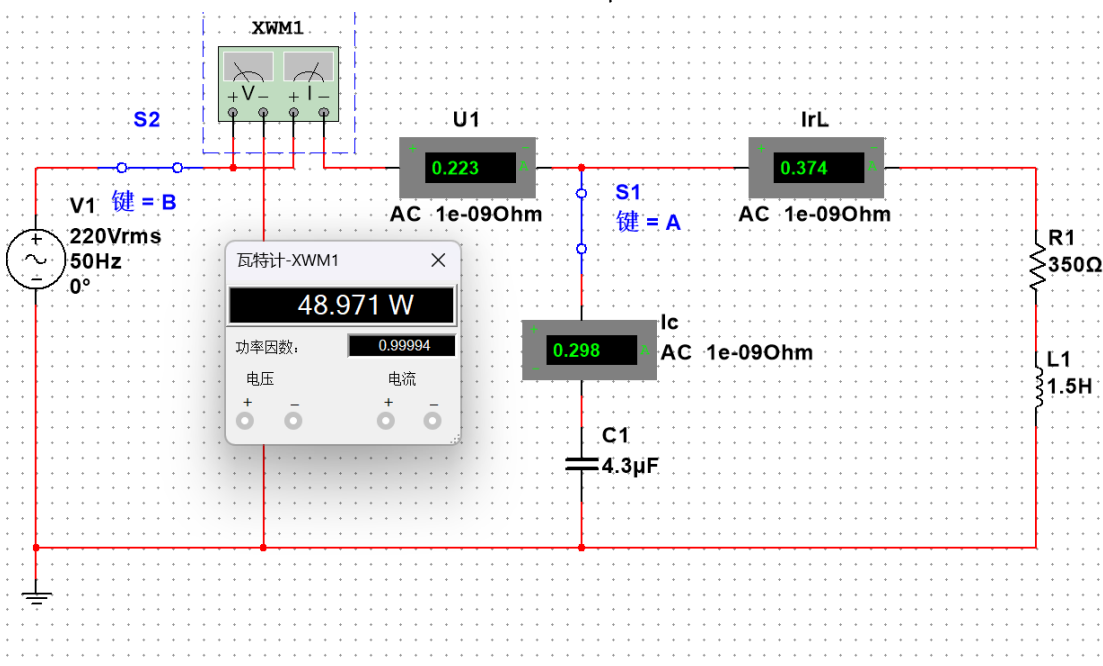


图 1-8 4.3μF 电容

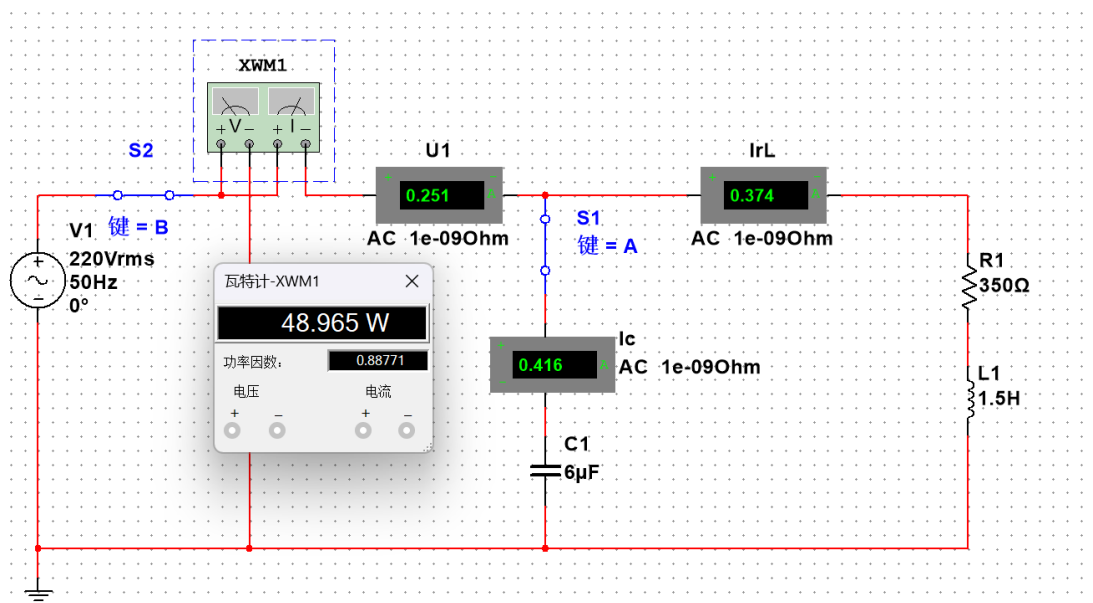
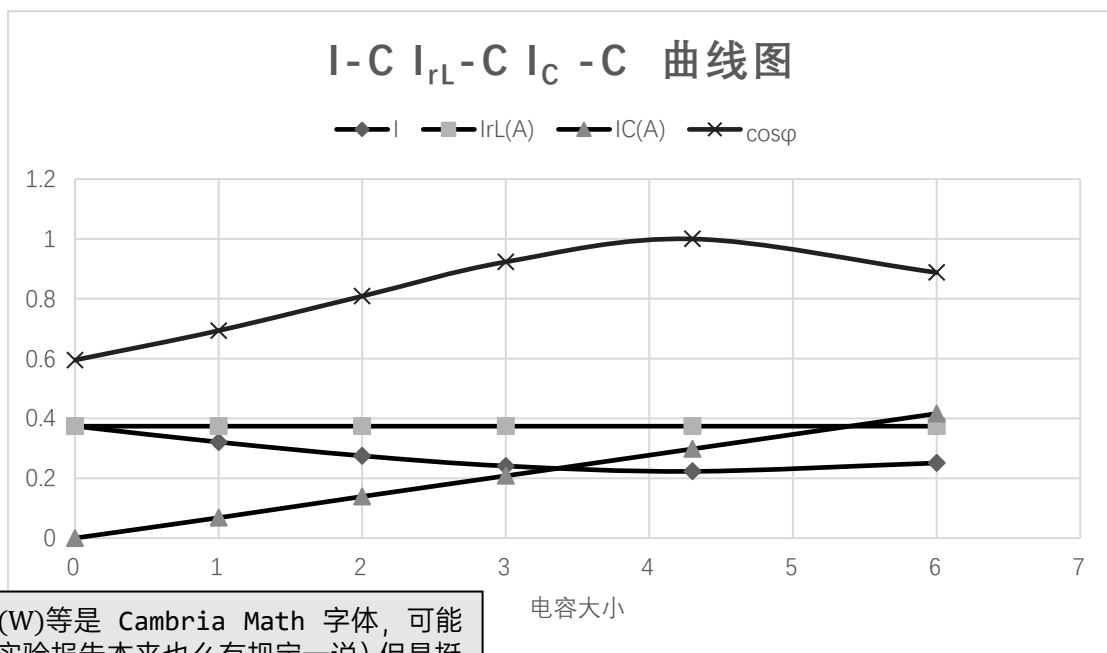


图 1-8 $6\mu\text{F}$ 电容

$C(\mu\text{F})$	$P(\text{W})$	$I(\text{A})$	$I_{rL}(\text{A})$	$I_C(\text{A})$	$\cos\varphi$
0	48.967	0.374	0.374	0	0.59509
1	48.982	0.321	0.374	0.068	0.69356
2	48.957	0.275	0.374	0.139	0.80860
3	48.951	0.241	0.374	0.208	0.92326
4.3	48.971	0.223	0.374	0.298	0.99994
6	48.965	0.251	0.374	0.416	0.88771

表 1-1



注: $C(\mu\text{F})$ $P(\text{W})$ 等是 Cambria Math 字体, 可能不符合规定 (实验报告本来也么有规定一说) 但是挺美观的。数字和其他英文是 Times New Roman

从表 1-1 数据不难看出，随着并联电容值增大，负载的功率 $\cos\varphi$ 越来越大并趋近于 1。当并联电容值为 $4.3\mu\text{F}$ 时，总电流为 0.223A ，达到最小；功率因数为 0.99994 ，达到最大。当电容值继续增大到 $6\mu\text{F}$ 后，功率因数反而变小， $\cos\varphi$ 为 0.88771 。这是由于并联电容过大，电路整体呈现容性，无功功率增加。

六、总结体会

通过本次仿真实验，我深刻理解了无功功率提高的意义，直观的体会到了利用电容进行无功功率补偿的原理，并得知，在实际操作中，要选择合适大小的电容，不可盲目选择大容量电容。

[参考文献]

[1]沙涛,徐行健,金瓯.电工仪表与电路实验技术[M] 北京：机械工业出版社，2019.8

[2] 张建红.郑文,贺琳.基于 Multisim 10 的日光灯电路及功率因数提高的仿真分析 [J] 无线互联科技，2015

注：非标准格式，仅供参考