

26. 一个既有电阻又有电感的线圈,如何用实验的方法测定其电阻和电感?

27. 图 2-16 所示电路中,各电压表读数分别为: PV_1 为 60V, PV_2 为 80V, 试求端电压 U (设电压表内电阻为无限大)。

28. 图 2-17 电路中,已知电流表 PA_1 和 PA_2 的读数如图中所示,求 PA_0 的读数。

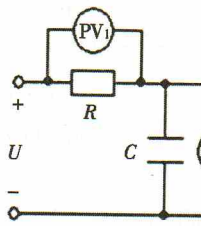


图 2-16 题 27 图

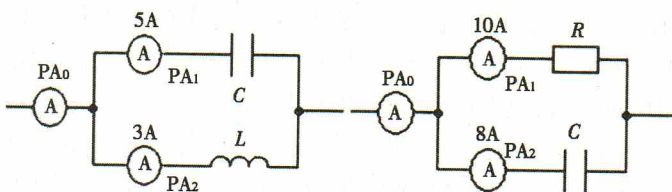


图 2-17 题 28 图

29. 安装照明电路时必须遵循哪些原则?

30. 常用的电工材料有哪些?

31. 常用的导电材料有哪些? 常用的绝缘材料有哪些?

任务二 提高功率因数

试讲章节: 任务二

一、任务分析

实际的交流电路中通常是由电阻、电感等元件组合而成,而且大多数用电器都同时含有电阻和电感,由于电感的存在使得电路的功率因数较低,电源设备的利用率得不到充分发挥,输电线路的能量损失和电压损失增大。因此我们有必要了解提高功率因数的意义及方法。

二、相关知识

1. 功率因数

对于直流电路而言,电路的功率等于电压与电流的乘积,而交流电路的有功功率计算时则要考虑电压与电流间的相位差 φ ,即

$$P = UI \cos \varphi \quad (2-26)$$

式(2-26)中的 $\cos \varphi$ 就即电路中电压与电流之间相位差的余弦,其大小则取决于电路(负载)的参数即所接负载的性质。例如,当接入纯电阻负载(如白炽灯、电阻炉等)时,则其功率因数最高, $\cos \varphi = 1$; 如果接入电感性质负载(如日光灯、电风扇等),则电路的功率因数 $\cos \varphi < 1$ 。

2. 功率因数的提高

在目前的交流供电电路中,大多数交流负载都是电感性的。如工矿企业中大量使用的异步电动机,电焊变压器,机床控制电路中的交流接触器等,都属于电感性负载,它们使线路上的

功率因数降低,如常用的异步电动机,满载时的功率因数在 0.7~0.9 之间,轻载时更低,日光灯的功率因数一般在 0.5 左右。负载功率因数低,则 Q 较大,对电源和输电线路会带来以下影响。

(1) 功率因数 $\cos\varphi$ 过低,电源设备的容量不能充分利用。

交流电源(发电机或变压器)的容量通常用视在功率 $S_N = U_N I_N$ 表示,它代表电源所能输出的最大有功功率。但电源究竟向负载提供多大的有功功率并不取决于电源本身,而取决于负载的大小和性质。例如,供电线路上不接入负载时,电源就不输出功率;若接的是一组电阻性负载,这时 $\cos\varphi = 1$,电源则只需输出负载所需的有功功率;若接的是一组电感性负载,这时功率因数 $\cos\varphi < 1$,电源不仅要输出有功功率,还要负担所需的无功功率。

假定一台容量 $S_N = 1000\text{KVA}$ 的发电机,如果全都供给白炽灯照明用电,则负载的功率因数 $\cos\varphi = 1$,电源供给的最大有功功率为

$$P = UI\cos\varphi = 1000 \times 1 = 1000\text{KW}$$

此时电源的利用率最高,如果全部供给日光灯照明用电,则 $\cos\varphi = 0.5$,这时电源供给的最大有功功率为

$$P = UI\cos\varphi = 1000 \times 0.5 = 500\text{KW}$$

由此可见,同样的电源设备,同样的输电线,负载功率因数越低,电源设备输出的最大有功功率就越小,无功功率就越大,电源设备的容量就不能充分利用。

(2) 功率因数过低,将增加电力网中输电线路上的有功功率损耗和电压损耗。

当电源电压 U 和负载所需要有功功率 P 一定时,电源供给负载的电流(即输电线路上的电流)为

$$I = \frac{P}{U\cos\varphi} \quad (2-27)$$

显然,电源电压与功率因数成反比关系。功率因数越低,则线路电流越大。因为输电线路本身有一定的阻抗,它一方面导致线路上的电压损失增加,使用户电压降低,另一方面还使线路上的功率损耗 $\Delta P = I^2 r = \left(\frac{P}{U\cos\varphi}\right)^2 r$ 增加,可见 ΔP 与 $\cos^2\varphi$ 成反比,功率因数过低,将使线路功率损耗大为增加。

功率因数低的根本原因是由于电感性负载需要无功功率来建立磁场,无功功率和电源之间有着能量的交换,这种能量交换对电感性负载而言是工作必需,无法避免。

综上所述,在电力系统中功率因数的高低是关系到电气设备能否充分利用,输电效率能否提高的重要问题。按照供电规则,高压供电的工业企业的平均功率因数不得低于 0.95,其他单位不得低于 0.9。

若在电感性负载电路两端并联一适当容量的电容器,便可提高电路的功率因数。

3. 单相有功功率的测量

交流电路的有功功率不仅与电压和电流的有效值有关,还与其功率因数有关。所以若要测量负载的有功功率,仅用电压表和电流表是不够的,通常还要用到功率表(瓦特表)来进行测量。其接线方法与前面所讲的功率表的接线方法一致,电路图如图 2-18 所示。

接线时,应根据量程的选择原则合理选择电压、电流的量程,并正确读取数据。

三、任务

功率因数

1. 测试

提高日

2. 任务

按图 2-

○—S

~

○—

3. 任务

正确

等相关数据

4. 测试

如图 2-

只,镇流器

5. 测试

(1) 测试

(2) 测试

电路的总

(3) 测试

管两端电

并联电容

(4) 测试

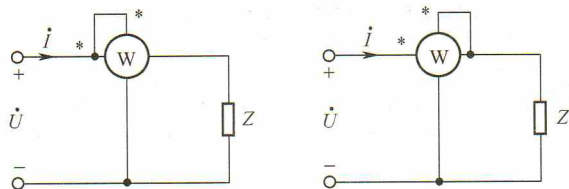


图 2-18 有功功率的测量

三、任务实施

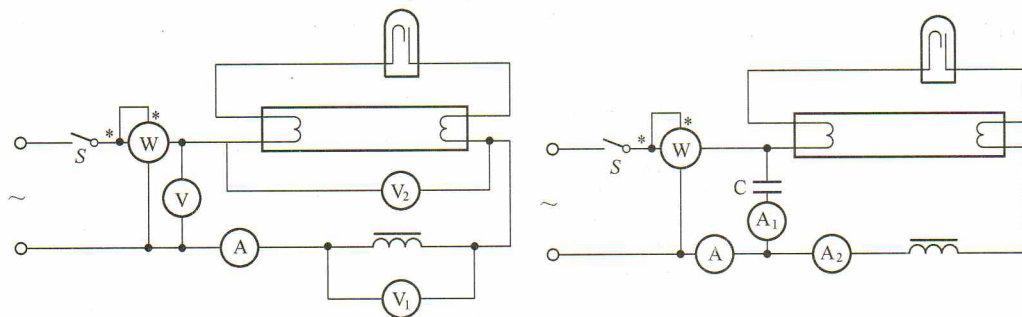
功率因数的提高:

1. 测试名称

提高日光灯电路的功率因数。

2. 任务内容

按图 2-19 正确连接电路;测量电路中的电压、电流和功率。



(a) 日光灯电路的安装

(b) 并联电容提高功率因数

图 2-19 功率因数的提高

3. 任务要求

正确使用测试仪表;根据给定电路,正确布线,使电路正常运行;正确测试电压、电流、功率等相关数据,并进行数据分析;撰写安装与测试报告。

4. 测试电路

如图 2-19 所示。电路参数选择参考:工频交流电源电压 220V,交流 220V/30W 日光灯一只,镇流器一只,启辉器一只,0.47 μ F、4.7 μ F 电容器各一只。

5. 测试程序

(1) 按图 2-11 所示电路正确接线,使日光灯正常发光。

(2) 按图 2-19(a) 测量电路的总电压 U 、镇流器两端电压 U_1 、灯管两端电压 U_2 及电流 I 和电路的总功率,将数据填入表 2-2 中。并验证 $U \neq U_1 + U_2$,为什么?

(3) 按图 2-19(b) 分别并联电容器 C_1 、 C_2 ,再测电路的总电压 U 、镇流器两端电压 U_1 、灯管两端电压 U_2 及电流 I 、 I_1 、 I_2 和电路的功率,将数据填入表 2-3 中。并验证 $I \neq I_1 + I_2$,为什么? 并联电容器前后电路的总功率和功率因数是否发生变化,为什么?

(4) 将计算结果填入表 2-2、表 2-3 中。

表 2-2 并联电容器前的测试数据

测 量 值					计 算 值		
$I(\text{A})$	$U(\text{V})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$P(\text{W})$	$P_1(\text{W})$	$P_2(\text{W})$	$\cos\varphi$

表 2-3 并联电容器后的测试数据

电 容 量 $C(\mu\text{F})$	测 量 值					计 算 值	
	$U(\text{V})$	$I(\text{A})$	$I_1(\text{A})$	$I_2(\text{A})$	$P(\text{W})$	$\cos\varphi$	

四、知识拓展

提高功率因数的方法即在感性负载电路的两端并联一适当容量的电容器,其电路图和相量图如图 2-20 所示。

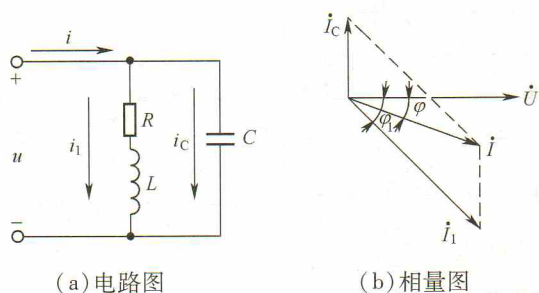


图 2-20 电感性负载与电容器并联以提高功率因数

并联电容器后,电感性负载的电流 $I = \frac{U}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$ 和功率因数 $\cos\varphi_1 = \frac{R}{\sqrt{R^2 + X_L^2}}$ 均未变化,这是因为所加电压和负载参数没有改变,但电压 u 和电流 i 之间的相位差 φ 变小了,即 $\cos\varphi$ 变大了。值得说明的是,这里所讲的提高功率因数是指提高电源或电力网的功率因数,而不是指提高某个电感性负载的功率因数,负载本身的功率因数在并联电容器前后并没有改变。

在电感性负载电路两端并联电容器后,能量互换主要发生在电感性负载与电容器之间,减小了电源与负载之间的能量互换,使发电机容量能得到充分利用。

由相量图可见,并联电容器后线路的总电流也减小了,因而线路上的功率损耗和电压损耗也随之减小。

由相量图可得 $I_1 \cos\varphi_1 = I \cos\varphi$, 而且并联电容器前后电压不变,所以并联电容器前的有功功率 $P_1 = UI_1 \cos\varphi_1$ 与并联电容器后的有功功率 $P = UI \cos\varphi$ 相等,电容器没有消耗电能,而是用来补偿负载所需要的无功功率,以提高整个电路的功率因数。

例 2-14 有一台电动机,它的功率 $P = 1.1 \text{ kW}$, 接在 220 V $f = 50 \text{ Hz}$ 的电路中时,其所取用的电流 $I_1 = 10 \text{ A}$, 求:

(1) 电动机的功率因数 $\cos\varphi_1$;

(2) 若要将电路的功率因数提高到 $\cos\varphi=0.847$, 需要并联多大的电容器?

解: 电动机即为电感性负载。

(1) 并联电容器前, 电动机的功率因数: $\cos\varphi_1 = \frac{P}{UI_1} = \frac{1.1 \times 10^3}{220 \times 10} = 0.5$ 。

(2) 并联电容器后, 其电压、电流相量图如图 2-20(b) 所示,

$$I = \frac{P}{U \cos\varphi} = \frac{1.1 \times 10^3}{220 \times 0.847} = 5.9 \text{ A}$$

由图可得:

$$I_C = I_1 \sin\varphi_1 - I \sin\varphi$$

因 $\cos\varphi_1=0.5$, $\cos\varphi=0.845$, 则 $\varphi_1=60^\circ$, $\varphi=32.3^\circ$ 。

将 φ_1 、 φ 代入上式得

$$I_C = I_1 \sin\varphi_1 - I \sin\varphi = 10 \times \sin 60^\circ - 5.9 \times \sin 32.3^\circ = 5.5 \text{ A}$$

则

$$X_C = \frac{U}{I_C} = \frac{220}{5.5} = 40 \Omega$$

故所需电容值为

$$C = \frac{1}{\omega X_C} = \frac{1}{2\pi f X_C} = 79.6 \mu\text{F}$$

五、思考与练习

1. 有一电阻炉, 其额定电压为 110V, 额定功率为 2.2KW。现欲接入 $U=220\text{V}$, $f=50\text{Hz}$ 的交流电路中使用。为此, 选用一个可以认为是纯电感的线圈与电炉串联, 以保证电炉两端的电压为 110V, 取用的功率不超过额定值。试画出电路图, 并求此线圈的电感值。

2. 已知图 2-21 中的 $R_1=6\Omega$, $R_2=2\Omega$, $X_L=8\Omega$ 。求:

(1) $\cos\varphi_{AB}$; (2) $\cos\varphi_{AC}$; (3) $\cos\varphi_{BC}$; (4) $\cos\varphi_{AD}$ 。

3. 已知图 2-22 中, $R_1=10\Omega$, $R_2=20\Omega$, $U=220\text{V}$, $f=50\text{Hz}$, 电路取用的总功率为 270W, $\cos\varphi_{BC}=0.707$ 。求 I 、 L_1 、 L_2 、 U_{AB} 、 U_{BC} , 并画出各电压、电流的相量图。

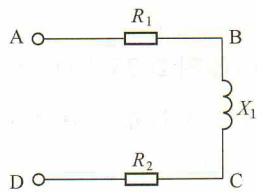


图 2-21 题 2 图

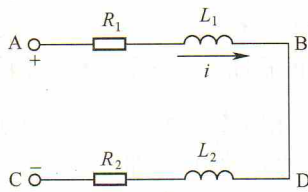


图 2-22 题 3 图

4. 日光灯电路有哪些元件组成? 启辉器和镇流器在整个日光灯点燃的过程中起了哪些作用?

5. 简述功率因数提高的意义和方法。

6. 将一盏 40W 的日光灯接在 220V、50Hz 的交流电源上使用, 测得灯管两端电压为 110V,

试求电路的功率因数。若要将功率因数提高到 0.9, 问应并联多大的电容?

7. 把一台功率为 1.1KW 的电动机接在频率为 50Hz、电压为 220V 的电源上, 测得电动机所取用的电流为 10A, 求电动机的功率因数。若在电动机两端并联一只 $C=79.5\mu\text{F}$ 的电容器, 再求整个电路的功率因数。

任务三 谐振电路的测试

一、任务分析

在具有电感和电容的电路中, 总电压和总电流的相位一般是不同的, 若调节电路的 L 、 C 或改变电源的频率, 使总电压和总电流达到同相位, 这时电路中就发生了谐振现象。处于谐振状态的电路, 称为谐振电路。谐振电路在电子技术中有着广泛的应用, 如电视机高频头的调谐电路, 收音机的中频放大器等。但在某些电路中由于谐振的发生, 也会造成不利的影响, 甚至损坏电气设备, 应设法加以避免。常用的谐振电路有串联谐振和并联谐振。

二、相关知识

1. RLC 串联交流电路

图 2-23(a) 所示为电阻、电感、电容串联的交流电路, 简称 RLC 串联电路。电路中各元件流过同一电流, 电流和各电压参考方向如图中所示。

(1) RLC 串联电路中电压与电流的关系

以电流为参考正弦量, 设电流 i 为

$$i = I_m \sin \omega t$$

根据基尔霍夫定律可得出

$$u = u_R + u_L + u_C = Ri + L \frac{di}{dt} + \frac{1}{C} \int i dt = U_m \sin(\omega t + \varphi)$$

相量形式: $\dot{U} = \dot{U}_R + \dot{U}_L + \dot{U}_C$

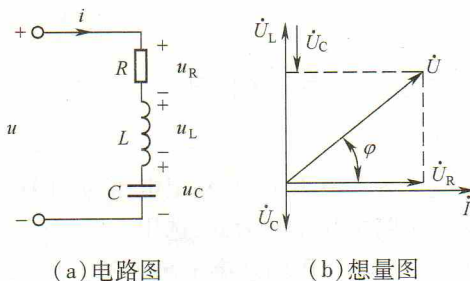
根据各元件电压、电流的相位关系可作出相量图如图 2-23(b) 所示。

由相量图可知, 电压相量 $\dot{U}_R$ 及 $(\dot{U}_L + \dot{U}_C)$ 组成了一个直角三角形, 称为电压三角形, 利用电压三角形求得总电压的有效值 U , 即

$$\begin{aligned} U &= \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2} = \sqrt{(RI)^2 + (X_L I - X_C I)^2} \\ &= I \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = I \sqrt{R^2 + X^2} = I |Z| \end{aligned}$$

各元件电压、电流的相量关系为

$$\dot{U}_R = R \dot{I}, \dot{U}_L = j\omega L \dot{I} = jX_L \dot{I}, \dot{U}_C = -j \frac{1}{\omega C} \dot{I} = -jX_C \dot{I}$$



(a) 电路图 (b) 相量图

图 2-23 RLC 串联电路