

电路基础实验讲义

南京工学院

电路基础实验讲义

江苏工业学院图书馆
藏书章

南京工学院

前言	2
实验一 仪表的使用及电路中电位的测定	14
实验二 直流网络的研究	9
实验三 交流电路参数的测定及阻抗并串联	12
实验四 谐振电路	15
实验五 互感电路	17
实验六 一端口 L 、 C 网络的频率特性	19
实验七 滤波电路	22
实验八 三相电路的研究	25
实验九 过渡过程的研究	28
实验十 回转器的研究	30
实验十一 传输线的研究	34
附录一 电子示波器使用说明	37
附录二 直流电流表和电压表	40
附录三 交流电流表和电压表	43
附录四 功率表	46

实验课总的目的是通过实验进一步掌握所学的理论知识，培养学员进行实验的技能，提高独立分析和解决问题的能力，学会常用电工仪表及一些电子仪器的使用。通过实验课掌握部分仪表的结构及动作原理。现将实验中要注意的问题简述如下。

1. 实验前准备

实验前仔细阅读实验讲义，明确本次实验目的、任务、实验步骤，复习有关理论知识并考虑实验接线图，使用的仪器设备，结构规范以及实验中注意事项等。进入实验室后，首先检查所用仪器设备是否齐全完好；其次考虑对仪器设备的使用条件及接线要安全、准确；第三、按照事先考虑好的接线图接线。

2. 实验数据、现象的观察记录

这是实验过程中最主要的步骤，对实验效果影响很大，必须十分认真地进行。为保证实验结果正确，检查线路后，应试做一遍，不必读取数据，先要观察各被测量的变化情况和出现的现象，如果现象异常，要及时找出原因进行处理，然后开始读取数据，描绘图形。测量值和间隔要选择合适，如被测曲线弯曲处要多取几点，平滑部分可少取几点。要将数据填入事先准备好的表格中，不能随便涂改，重做必须重记，以便进行比较和分析。

3. 实验报告的编写

当实验完毕后如尚有多余时间应在实验室内做实验报告，因此，同学在实验课时，必须携带做报告的工本（直尺、铅笔、计算器、曲线板、座标纸等），

报告内容除预习报告部分外，还应做下列内容，

1. 记录仪表名称，编号、故障以及规范。

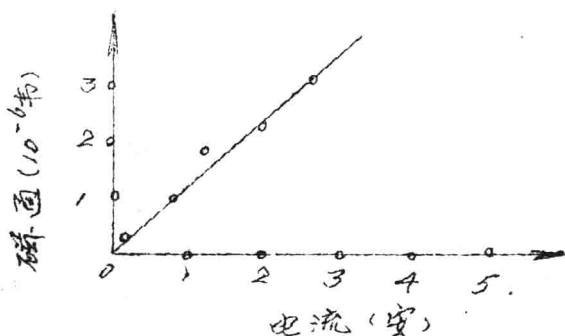
2. 做数据表格

3. 计算及曲线。

曲线习惯于画在第一象限，以自变量为横座标，函数为纵座标，必须用座标纸画，座标纸尺寸不得小于 10×10 公分，曲线一律用钢笔画，曲线以曲线板画，联线平滑，刻度要选得适当，使曲线不偏于一边或一角，为了便查阅曲线方便，每格最好代表变量的二、五、十或其整数倍数，不要使每格代表的变量

为元、>等、坐标轴上的刻度必须用钢笔注明，并在一旁注明刻度所代表的物理量（见图）。

从实验得来的每一数据，须在坐标纸上用“0”、“X”、“○”等符号表示出来，即使做错了，也要标出来，连接曲线时应尽可能包括各点，但不必机械使每点都在曲线上，因各实验可能有误差。



14. 讨论：每一实验在报告上最后均须进行讨论。

4. 安全规则

进行实验时，学生必须严肃认真，仔细谨慎，任何轻率行动或松懈麻痹都会造成人身事故或仪四损害事故。为保证实验安全，学生必须遵守下列安全规则：

(1) 接触线路时应首先检查开关是否打开，绝对禁止以手接触带电部分，即使低压也应如此。

(2) 不要进入 勿动与自己实验无关的部分。

(3) 不用绝缘已经损坏的电线。

(4) 操作前应考虑成熟，操作时不要犹豫迟疑。

(5) 如发现有人触电，切勿接触受害者，应迅速切断电源，然后用人工呼吸进行急救。

5. 实验室纪律

在其他地方应遵守的纪律在实验室内同样必须遵守，在实验室内还须特别注意下列几件事：

(1) 线路接好后，未经教师检查，不得接通电源。

(2) 爱护仪四及接线（接线不要丢在地上，仪表不要放在桌边以免跌坏等）。

(3) 小组内应明确分工、相互合作，不要袖手旁观，也不要代替包办。

(4) 未经指导教师同意，不得作额外实验，不得直接向他处借用仪四或直接到仪表室内取用仪四。

(5) 如仪四损坏，要主动报告教师，并将经过情形及原因据实填写在报损单上，并服从学校关于仪四损坏赔偿办法的规定。

实验一 仪表的使用及电路中电位的测定

一、实验目的

1. 学会使用电压表、电流表、稳压电源，以及滑线电阻。

2. 通过电路各点电位的测量，加深对电位的绝对值和相对性以及电压的绝对值的理解，验证克希荷夫第二定律。

二、原理与说明

1. 用电压表和电流表测量直流电阻时，有两种联接线路的方案，如图1-1(a)、b所示。

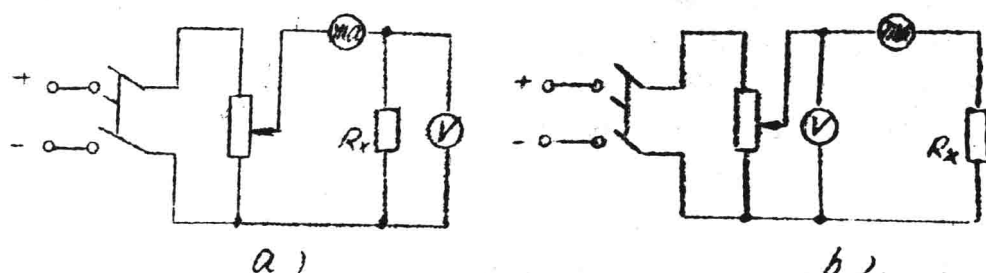


图 1-1

这种测量电阻的方法是以欧姆定律为依据的一种间接测量法，可以用来测量各种大小电阻，被测电阻的阻值由测量的电压和电流决定，即

$$R_x' = \frac{U}{I}$$

但是，在上述两种接线方案中，不论采用哪一种，由于仪表本身具有一定的电阻，因此，按照公式计算的 R_x' 只是被测电阻的近似值，这样所引起的误差，我们以相对误差 γ 表示。

对于图1-1(a)所示线路：

$$\gamma = - \frac{R_x}{R_x + R_V}$$

对于图1-1(b)所示线路：

$$\gamma = \frac{R_A}{R_x}$$

以上两式中 R_V 、 R_A 分别为直流电压表、电流表的电阻， R_x 为被测电阻的实际数值。

分析以上两式，可见第一种线路适宜测量较小的电阻，第二种线路适宜测量较大的电阻。

2、直流电路中各点电位分布的情况是分析与计算电路很重要的基本概念之一，在以后分析晶体管电路时或在专业课程中也经常会用到电位的概念。

电路中电位参考点一经选定，则各点的电位只有一个固定的数值，这就是电位的单值性。如果我们把电路中某点（例如参考点）的电位计为某一数值，则此电路中其它各点的电位也相应升高同一数值，这就是电位的相对性，至于任意的两点间的电压仍然不变，电压与参考点的选择无关，这就是电压的绝对性。

在一个电路中可能存在有电位相等之点——等位点。如果因导线将此两等位点连接起来，由于没有电位差，所以导线中也没有电流，对整个电路的工作情况没有影响。

电位中任一点到电位参考点之间的电压等于该点的电位，这便向我们提供测定电位的方法，因为电压是可以通过电压表测量的。把电压表的一端与参考点相连而另一端接于被测点，则电压表的读数便代表了被测点的电位，电位的正负视电压表是负端还是正端接于参考点而定。至于电路中任意两点间的电位差显然是可以用电压表测量的。

3、直流稳压电源

直流稳压电源是一种能保持输出直流电压稳定的电源设备通常用来作为测试电路的能源。

使用时将电压粗调旋钮放至所需的电压档位置（一般每增加5伏为一档），电压细调旋钮放在最小位置（逆时针方向旋到头），然后接上电源，合上电流开关，如电压表无指示，则须按一下复位按钮（起劲），调档电压细调旋钮（由小到大的），使电压表指示达所需值。

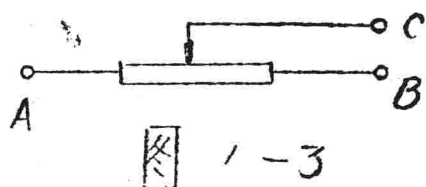
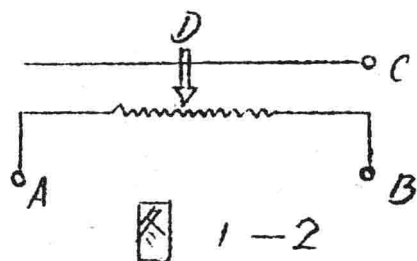
当负载短路或过载时，稳压电源的保护电路将动作，此时无电压输出，排除故障后，须重新按一下复位按钮，以后才能恢复无电压输出。实验中应注意直流稳压电源输出、一端的引线，不要短路，以免损坏仪器。

4、滑线电阻

其结构可以简化为图 1-2，图中 A、B 两端分别与电阻丝的两端相联，C 端和滑动头 D 相联。在电路图中，滑线电阻常用图 1-3 表示。滑线电阻一般有两种作用：

1). 作为可变电阻，把 A 端（或 B 端）与 C 端分别接入电路，它就是一个可变电阻。当调节滑动头在电阻丝上的位置时，就达到了改变电阻数值的目的。

2). 作为电位器（亦即分压器）。把 A 端与 B 端跨接于电流，那么从 A 端（或 B 端）与 C 端之间，就能得到一个可以平滑调节大小的输出电压，这时也需要改变滑动头在电阻丝上的位置。



三、实验内容及步骤

1. 电阻的测量

1). 在下列给定的一组电阻中，选择一个较小的电阻和一个较大的电阻作为被测电阻，使测量造成的相对误差小于 5%，（ 5Ω ， 8Ω ， 10Ω ， 15Ω ， 20Ω ， 50Ω ， 135Ω ， 150Ω ， $4.7k\Omega$ ， $91k\Omega$ ）

2). 按图 1-1 a) 联接线路，测量较小电阻；按图 1-1 b) 联接线路，测量较大电阻，各记录二套数据，计算它们的近似值 R'_x 和平均值 $R'_{x\text{平均值}}$ 。

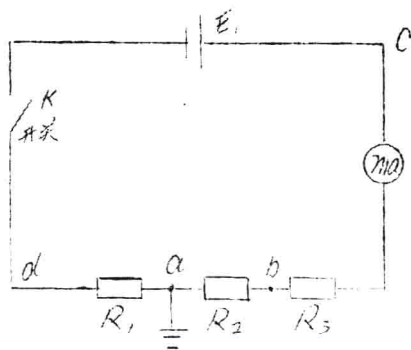
表一：室温 _____ $^{\circ}\text{C}$

R_x 给定值		R'_x 平均值	
U			
I			
R'_x			

2. 电位的测定

1). 按图 1-4 所示电路接线，选 A 点为参考点（接地符

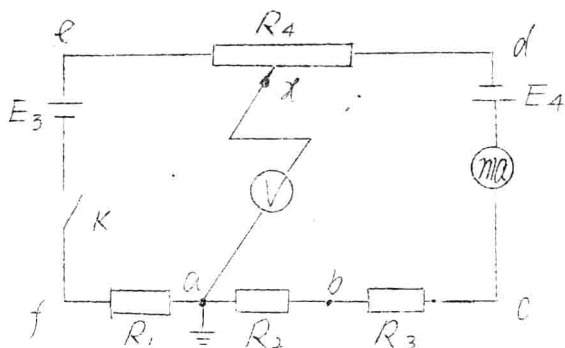
号士表为参考点，即认为 $\varphi_a = 0$ ），用电压表测量 a, b, c, d 各点的电位以及回路各段之间的电压：（取 $E_1 = 4$ 伏， $R_1 = 50$ 欧， $R_2 = 10$ 欧， $R_3 = 20$ 欧）



1-4

2). 在 a 点与地之间加接一电势为 $E_2 = 2$ 伏之电流，亦即把 a 点电位升高 2 伏，此时以 c 点为参考点，用电压表测量 a, b, c, d 各点的电位以及回路各段之间的电压，并与上次测量记录作比较。

3). 按图 1-3 所示电路接线。若取 $E_3 = 4$ 伏， $E_4 = 2$ 伏， $R_1 = 50$ 欧， $R_2 = 10$ 欧， $R_3 = 20$ 欧， $R_4 = 50$ 欧。预习时通过分析，计算此电路是否存在与 a 点等电位的点，并大致估计此点的位置，然后在实验时用电压表找出该等位点 x （调节滑线电阻 R_4 的滑动头，使电压表读数为零，则此点即为 a 点的等电位点），并且用一根导线代替电压表，把 a, x 二点连接起来，察看毫安表的读数是否变化，测量各点电位是否变动，应当是和没有 a, x 这根导线时的数值完全一样。



1-5

表二

电路图号	测 量 记 录 (单位: 伏)								备注
	φ_a	φ_b	φ_c	φ_d	U_{ad}	U_{dc}	U_{cb}	U_{ba}	
图 1-4									
图 1-4									

电流表读数 _____ 安

表三

	测 量 记 录 (单位: 伏)						备 注
	φ_a	φ_b	φ_c	φ_d	φ_e	φ_f	
1. $x =$ 空未接通							
2. $x =$ 空接通							

电流表读数 _____ 安

四、仪器设备

1. 直流电源 (晶体管稳压电源) 二个, 输入交流 220 伏, 输出直流 $0 \sim 30$ 伏可调,
2. 直流电压表一只 $5/10$ V
3. 直流毫安表一只 $0 \sim 100$ 毫安
4. 碳膜电阻一组
5. 电位测定板一块
6. 滑线电阻一只
7. 闸刀开关一只

五、实验报告要求

1. 整理、计算实验所得的测量大小电阻的数据; 定性分析两种接线方案所带来的误差;
2. 整理、计算电位测定的实验数据, 以实验结果说明电位的单值性、相对性、电压的绝对性; 并验证克希荷夫第二定律 (按步骤 2, (1) 验证)。
3. 问题讨论:
 - 1). 图 1-1 (a)、(b) 中, 当毫安表接入被测电路时, 电路中的电流变大了还是变小了? 为什么?
 - 2). 图 1-1 (a)、(b) 中, 当电压表接入被测电路时, 电路中负载两端的电压是增高了还是降低了? 为什么?

实验二 直流网络的研究

一、实验目的：

1. 验证迭加原理、等效发电机定理及其数值转换。
2. 掌握二端口网络参数的测定及其等效电路的计称。

二、原理与说明：

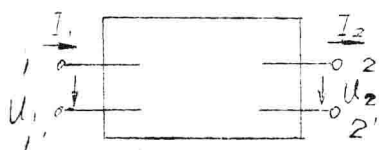
1. 迭加原理由线性方程式的共同性质直接推出，应用它到电路中时，根据给定的电动势和电阻来决定电流，故可表示为
$$I = F_1 \frac{A_1}{D} + F_2 \frac{A_2}{D} + \dots + F_P \frac{A_P}{D} + \dots + F_K \frac{A_K}{D}$$

D 为方程组的电阻行列式， A 为其子行列式。 P 为行 $1, 2, 3 \dots P \dots$ ； K 为列。实验时，能保持有一个电动势，而其余电动势为零，则测出 K 号电流。

$$I_P = I_{P1} + I_{P2} + \dots + I_{PP} + \dots + I_{PK}$$

2. 利用迭加原理可将一个有源端口网络简化一个含源支路，称为等效发电机，其目的是简化电路计称。用实验的方法求出开路电压及其等效阻抗用模拟的方法测出待求支路的电流和原网络测出该支路的电流进行比较。

3. 无源二端口网络方程式为



$$U_1 = a U_2 + b I_2$$

$$I_1 = c U_2 + d I_2$$

负载端开路 $I_2 = 0$

$$\text{则 } a = \frac{U_1 \times}{U_2} \quad c = \frac{I_1 \times}{U_2}$$

负载端短路 $U_2 = 0$

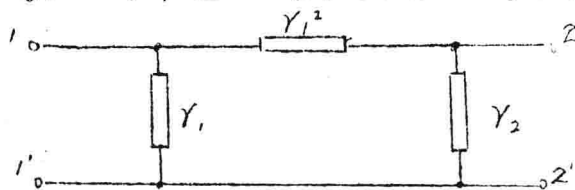
$$\text{则 } b = \frac{U_1 \times}{I_2} \quad d = \frac{I_1 \times}{I_2}$$

根据测得参数得 $ad - bc = 1$ ，可知网络可用三个参数来模拟。

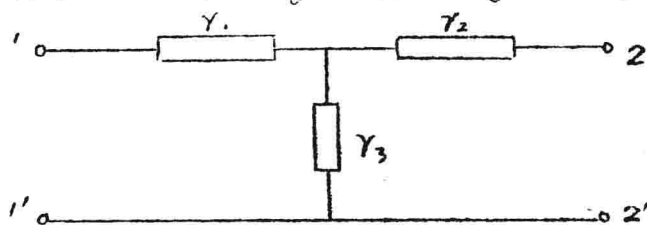
如接成 Π 形， $Y_{12} = b$

$$Y_1 = \frac{b}{a-1}$$

$$Y_2 = \frac{b}{a-1}$$



如接成T形, $Y_1 = \frac{\alpha-1}{C}$ $Y_2 = \frac{\alpha-1}{C}$ $Y_3 = \frac{1}{C}$



三. 实验设备

1. 网络结构盒, 1只;
2. 十进制电阻箱, 1只;
3. 直流稳压源, 1只;
4. 直流电压表, 1只;
5. 直流毫安表, 1只;
6. 单刀双掷开关, 1只.

四. 实验内容及步骤

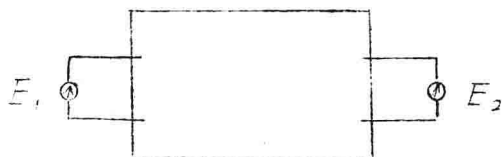
下述实验网络根据设备自行拟定

1. 迭加原理实验:

(1) 表格

电流/支路	I_1	I_2	I_3		
E_1					
E_2					
$E_1 + E_2$					
%误差					

(2) 网络图

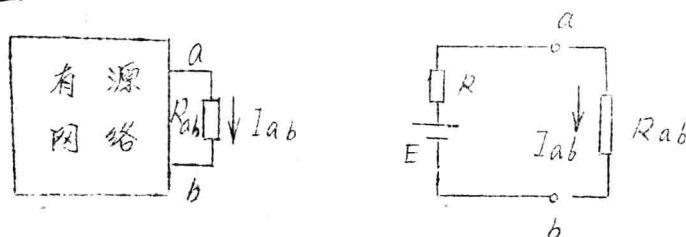


2. 等效发电机定理

(1) 表格

原网络lab	
简化网络lab	

(2) 网络图

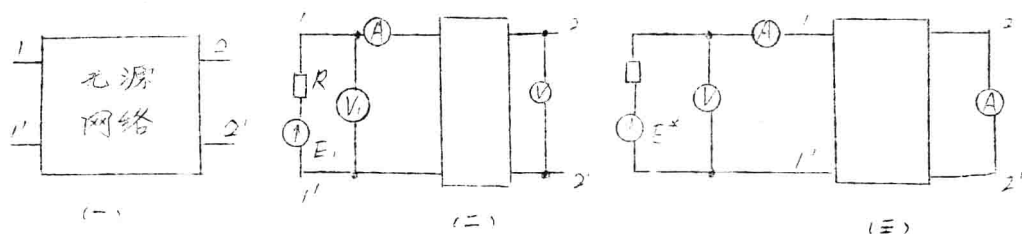


3. 二端口参数的测定

(1) 表格

$I_2 = 0$		$V_2 = 0$	
V_2		I_2	
V_{1x}		V_{1k}	
I_{1x}		I_{1k}	
a		b	
c		d	

(2) 网络图



(3) 说明:

图(二)中 $2, 2'$ 开路 $I_2 = 0$, 调整 E_1 得到 V_{1x} 、 I_{1x} 、 V_2 ;

图(三)中 $2, 2'$ 短路 $V_2 = 0$, 调整 E^* 得到 I_2 、 V_{1k} 、 I_{1k} ;

根据测得数据计算 a 、 b 、 c 、 d 。

五、实验报告要求及讨论:

1. 选定并画出各次实验的网络, 并利用万用表测出所选网络的阻值。

2. 将实验测得的数据和理论进行比较。

3. 讨论实验二中的等效变换条件及其意义。

4. 实验三的等效“T”、等效“ Π ”的参数, 并画出等效图。

实验三 交流电路参数的测定及阻抗的串并联

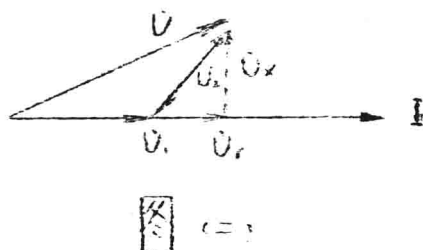
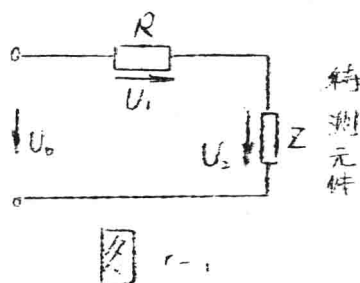
一、实验目的：

1. 学习用三电压表法测另交流电路的参数；
2. 学习用交流伏特表、交流安培表和瓦特计测定电路元件的等效参数的方法。研究两阻抗串、并联时的等效阻抗。
3. 练习在正弦交流电路中使用复数图来分析问题。

二、原理与说明

实际电路元件的等效参数可用测量方法来确定，三电压表法是一种较为简便的方法，可应用于测量电路元件的串联等效参数。用交流电压表、交流电流表和瓦特计法更是常用的测量电路等效参数的方法之一。下面分别说明之。

1. 三电压表法：把待测元件与已知电阻串联（如图（一）），通入已知频率的交流电源（正弦），用电压表分别测出已知电阻上的电压 U_1 、待测元件的电压 U_2 以及总电压 U 。然后将三电压组成闭合三角形如图（二）。



把 Z 上电压 U_2 分解为与 U_1 平行的分量 U_x 和垂直分量 U_y 。根据 U_1 与 U 的模数比可求出参数 Y 值，同样由 U_y 与 U 可求出 X 值。又由于 U 已知，即可求出待测元件 Z （或 C ）。

2. 用交流电流表、交流电压表和瓦特计法：在正弦交流电路中，一个待测阻抗 $Z = r + jX$ ，当测出其电压、电流和功率后，就可以计算出其 r 、 X 值，其关系式为：

$$Y = \frac{P}{U^2}; \quad Z = \frac{U}{I}; \quad X = \sqrt{Z^2 - r^2} = \frac{1}{I^2} \sqrt{(UI)^2 - P^2}; \quad \cos \varphi = \frac{Y}{Z} = \frac{P}{UI};$$

求出 X 后, 若为感性阻抗, 则 $L = \frac{X}{\omega}$; 若为容性阻抗, 则 $C = \frac{1}{\omega X}$; 其电路原理图如图 (三), 在此电路中, 伏特表的读数包括了安培表和瓦特表电流线圈的阻抗压降, 若被测阻

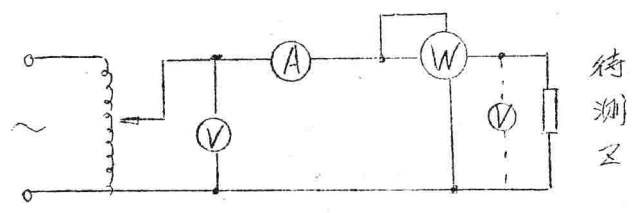


图 (三)

抗较小时, 则将伏特计接入虚线位置, 但这时安培计中电流包括了流入伏特计的电流, 瓦特计也有相同的问题, 因此为减少测量误差, 应考虑仪表的接法和用法。

三、实验任务

1. 三电压表法:

(1) 按图 (四) 接好线路。

(2) 接上 Z_1 , 调节电压使电流为 0.5 或 1 A, 测得 U , U_1 及 U_2 值。

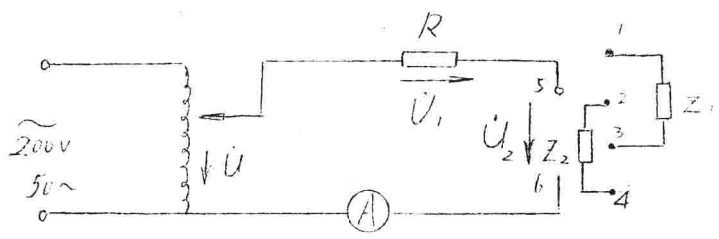


图 (四)

$I =$ 安 $U =$ 伏 $U_1 =$ 伏 $U_2 =$ 伏

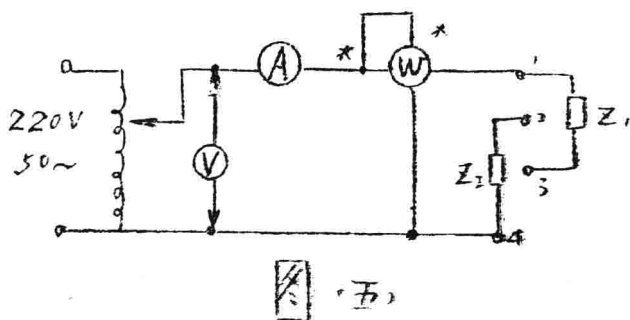
(3) 换接 Z_2 , 重复 (2) 步骤

2. A、U、W 表法

(1) 按图 (五) 接线

(2) 分别测出 Z_1 , Z_2 。

(3) 分别测出 Z_1 , Z_2 并, 串联等效参数。



	实验值			计算值			
	U (伏)	I (安)	P (瓦)	Z 欧	Y 欧	γ 欧	$\cos \varphi$
Z_1							
Z_2							
串联							
并联							

四、仪器设备

1. 调压器一只；
2. 交流电压表一只；
3. 阻抗 Z_1 , Z_2 各一只；
4. 交流安培表一只；
5. 瓦特计一只；
6. 滑线电阻一只；

五、注意事项

1. 调节电压时，必须注意伏特表，安培表和瓦特表的读数，勿超过量程，每做完一次实验，均需将调压器调回另处，然后断开电源。

2. 使用瓦特表时，必须注意不得超过瓦特表的额定电压和额定电流，使用其它表时亦同。

六、报告要求

1. 根据测量数据（三电压表法及 A 、 V 、 W 表法）计算各元件参数及串联时的等效参数。

2. 根据测量数据画出并联时的阻抗关系图及并联时的等效参数。

实验四 谐振电路

一、实验目的：

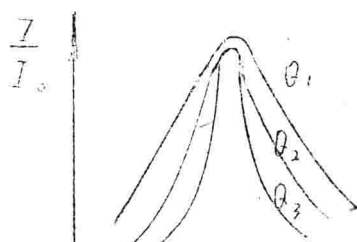
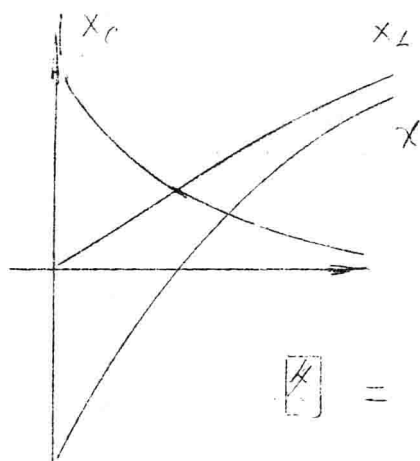
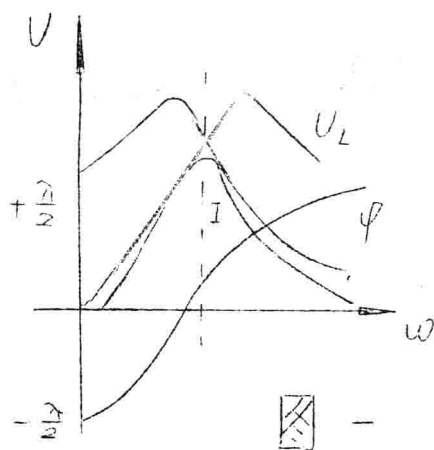
1. 熟悉 YLC 电路的频率特性
2. 熟悉回路的品质因素及选择性。

二、原理说明：

Y, L, C 串联回路中 X 随 ω 而变“见图二”， X 由 $-\infty \rightarrow 0 \rightarrow +\infty$ ，并从容性变成感性，电流模数由 0 升到最大，电压大小下降为零。图三，数学表达式如下：

$$Z = \sqrt{r^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2} = r \sqrt{1 + Q^2 (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}$$

$$I = \frac{U}{Z} = \frac{U}{r \sqrt{1 + Q^2 (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}} = \frac{I_0}{\sqrt{1 + Q^2 (\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega})^2}}$$



$$Q_3 > Q_2 > Q_1$$

三