



RLC电路的测量与分析

2011 中法班

柯瀚2011301020172

孙家威2011301020173

林曲扬2011301020174

【实验目的】

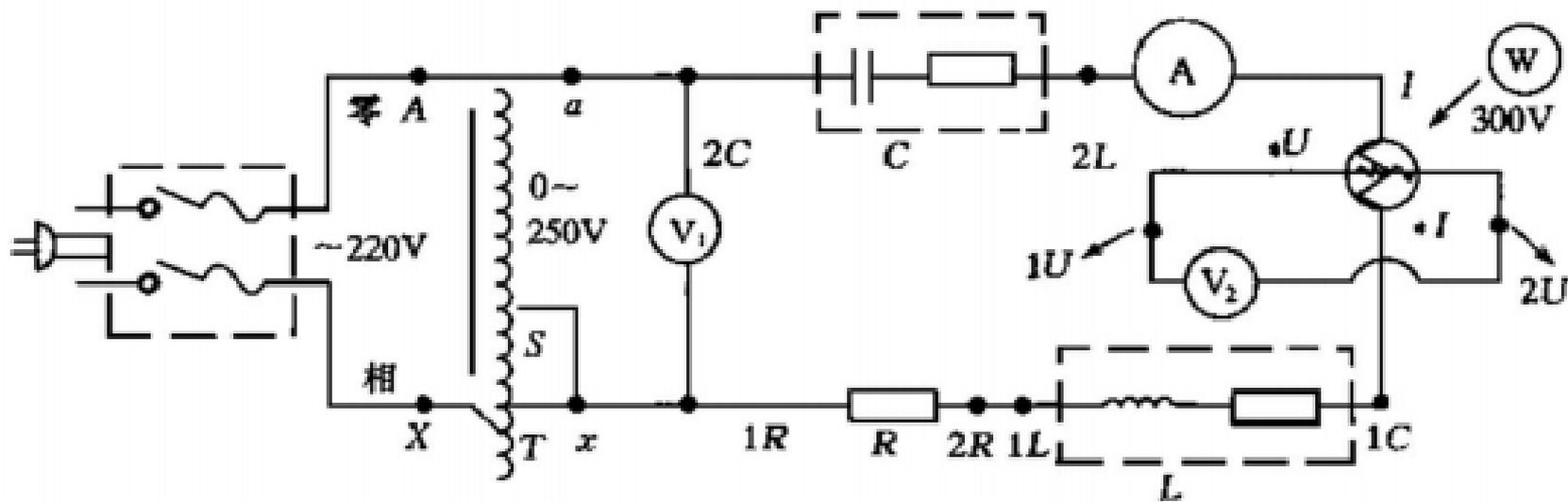
- 1. 测量并具体地理解电阻器 R 、电感器 L 、电容器 C 及其组合的相位差 ψ 和阻抗 Z 值。
- 2. 验证余弦交流电路中“总电压有效值（合矢量）等于各分电压有效值（分矢量）之和”。
- 3. 学会用电压表、电流表、瓦特计测电感器的 L 、 r_L 和电容器的 C 、 r_C 。
- 4. 实验确定总电路的电功率 P_s 与各部分电路的分功率 P_i 间的关系。

【仪器用具】

调压变压器、交流伏特计、交流电流计、白炽灯泡、功率计、电感器、电容器、闸刀开关

【实验原理】

用图3-5-1所示的测量电路，直接测量此串联电路中的电阻 R 、电感 L 、电容 C 、三者串联四种情况下的电压 U 、电流 I 、平均功率 P ，然后运用这些测得的值算出各个间接测量量。



1. 计算测得的阻抗之模幅角

(1) 阻抗模的计算

根据交流电欧姆定律，可得
阻抗的复数式：

$$\tilde{Z} = \frac{\tilde{U}}{\tilde{I}}$$

阻抗模为：

$$Z = U/I$$

对于被测的三个单独元件，
其具体式分别为

$$R = \frac{U_R}{I}$$

$$Z_{Lr} = \frac{U_{Lr}}{I}$$

$$Z_{Cr} = \frac{U_{Cr}}{I}$$

(2) 阻抗幅角计算

若某一元件上的电压为 U ，通过该元件的电流为 I ，则元件消耗的功率（平均功率） P 为：

$$P = UI \cos \varphi$$

由上式得：

$$\varphi = \arccos \frac{P}{IU}$$

ψ 称为该元件阻抗的幅角（直流电 $\psi=0$ ），也称为该元件电压与电流的相位差

对被测的三个元件，有：

$$\varphi_R = \arccos \frac{P_R}{IU_R}$$

$$\varphi_{Lr} = \arccos \frac{P_{Lr}}{IU_{Lr}}$$

$$\varphi_{Cr} = \arccos \frac{P_{Cr}}{IU_{Cr}}$$

我们知道，对于理想的单纯R、L、C元件，其 ψ 分别为
 0 ， $\pi/2$ 、 $-\pi/2$ 。

然而，由于实际的电感器、电容器不可能是真正单纯的L、C，因此，即使在50Hz的低频情况，它们的阻抗特性也离L、C的特性较远。只有像电灯泡这样的短电阻丝，在50Hz这样的低频情况下，其特性才几乎和纯R相同。

2. 计算所测电感L、电容C及有功电阻值 r_L 、 r_C

(1) 电感L、 r_L 的计算式

$$r_L = P / I^2$$

$$Z_{Lr} = \sqrt{r_L^2 + (\omega L)^2}$$

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{Z_{Lr}^2 - r_L^2}$$

三式联立，得：

$$L = \frac{1}{\omega} \sqrt{\left(\frac{U_{Cr}}{I}\right)^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2}$$

(2) 实际电容器可看成C和
 r_C 的串联

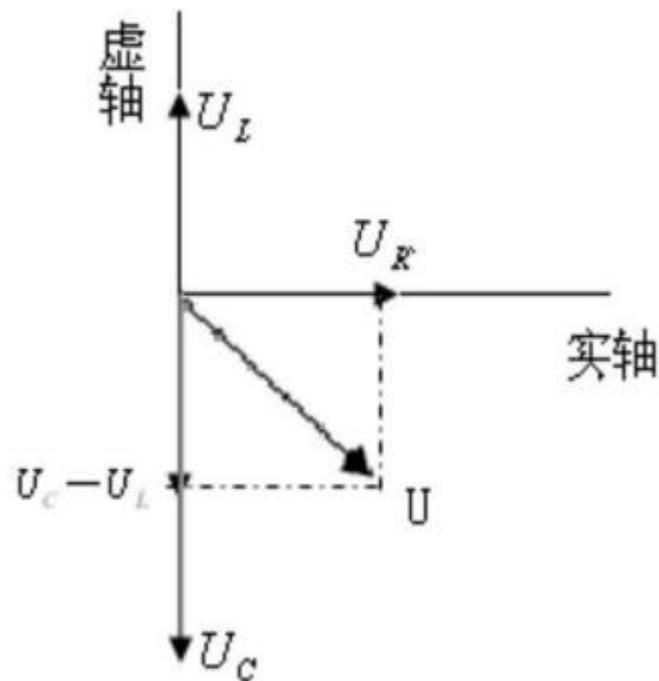
$$r_C = \frac{P}{I^2}$$

有:

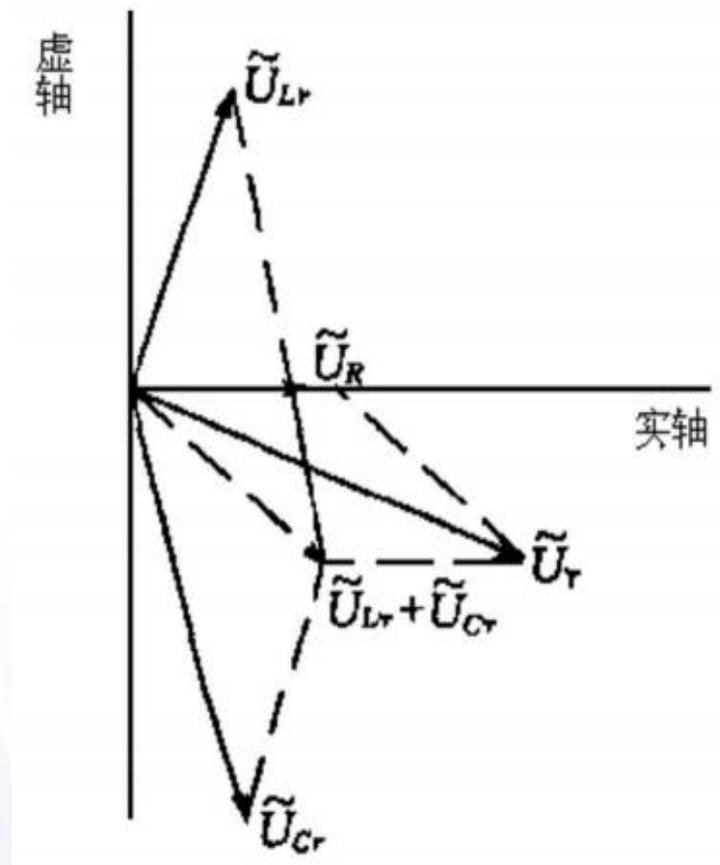
$$C = \frac{1}{\omega \sqrt{\left(\frac{U_{Cr}}{I}\right)^2 - \left(\frac{P}{I^2}\right)^2}}$$

3. 验证“总电压的有效值 (和矢量) 等于各分电压 有效值的矢量和”理论

若在复数平面上用矢量图解法，则上述各量的关系应如图所示



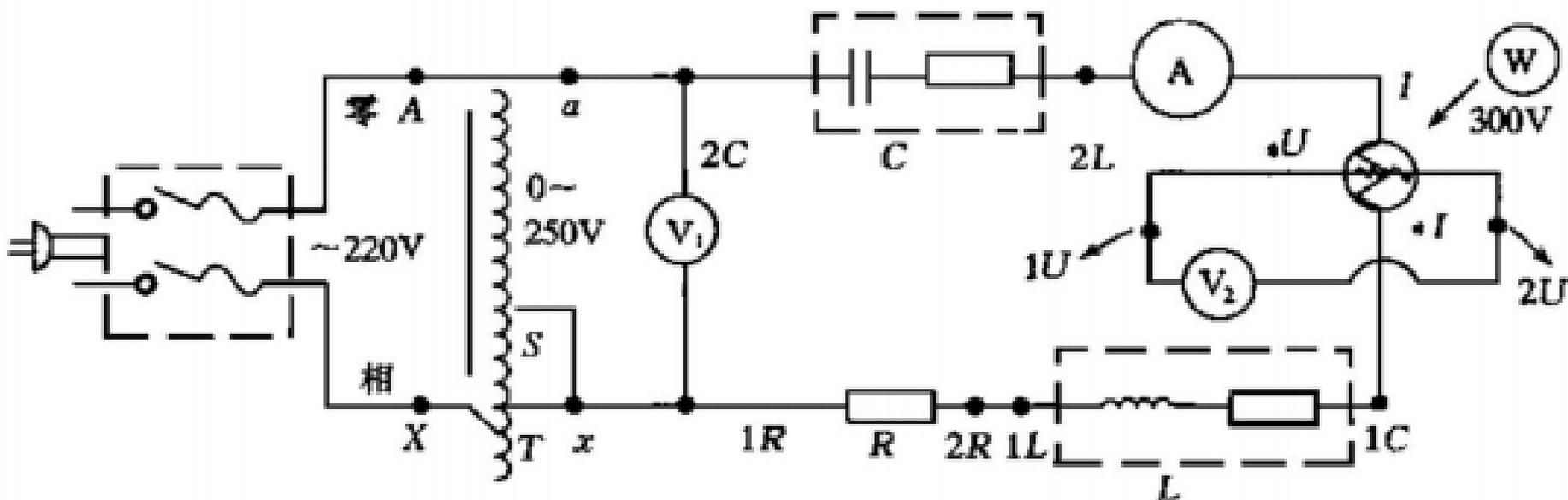
将测得的 \tilde{U}_R 、 \tilde{U}_{Lr} 、 \tilde{U}_{Cr} 值画在复数平面上，求出总电压 \tilde{U}_r ，然后把测得的U画在该坐标上，将两者进行比较，若他们的模之差以及 ψ 之差基本在误差范围内，则证明以上理论。



【实验内容】

1. RLC串联电路的测量与分析

(1) 按照图连好电路



连接好电路后，把仪器调整在待测安全状态，包括

1>变压器T调在输出电压为0值处；

2>所有的电表都选取最大的量程，防止电压表被烧坏（使用瓦特计是应注意不能其量程，这意味着不仅指针偏转不允许超过量程，而且实际的电流,电压值也不允许超过其各自的量程）

3>关断闸刀开关。

第二步：接通闸刀开关，用试电笔检验T火、地线是否接对，然后逐渐调整T的滑头，使输出电压由0值逐渐增大，^①将 调整为120V。

第三步：在 $U_1=120V$ 的条件下，测量三者串联的I、U、P值。

第四步：仍在三者串联且 $U_1=120V$ 的条件下，依次测量出电阻器、电感器、电容器上的I、U、P值，并记入表中。



2. R+L串联电路的测量分析，实验步骤同上相仿。

3. L+C串联电路的测量分析，实验步骤同上相仿。



注意 为使得测量出的 I 、 U 、 P 值误差较小， \textcircled{A} 、 \textcircled{V} 、 \textcircled{W} 的连接原则是：

- 1> \textcircled{A} 、 \textcircled{W} 的电流线圈应与被测电路相串联。
- 2> \textcircled{V} 、 \textcircled{W} 的电压线圈应与被测电路相并联。
- 3> 在本实验中，在测量 R 的 I 、 U 、 P 时，功率计采用电压线圈后向接法测量 P ，电流表外接测量 I ，电压表内接测 U ；其余应采用电压表外接（电流表内接）的伏安法测 I 、 U ，功率计采用电压线圈前向接法即电压线圈外接（电流线圈内接）的方式测量 P 。

【数据处理】

1. RLC串联电路的测量分析

测量量	直接测量			间接测量			
	I/A	U/V	P/W	Z/ Ω	φ ($^\circ$)	L或C	Rc或Rl
R+L+C	0.175	120	18.5	658.7	28.2		
R	0.175	94	18	537.1			
L	0.165	72.5	1.8	439.4	81.3	L=1.4	Rl=66.1
C	0.155	115	0	741.9	-90	C=4.3 uf	Rc=0

2. R+L串联电路的测量分析

测量量	直接测量			间接测量			
	I/A	U/V	P/W	Z/ Ω	φ ($^\circ$)	L	RI
测量电路							
R+L	0.165	120	15.8	727.3	37.1		
R	0.160	80,5	14.3	503.1			
L	0.155	70	1.75	451.6	80.7	L=1.4H	RI=72.8

3. L+C串联电路的测量分析

测量量	直接测量			间接测量			
	测量电路	I/A	U/V	P/W	Z/ Ω	φ ($^{\circ}$)	L或C
C+L	0.370	120	8	324.3	79.6		
L	0.360	152	7.5	422.2	82.1	L=1.3H	Rl=57.9
C	0.365	265	0.5	726.0	-89.7	C=4.4uf	Rc=3.8

实验小结

RLC串联电路是电磁学中重要测量分析电路，在广大的电子设备中广泛存在，在实际生活中有着广泛的运用。测量并分析RLC串联电路就是为了更清楚的认识及运用其特性避免其危害。

除了本次实验探讨的直接测量计算及验证外，还有很多其他的特性，如暂态特性，稳态特性，谐振特性等，他们在实际运用中起着重要作用。