

# 《电路理论》实验指导

# 目 录

一、实验要求.....	1
二、实验项目.....	3
实验一 电阻元件的伏安特性研究.....	3
实验二 基尔霍夫定律与电位研究.....	6
实验三 电源外特性与叠加定理.....	9
实验四 戴维南定理与诺顿定理.....	13
实验五 电源等效变换.....	17
实验六 示波器和信号发生器使用.....	21
实验七 一、二阶电路响应.....	24
实验八 RLC 串联谐振电路.....	29
实验九 日光灯实验及功率因数提高.....	34
三、附录 常用电子仪器性能及使用方法.....	38
附录一 电工测量与常用电测仪表基本知识.....	38
附录二 常用电子仪器和设备的性能和使用介绍.....	42

---

# 一、实验要求

## （一）实验课目的

电路理论实验指导书是我院本科学生《电路》和《电路分析基础》课程的配套教材。电路理论课程是一门重要的以理论应用性与技术实践性为鲜明特点的基础课，电路实验是整个教学过程的重要组成部分。本书共选编了个 12 个实验，实验任务的安排由浅入深、由易到难，从验证性的实验任务逐渐过渡到综合性实验任务。通过实验达到以下目的：

1. 进一步掌握和巩固所学的理论知识，培养运用基本理论分析、处理实际问题的能力；
2. 进行实验基本技能的实习和训练；
3. 掌握电压表、电流表、万用表、功率表等电工仪表的正确使用方法，学会使用示波器、信号发生器、晶体管稳压电源等电子仪器；
4. 学会正确读取和处理实验数据、分析实验结果、编写实验报告；
5. 培养实事求是、严肃认真的科学作风和良好的实验习惯。

## （二）实验课要求

### 1. 实验前准备

（1）认真预习、仔细阅读实验指导书和有关理论知识，明确实验的目的、任务，了解实验的基本理论，实验线路及完成实验的方法，步骤；清楚实验中将会观察到的现象、需要记录的数据和注意事项。

（2）认真听取指导教师关于仪器设备的使用方法，搭接实验线路的注意事项等有关内容的讲解和介绍。

### 2. 实验过程中的注意事项

（1）接线前适当安排好实验仪器仪表的位置，一般以便于接线、操作和读数为原则。接线应安排合理、清楚整齐，导线的粗细长短要适当，接线不宜过于集中于某一点，接线柱松紧要拧得适度。

### （2）查线

线路接好后，各组同学首先自检，然后请教师检查，经教师检查无误后，方可接通电源进行实验。

### (3) 实验

通电后，首先观察仪器仪表的工作状态是否正常、量程是否合适、操作是否方便，如发现异常现象，应立即关断电源，查找原因。

如通电后情况正常，则按照实验内容和步骤，有目的的调整参数；注意观察、分析各仪器仪表的变化情况，认真读取各需要的数据。如发现数据有错误，可重新测量。若测量某一特性曲线时，在曲线的弯曲部分应多取几个测量点，曲线平滑部分可少取几个测量点。

在实验过程中，不能只埋头于操作和读数，应随时观察线路和仪表的工作情况，如有发光、发热、声音、气味等异常现象，应立即切断电源，检查故障及原因。

在实验过程中，严谨触摸金属裸露部分，养成良好的实验习惯，确保人身安全。

实验工作结束后，先断开电源，然后再拆线、实验设备复原归位、整理导线和清理桌面。

### (三) 实验数据整理

实验结果和记录的数据，**需经老师签字后方能生效**，并作为编写实验报告的依据。实验结果和数据一经确定，不得随意涂改。

### (四) 实验报告编写

编写实验报告，是对实验结果的归纳、总结、分析和提高，学生在每次实验后都必须独立完成这项工作。实验报告的编写按每个实验的要求认真填写。

### (五) 实验过程中，听从指导教师的指导，保持实验室的清洁。

## 二、实验项目

### 实验一 电阻元件的伏安特性研究

实验日期：201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者：\_\_\_\_\_

#### 一、实验目的

1. 学会识别常用电路元件的方法；
2. 掌握线性电阻、非线性电阻元件伏安特性的逐点测试法；
3. 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

#### 二、原理说明

任一二端元件的特性可用该元件上的端电压  $U$  与通过该元件的电流  $I$  之间的函数关系  $U=f(I)$  来表示，即用  $U-I$  平面上的一条曲线来表征，这条曲线称为该元件的伏安特性曲线。

1. 线性电阻器的伏安特性曲线是一条通过坐标原点的直线，如图 1-1 中 a 所示，该直线的斜率等于该电阻器的电阻值。

2. 一般的白炽灯在工作时灯丝处于高温状态，其灯丝电阻随着温度的升高而增大，通过白炽灯的电流越大，其温度越高，阻值也越大，一般灯泡的“冷电阻”与“热电阻”的阻值可相差几倍至十几倍，所以它的伏安特性，如图 1-1 中 b 曲线所示。

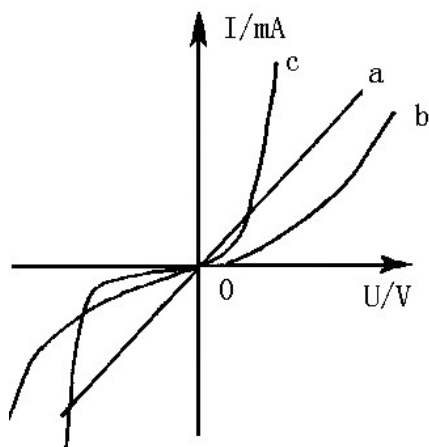


图 1-1 伏安特性曲线

3. 一般的半导体二极管是一个非线性电阻元件，其特性如图 1-1 中 c 曲线。

正向压降很小（一般的锗管约为  $0.2\sim 0.3V$ , 硅管约为  $0.5\sim 0.7V$ ），正向电流随正向压降的升高而急骤上升；而反向电压从零一直增加到十多至几十伏时，其反向电流增加很小，粗略地可视为零。可见，二极管具有单向导电性，但反向电压加得过高，超过管子的极限值，则会导致管子击穿损坏。

### 三、实验设备

1. 万用表
2. 直流毫安表
3. 稳压电源
4. 电阻箱

### 四、实验内容

测定线性电阻、发光二极管和小灯泡的的伏安特性曲线。

1. 按图 1-2 接线，调节稳压电源的输出电压  $U_s$ ，从 0 伏开始缓慢地增加，一直调至 5V（用万用表监测），调整可变电阻，记录线性电阻器、发光二极管的每对电压和电流数据，填到表 1-1 和表 1-2 中。

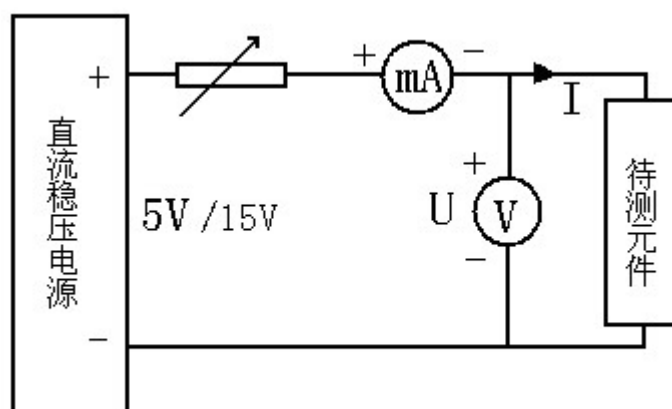


图 1-2 实验原理图

2. 按图 1-2 接线不变，待测元件换成小灯泡，调节稳压电源的输出电压  $U_s$ ，从 5 伏开始缓慢地增加，一直调至 15V（用万用表监测），调整可变电阻，记录小灯泡的每对电压和电流数据，填到表 1-3 中。

## 五、实验数据

表 1-1 电阻  $R=12\Omega$  伏安特性测量数据 ( $U_s=5V$ )

电流 I(mA)	250	220	200	150	120	80	50	30	20	10
电压 U (V)										

表 1-2 发光二极管伏安特性测量数据 ( $U_s=5V$ )

电流 I(mA)	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
电压 U (V)										

表 1-3 小灯泡伏安特性测量数据 ( $U_s=15V$ )

电流 I(mA)	100	90	80	70	60	50	40	30	20	10
电压 U (V)										

## 六、实验报告

1. 根据各实验结果数据,在坐标纸上绘制出光滑的伏安特性曲线(正向特性,均要求画在同一张图中,可取为不同的比例尺);
2. 根据实验结果,总结、归纳被测各元件的特性;
3. 必要的误差分析;
4. 心得体会及其他。

坐标纸粘贴处

## 实验二 基尔霍夫定律与电位研究

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律；
2. 加深对参考方向的理解；
3. 了解电位的相对性和电压与电位的相互关系；
4. 学习与掌握多支路的连接与布局。

### 二、实验原理

基尔霍夫定律是电路理论中的基本定律，它包括了电路中电流和电压分别遵循的基本规律。

1. 基尔霍夫第一定律（电流定律）：对集总电路中的任一节点，在任一时刻，流入（或流出）该节点的电流的代数和恒等于零。数学表达式为

$$\sum I = 0。$$

2. 基尔霍夫第二定律（电压定律）：对集总电路中的任一回路，在任一时刻，该回路在规定绕行方向下各部分电压的代数和恒等于零。数学表达式为

$$\sum U = 0。$$

3. 电流与电压的参考方向：参考方向是为了计算电路的方便而人为设定的。在计算结果中若某支路电流或某元件电压为负值，则表明其真实方向与参考方向相反；若为正值则真实方向与参考方向一致。

4. 电位与电位差：在电路中，电位的参考点选择不同，各节点电位也相应改变，而任意的节点间的电位差则不变，即任意两节点间电压与参考点选择无关。

### 三、实验内容

1. 验证基尔霍夫定律。

参考电路与元件参数如图 2—1 所示。

(1) 按图 2—1 所示的实验电路调准电源、连接各元件、接通电源、观察电流表指针偏转是否正常。如果电流表指针逆时针偏转时，应切断电源调换该表接线（其读数记为负值）；然后重新接通电源，将  $R_3$  调至  $160\Omega$ ，将  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  测得值记入表 2—1 中。

(2) 将  $R_3$  调到  $320\Omega$  重新测量  $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 。



(3) 实验电路仍如图 2—1 所示，按表 2—2 要求测量各支路电压。

2. 测量电路中各节点电位 测量电路中各节点电位时，可直接沿用图 2—1 电路，不必另行搭接电路。现分别以 a 点和 f 电作为电位参考点（零电位）测量电路各节点电位，并将测量的结果记入表 2—3 中。通过计算检验电路中任意两点间的电压与参考点的选择无关。

#### 四、实验仪器与设备

- |           |     |
|-----------|-----|
| 1. 直流稳压电源 | 1 台 |
| 2. 直流电压表  | 1 块 |
| 3. 直流毫安表  | 1 块 |
| 4. 实验电路板  | 1 块 |

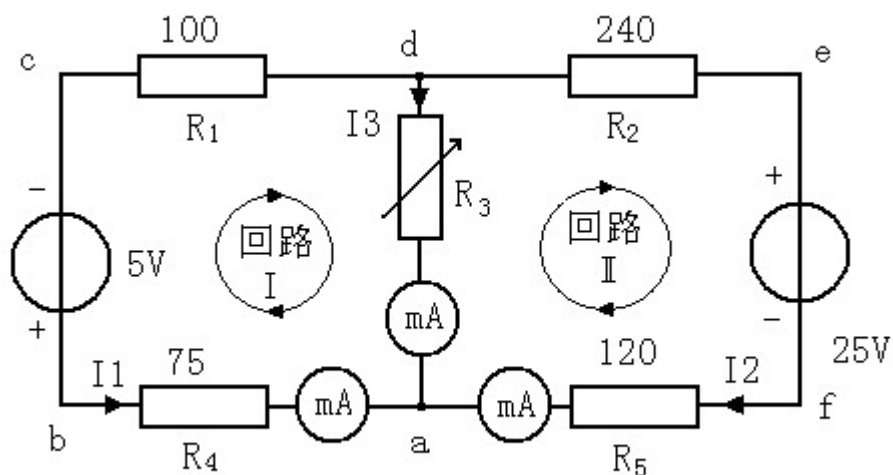


图 2—1 实验原理图

#### 五、注意事项

1. 接线前，应将双路稳压电源输出分别调整到给定的  $U_{s1}$ 、 $U_{s2}$  值，然后关断电源。待实验电路接好后再分别启动  $U_{s1}$ 、 $U_{s2}$ 。

2. 做实验任务 1 时，合闸瞬间要密切注视各电流表指针偏转情况，要及时更换表的极性，防止损坏仪表或打弯指针。

3. 测量电压、电位时，电压表测量笔应接触对应节点，避免只测量电阻元件电压。而遗漏电流表的（内阻）电压。

## 六、实验数据

表 2-1

	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$\Sigma I$
$R_3=160\ \Omega$				
$R_3=320\ \Omega$				

表 2-2

		$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{cd}$	$U_{da}$	$\Sigma U$
回路 I	$R_3=160\ \Omega$					
	$R_3=320\ \Omega$					
		$U_{ad}$	$U_{de}$	$U_{ef}$	$U_{fa}$	$\Sigma U$
回路 II	$R_3=160\ \Omega$					
	$R_3=320\ \Omega$					

表 2-3

$R_3 = \ \Omega$	$\Phi_a$	$\Phi_b$	$\Phi_c$	$\Phi_d$	$\Phi_e$	$\Phi_f$	$U_{ab}$	$U_{bc}$	$U_{cd}$	$U_{da}$	$U_{de}$	$U_{ef}$	$U_{fa}$
零电位 a	0												
零电位 f						0							

## 七、实验结论

## 八、实验结果分析

## 实验三 电源外特性与叠加定理

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 了解直流电压源、电流源外特性及测试方法；
2. 验证叠加定理；
3. 进一步掌握直流稳压电源的使用方法。

### 二、实验原理

1. 电压源的外特征：电压源的源电压  $u(t)$  是确定的时间函数。与流过电压源的电流大小无关，电流的大小取决于外电路。如果是恒定直流电压源，则其源电压为一定值  $U_s$ 。其外特征如图 3—1a 所示。实际电压源一般都含有内阻，随着外电路电流的增大，电源的端电压减小。它的外特征如图 3—1b 所示。实际电压源可用一个电压源  $U_s$  和电阻  $R_s$  串联组合模型来模拟。显然  $R_s$  越大，图 3—1a、b 两曲线的夹角  $\theta$  也越大，实际电压源端电压随电流变化也越大。随着电子工业的发展，晶体管、集成电路稳压电源广泛使用，它的外特性接近电压源的外特性。

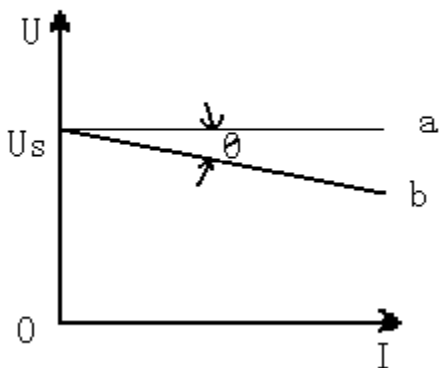


图 3—1

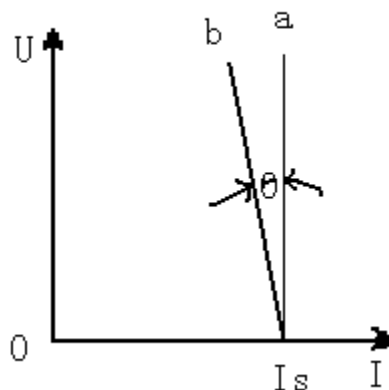


图 3—2

对于电压源外特性的测试问题，一般用稳压电源的外特性近似替代电压源的外特性；用稳压电源与一电阻串联后的外特性，来模拟实际电压源的外特性。但在测试时，外电路电流不应超过稳压电源的电流。

2. 电流源外特性：电流源的源电流  $i(t)$  也是确定的时间函数，与其端电压大小无关，端电压的大小取决于外电路。如果是恒定直流电流源，则源电流为一定值

$I_S$ ，其外特性如图 3—2a 所示。实际电流源一般都含有内电导  $G_S$ ，随着端电压的增高，对外电路提供的电流减小。其外特性如图 3—2b 所示。实际电流源，可用一个电流源  $I_S$  和一个电导  $G_S$  相并联组合的模型来模拟。显然  $G_S$  越大，图 3—2a、b 两曲线的夹角  $\theta$  也越大，晶体管电流源的外特性，在额定电流、输出电阻范围内，与电流源外特性近似。据此，在测试电流源外特性时，用晶体管电流源外特性近似代替电流源外特性；用晶体管电流源并联一电导  $G_S$  后的外特性，来模拟实际电流源的外特性。

### 三、实验内容

#### 1. 电压源外特性测试

按图 3—3 所示电路进行接线，调节  $R_L$  测量电流、电压并记于下表 3—1 中。

#### 2. 电流源外特性测试

按图 3—4 所示电路接线，调节  $R_L$  测量电流、电压并记于下表 3—1 中。

3. 按图 3—5 所示电路接线测量各支路电流，将数据记录于表 3—2 中。

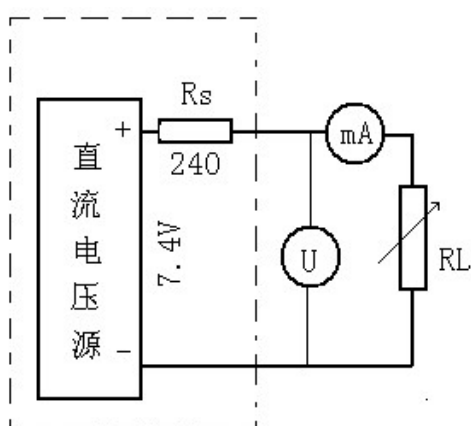


图 3—3

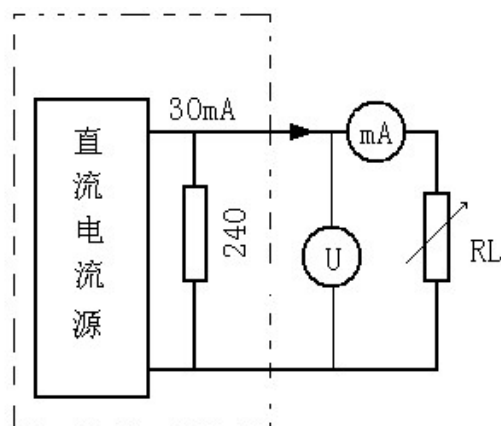


图 3—4

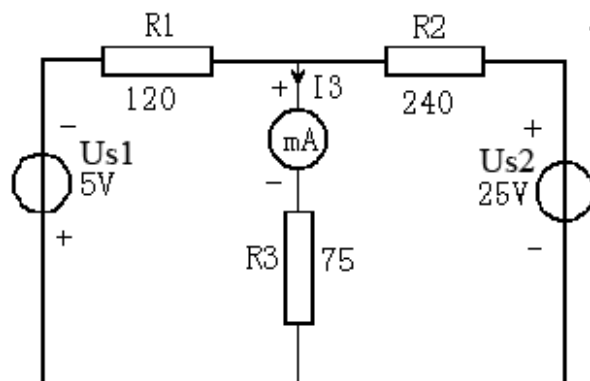


图 3—5

#### 四、实验仪器与设备

1. 双路直流稳压电源	1 台
2. 可调晶体管电流源	1 台
3. 直流毫安表	1 块
4. 直流毫安表	1 块
5. 直流电压表	1 块
6. 实验电路板	1 块

#### 五、注意事项

- 1 电压源、电流源和各电阻元件的容量要配套，并与仪表量程相适应。
- 2 调节稳压电源输出电压时，应并联一块电压表，并以电压表读数为准。稳压电源上的电压表指示数只做参考（监视用）。
- 3 做叠加定理实验时，注意电压源和电流源的极性与参考方向一致。

#### 六、实验数据

表 3-1

	$R_L(\Omega)$	1000	800	600	400	200	0
$U_s=7.4V$	$U(V)$						
	$I(mA)$						
$I_s=30mA$	$U(V)$						
	$I(mA)$						

表 3-2

	$U_{s1}$ 单独作用	$U_{s2}$ 单独作用	共同作用
测量值	$I'_3 =$	$I''_3 =$	$I_3 =$
计算值			
误差(%)			

## **七、实验曲线**

画出实际电压和实际电流源外特性曲线

## **八、实验结果分析**

分析叠加定理试验中误差来源

## 实验四 戴维南定理与诺顿定理

实验日期 201\_\_\_\_\_年\_\_\_\_\_月\_\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 验证戴维南定理与诺顿定理；
2. 学习测量含源一端口电阻网络的等效入端电阻方法，掌握电压源、电流源等效变换条件。

### 二、实验原理

#### 1. 戴维南定理

任一线性含源一端口网络，对端口以外的电路来说，可以用一条含电压源与电阻串联的支路来等效代替。该电压源的源电压等于含源一端口网络的开路电压  $U_{oc}$ ，其内阻  $R_o$  等于含源一端口网络化为无源网络后的入端电阻  $R_i$ 。

#### 2. 诺顿定理

任一线性含源一端口网络，对端口以外的电路来说，可以用一条由电流源与电导并联复合支路来等效代替。该电流源的源电流等于含源一端口网络的短路电流  $I_{oc}$  其内电导  $G_o$  等于含源一端口网络化为无源网络后入端电阻  $R_i$  的倒数，即

$$G_o = 1/R_i。$$

戴维南定理、诺顿定理从不同角度，把现行含源一端口网络概括为一个等效电源。分别称为戴维南等效电路和诺顿等效电路，它们相互等效变换条件为

$$G_o = 1/R_o, \quad I_s = U_s/R_o \quad (R_o = R_i)$$

含源一端口网络等效变换如图 4—1 所示。

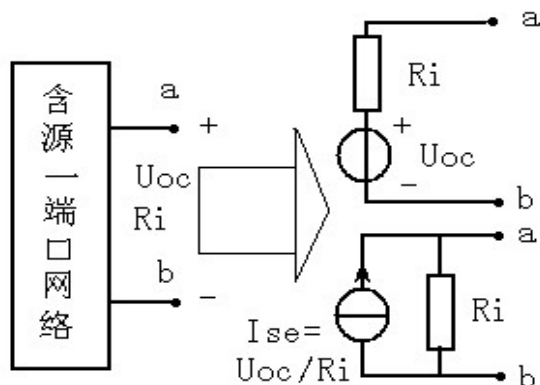


图 4—1

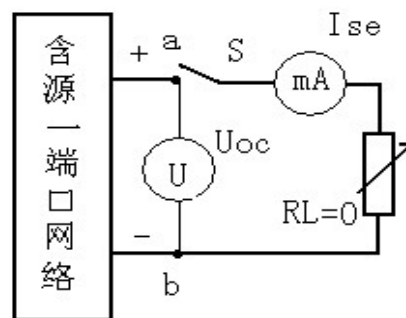


图 4—2

### 3. 含源一端口网络等效入端电阻 $R_i$ 的测量方法

含源一端口网络等效入端电阻  $R_i$  的测量方法很多，其中最简单又方便的是开路、短路法。开路、短路法即用电压表（高内阻）直接测量网络端口 a、b 电压  $U_{oc}$ ；用电流表（内阻很小可视为零）直接接网络 a、b 端测出电流，由  $U_{oc}$ 、 $I_{oc}$  计算出  $R_i$ 。但此法必须在短路电流  $I_{oc}$  值小于含源一端口网络允许范围内进行。其他方法学生可在预习中思考，实验中安排操作。 $R_i$  测试电路如图 4—2 所示。

## 三、实验内容

1 测量含源一端口网络等效入端电阻  $R_i$  和对外电路伏安特性。实验接线参考电路如图 4—3 所示，测量数据记录于表 4—1。

2 根据任务 1 测出的  $U_{oc}$ 、 $R_i$ ，用电压源与电阻串联支路等效含源一端口网络，重复测试对外电路伏安特性，并将测试结果记录于表 4—1。电路图如图 4—3b 所示。

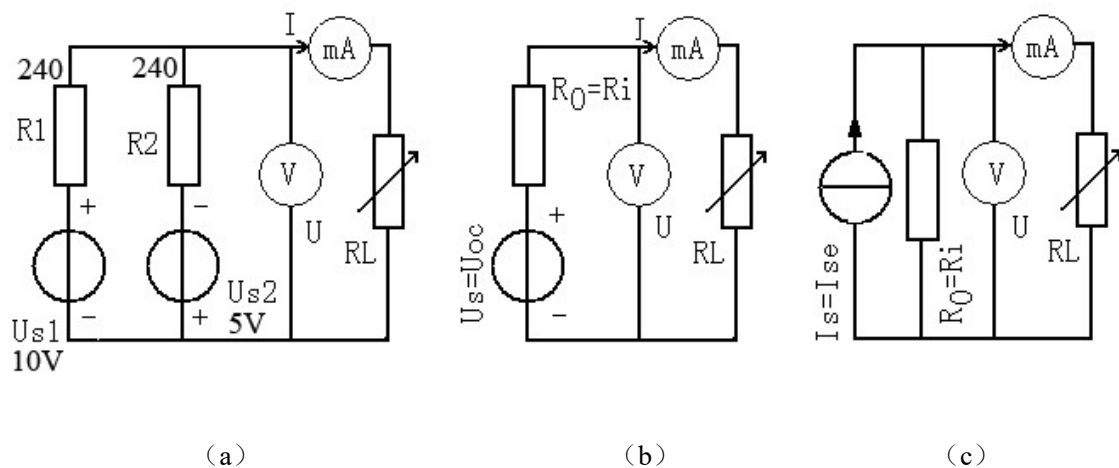


图 4—3

3 根据任务 1 测出的  $I_{sc}$ 、 $R_i$ ，用电流源并联电阻  $R_i$  电路等效含源一端口网络，重复测试对外电路伏安特性，并将测试结果记录于表 4—1。电路图如图 4—3c 所示。

根据表 4—1 数据在同一坐标纸上绘制三条外特征曲线，并进行分析比较。

提示：三条外特性曲线进行分析比较，必须散着等效，即满足  $U_s = U_{oc}$ ， $I_s = I_{sc}$ ， $I_{sc} = U_{oc}/R_i$ 。在设计实验各参数时，只有电流源受到限制，可调电



压源、电阻等均易满足。如电流源技术指标为： $I_S = 0 \sim 30\text{mA}$ （可调）负载电阻 $\leq 500\Omega$ ，则以 $R_i \geq 500\Omega$ 去选定含源一端口网络参数 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $U_{a1}$ 、 $U_{a2}$ 及仪表。

#### 四、实验器材与设备

1. 直流稳压电源	1 台
2. 可调电流源	1 台
3. 直流毫安表	1 块
4. 直流电压表	1 块
5. 可变电阻箱	1 只
6. 实验电路板	1 块

#### 五、注意事项

1. 实验预操作中注意 $I_{SC}$ 值是否在 $30\text{mA}$ 以下，在 $30\text{mA}$ 时，应重新给定 $U_{a1}$ 、 $U_{a2}$ 或调整 $R_1$ 、 $R_2$ 值。以免中途调整参数。

2. 调整电流源电流时，应参照图4—3c将 $G_0$ 断开，待 $I_S$ 调到所需值后再接入 $G_0$ 。

3. 测量 $U_{OC}$ 和 $I_{SC}$ 时应尽可能准确，因为它们将直接影响等效电路的搭接和测量质量。

#### 六、实验数据

表4—1

Uoc(V)=		Isc(mA) =				Ri=Uoc/Isc(Ω)=			
RL 设定值		1000	800	600	400	200	100	0	开路
含源一端口网络 (图 4-3a)	U(V)								
	I(mA)								0
电压源等效 (图 4-3b)	U(V)								
	I(mA)								0
电流源等效 (图 4-3c)	U(V)								
	I(mA)	0							

## 七、 实验曲线

## 八、 实验结果分析

1、分析比较三条曲线

2、影响测量 $U_{OC}$ 和 $I_{SC}$ 精度的因素有哪些？如何提高测量精度？

## 实验五 电源等效变换

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 通过实验了解电流源及其外特性；
2. 掌握电流源与电压源进行等效变换的条件。

### 二、原理与说明

#### 1. 电流源

电流源是电压源以外的另一种形式的电源，它以电流的形式向外电路提供电能。理想电流源向外电路提供的电流是定值  $I_s$  或一定的时间函数  $i_s(t)$ ，而与其端电压的大小无关；理想电流源端电压的确定取决于与之相联接的外电路。其伏安特性曲线如图 5—1 所示。

理想电流源是不存在的，实际电流源向外电路提供的电流是随着端电压的升高略有下降的。端电压越高，电流下降得越多；反之，端电压越低通过外电路的电流越大；当端电压为零时（外电路短路），流过外电路的电流为电流源的值。实际电流源可以用一个理想电流源  $I_s$  和一个电阻  $R_s$  并联组合的电路模型来表示，其模型及伏安特性曲线如图 5—2 所示。

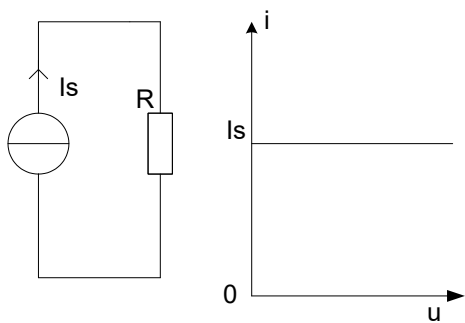


图 5—1

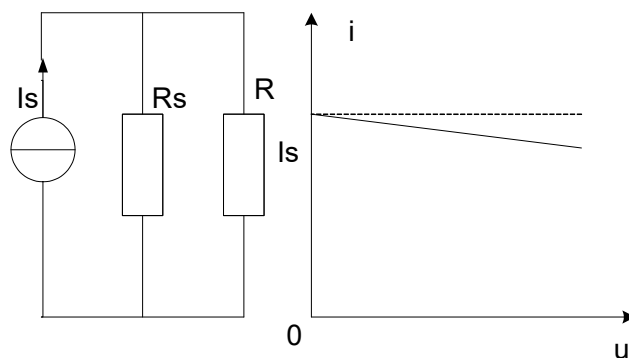


图 5—2

某些器件的伏安特性具有电流源的性质，如硅光电池、晶体三极管等。本实验中的电流源是用 JIS—1 型双路可调恒流源。规格为 0~30mA。

#### 2. 电源的等效变换

一个实际的电源，就其外部特性而言。既可以看成是一个电压源，也可以看成是一个电流源。例如：一个电压源和一个电流源分别与相同阻值的外电阻  $R$  相接，如图 5—3 所示。

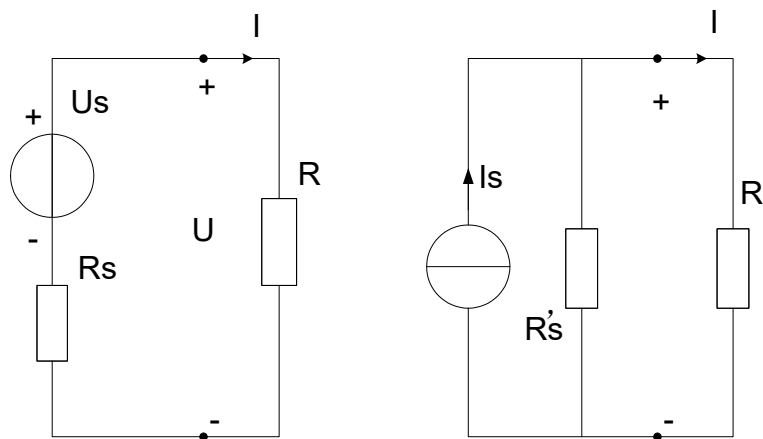


图 5—3

从图 5—3 中所示的电压源电路来看，电阻  $R$  两端的电压  $U$  和流过  $R$  的电流  $I$  的关系可表示为

$$U = U_s - IR_s$$

$$I = \frac{U_s - U}{R_s} = \frac{U_s}{R_s} - \frac{U}{R_s}$$

对于图 5—3 中所示的电流源电路，电阻  $R$  两端的电压  $U$  和流过  $R$  的电流  $I$  的关系可表示为

$$U = I_s R'_s - IR'_s$$

$$I = I_s - \frac{U}{R'_s}$$

如果使两种电源的参数满足

$$\frac{U_s}{R_s} = I_s$$

$$R_s = R'_s$$

则电压源，电流源所联接的  $R$  两端的电流与电压完全相同，也就是说，在这样条件下两种电源的外电路特性是完全等效的。

### 三、实验内容

1. 按照 JIS—1 型双路可调恒流源的使用说明书，学会其使用方法。
2. 电源的等效变换

可将图 5—4 的电路等效成为图 5—5 的电路，调节  $R_L$ ，将测得的  $R_L$  相对应的电流电压值填入表 5—1 中。

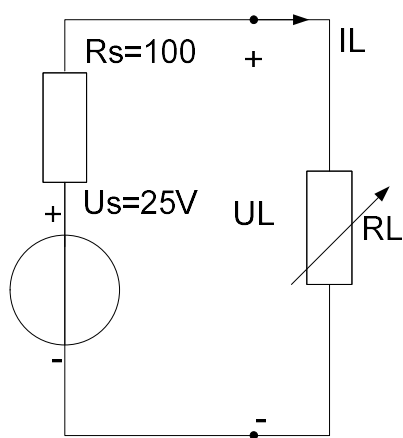


图 5—4

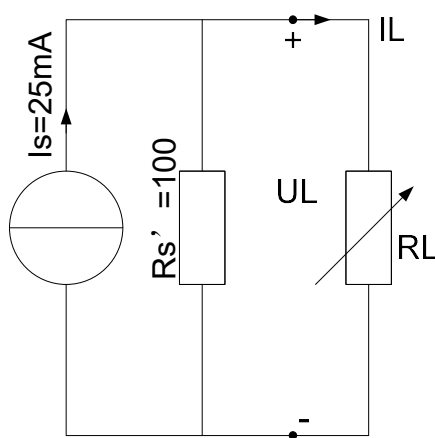


图 5—5

### 四、实验仪器与设备

- |                      |     |
|----------------------|-----|
| 1. 直流稳压电源 (0—30V 双路) | 1 台 |
| 2. 可调电流源 (0—30mA 双路) | 1 台 |
| 3. 直流毫安表 (多量程)       | 1 块 |
| 4. 直流电压表 (多量程)       | 1 块 |
| 5. 可变电阻箱             | 1 个 |
| 6. 实验电路板             | 1 块 |

### 五、注意事项

- 1 注意等效电路的极性。
- 2 调节电源值，电压源应开路，电流源应短路进行。

## 六、实验数据

表 5—1

调定值	$R(\Omega)$	200		400		600		800		1000	
测量值	$U_S$ 电路	$U_L$	$I_L$	$U_L$	$I_L$	$U_L$	$I_L$	$U_L$	$I_L$	$U_L$	$I_L$
测量值	$I_S$ 电路										
误差	%										

## 七、实验结果分析

分析测量误差

## 实验六 示波器和信号发生器使用

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 了解示波器和信号发生器的性能、面板控制键的作用及调节方法；
2. 学习方波、三角波、正弦波等信号调制与波形显示方法。

### 二、实验原理

1. 示波器及信号发生器的工作原理介绍见附录；
2. 本实验学习使用示波器和函数脉冲发生器、其性能及面板各控制键的使用方法见附录。

### 三、实验内容

1. 熟悉示波器面板主要旋钮（或按键）使用说明：将显示方式开关置于  $CH_1$  或  $CH_2$  单踪显示，扫描时间调 0.1ms 档上，触发方式选为自动，同步方式钮与显示方式开关置于相对应位置；调节  $CH_1$  或  $CH_2$  位移和 X 位移旋钮，观察屏幕上扫描线的移动情况，使扫描线位于屏幕中央；调节辉度、聚焦，观察扫描线亮度和聚焦的变化情况，使扫描线成为亮度适中，均匀光滑的一条纤细的光迹。

2. 方波、三角波、正弦波的调整与显示。

（1）方波、三角波、正弦波的调整。

对照附录函数信号发生器面板上旋钮编号和作用，熟悉使用。

利用函数脉冲信号发生器波形选择按钮所置的不同位置，即可对所选波形、幅度和频率进行调整。例如调整  $500 H_z$ 、3V 的方波：可将频率挡级调到 100、调整频率旋钮，数码显示为 500，输出幅度旋钮在中间位置，由输出插孔得到的即为  $500 H_z$ 、大约 3V 的方波信号（准确的幅值可通过示波器配合信号发生输出幅度微调进行）。三角波、正弦波的调制过程大致与上述方法调制步骤相同。

（2）方波、三角波、正弦波的示波器显示及测量。

将信号由  $CH_1$  接入示波器，置 DC—AC 输入选择开关于 AC 位置，调整 y 幅度旋钮，显示适当的幅度。

3. 利用示波器测量方波、三角波、正弦波的示波器显示及测量。

对于示波器屏幕上显示的方波、三角波及正弦波，如果将扫描速度微调和波

形幅度显示微调或顺时针旋到头（校准位置），适当调节  $t/DIV$  和  $V/DIV$ ，即可利用一个周期波形在屏幕棋盘上所占的格数测量其周期、频率和幅值。

4. 按表 7—1 所设项目调整各波形，用示波器进行显示，测量，记录各所要求的数据。

5. 两种或两个波同时显示。

如果将显示方式开关置于“交替位置”，则屏幕上可同时显示，调节和测量来自  $CH_1$  和  $CH_2$  两个通道的信号波形。通常情况下，一个通道可以用于监视某被测电路的激励源电压信号，另一个通道用来显示支路或元件响应的电压信号。

#### 四、实验仪器与设备

- |            |     |
|------------|-----|
| 1. 示波器     | 1 台 |
| 2. 函数脉冲发生器 | 1 台 |

#### 五、注意事项

1. 本项实验内容较多、仪器结构复杂，应认真预习实验内容，参看附录有关部分；
2. 不准随意调动仪器的按键和旋钮，以免损坏仪器。

#### 六、实验数据

表 7—1

测量项目		v/div 值	U 峰值 倍数	U 峰 值	t/div 值	T 显 示 格 数	T(ms)	f(Hz)
调制 波形	正弦波 (500Hz)							
	三角波 (1000Hz )							
	方波 (2000Hz )							



## 七、思考与讨论

1. 如何利用示波器测量正弦信号的周期  $T$ ;
2. 若示波器屏幕上的信号波形偏向右上方，应调节哪些旋钮才能使波形位于屏幕中央？
3. 若屏幕显示的波形幅度过小，波形过宽，应怎样调节才能使波形的幅度和宽度适中？

## 实验七 一、二阶电路响应

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 观测电路参数对一、二阶电路响应的影响；
2. 了解动态电路响应的基本规律和特点。
3. 学习判定电路动态过程的性质。

### 二、原理与说明

1. RC 串联电路的微分方程及响应凡是可以一阶微分方程描述的电路称为一阶电路。由线性元件 R、C 串联组合的一阶电路如图 8—1 所示 ( $U_s$  为直流电压源)。

根据基尔霍夫电压定律，电路  $u_c(t)$  为求解量微分方程为：

$$RC \frac{du_c}{dt} + u_c = U_s$$

根据已知条件的不同，其电路的响应可为：

- (1) 零状态响应 (K 接于 1 点时  $u_c(0) = 0$ )。
- (2) 零输入响应 (K 接于 2 点时  $u_c(0) \neq 0$ )。
- (3) 完全响应 (K 接于 1 点时  $u_c(0) \neq 0$ )。

RC 串联电路的响应，其实质是元件 C 充放电的过程。充放电的快与慢取决于电路本身的时间常数  $\tau (\tau = RC)$ 。

#### 2. RLC 串联电路的微分方程及响应。

凡是可以二阶微分方程描述的电路称为二阶电路。由线性元件 R、L、C 串联组合的典型的二阶电路如图 8—2 所示。

根据基尔霍夫电压定律，以  $u_c(t)$  为求解量微分方程为：

$$LC \frac{d^2 u_c}{dt^2} + RC \frac{du_c}{dt} = U_s$$

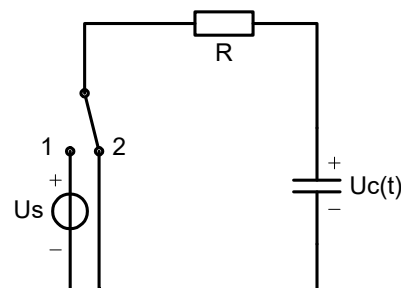


图 8-1

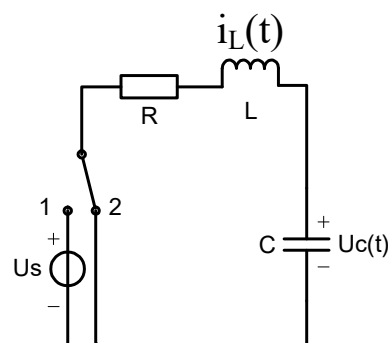


图 8-2

根据不同的已知条件，电路响应可分为三种情况：

(1) 若  $U_s \neq 0$ ，是一常量或一确定的时间函数，而  $u_C(0)=0$ ， $i_L(0)=0$ ，电路的响应为零状态响应。

(2) 若  $U_s = 0$ ，而  $u_C(0)$ ， $i_L(0)$  都不为零或不都为零时，电路响应为完全响应。

## 2. 过度过程的性质（暂态过程）

RLC 串联电路，无论零输入相应，还是零状态响应，电路过度过程的性质，完全由微分方程的特征根来决定，即

$$LCp^2 + RCp + 1 = 0$$

$$P_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\left(\frac{R}{2L}\right)^2 - \frac{1}{LC}}$$
$$= -a \pm \sqrt{a^2 - \omega_0^2}$$

$$\text{式中 } a = \frac{R}{2L}, \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

可见  $a$  与  $\omega_0$  的相对大小有关：

(1) 如果  $a > \omega_0$ （即  $R > 2\sqrt{L/C}$ ，则  $P_{1,2}$  为两个不相等的负实根，电路的过渡过程为过阻尼非震荡过程）。

(2) 如果  $a < \omega_0$ （即  $R < 2\sqrt{L/C}$ ，则  $P_{1,2}$  为一对共轭复根，电路的过渡过程为欠阻尼的震荡过程）。

(3) 如果  $a = \omega_0$ （即  $R = 2\sqrt{L/C}$ ，则  $P_{1,2}$  为两个相等的负实根，电路的过渡过程为临界过阻尼的非震荡过程）。

改变电路参数  $R$ 、 $L$  或  $C$ ，均可使电路发生上述三种不同性质的过程。

## 三、实验内容与方法

### 1. 实验内容与方法

因为过渡过程是短暂的一次过程，如果用普通示波器来观察这一过程，就必须使过程周期性地重复出现。本实验采用信号发生器输出的矩形脉冲电压作为测试电路和示波器  $CH_1$  通道的输入，只要使脉冲宽度  $\Delta = \frac{T}{2}$  远大于过渡过程持续的时间，那么，脉冲电压的前半周作用时，电路为零状态响应；在脉冲电压的后半周作用时，电路为零输入相应，用调节  $R$  或  $C$  的办法，改变电路的时间常数

(一阶) 或相应的性质 (二阶电路), 就可观测到不同的响应的光迹。

## 2. RC 串联电路电容电压响应。

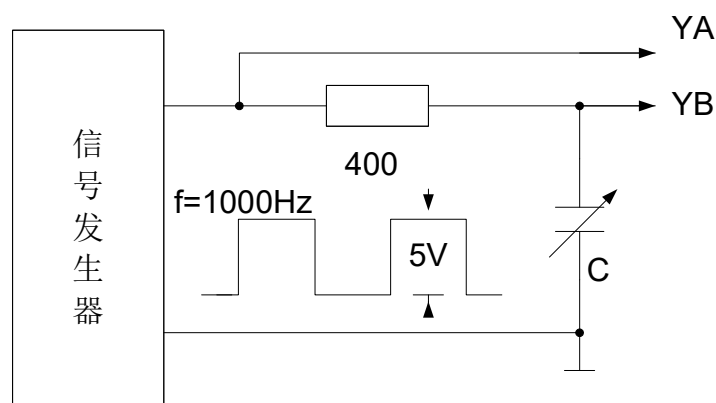


图 8-3

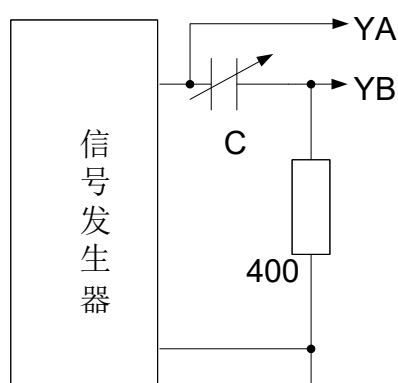


图 8-4

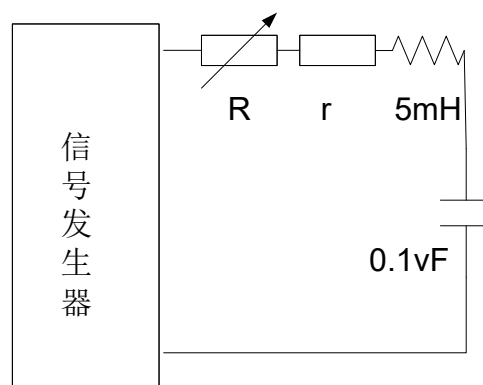


图 8-5

实验电路如图 8-3 所示。电路与示波器  $CH_1$  通道输入的矩形脉冲电压信号由信号发生器供出, 其参数为:  $f=1000H_z$ ,  $U=5V$ 。 $CH_2$  通道的输入信号由电容元件两端取得。适当调节示波器两 Y 通道的幅度旋钮 ( $v/div$ ) 和扫描旋钮 ( $t/div$ ), 使屏幕上显示的  $CH_1$  通道矩形波和  $CH_2$  通道电容电压响应波形的幅度和宽度适中 (两通道  $v/div$  的指示值相同, 微调旋钮都处于“校准”位置, 矩形脉冲至少出现两个周期)。再调节 Y 通道的位移旋钮, 使两波形处于屏幕的中间位置 (对其、对正)。然后按数值 0.1、0.33、0.47 调节 C, 将观测到的两波形绘于坐标纸上。

### (2) RC 串联电路电容电流响应波形

实验电路如图 8-4 所示。调节方法与要求同 (1), 将观测到的波形绘于坐标纸上。

### 3. RLC 串联电路响应

实验电路如图 8—5 所示。调整矩形脉冲波参数为  $f = 500\text{Hz}$ ， $U = 5\text{V}$ 。示波器  $CH_1$  或  $CH_2$  通道任选其一，分别以  $u_C(t)$ ， $u_L(t)$  和  $u_R LC(t)$  作为输入，按数值 10、100、200 调节  $R_0$  绘制观测到的各响应波形：

## 四、实验仪器与设备

1. XJ1631A 函数脉冲发生器	1 台
2. COS5020 二踪示波器	1 台
3. 电感箱	1 个
4. 电容箱	1 个
5. 电阻箱	1 个
6. 实验电路板	1 块

## 五、注意事项

1. 示波器输入探头与实验电路联接时，注意公共接地点不能接错，防止信号被短路。
2. 信号发生器输出的方波信号波形，要用示波器进行监测，防止波形失真。
3. 在观察  $U_C(t)$ 、 $i_C(t)$ 、 $U_R LC(t)$  波形时，由于大幅度地调节  $R$  或  $C$ ，因此要相应调节示波器  $Y_A$ 、 $Y_B$  通道输入放大器衰减按钮，防止波形畸变。

## 六、实验数据

绘制各响应波形至少要满足一个半周期。

## 七、思考与讨论

1. 在某一频率方波作用下的 RC 串联电路中，适当调节 R 或 C，用示波器观察的响应波形可能呈现几种响应状态？
2. 对于 RC 串联电路，示波器观察显示的  $u_C(t)$  与  $i_C(t)$  波形有何明显不同？为什么？
3. 在某一频率方波作用下，用示波器观察 RLC 串联二阶电路响应轨迹时，调节 R 对波形有何影响？
4. 在什么样情况下电路达到稳态的时间最短？

## 实验八 RLC 串联谐振电路

实验日期 201\_\_\_\_年\_\_\_\_月\_\_\_\_日 同组者\_\_\_\_\_

### 一、实验目的

1. 观察谐振现象，加深对串联谐振特点的理解；
2. 学习测 R、L、C 串联谐振曲线的方法；
3. 掌握低频信号发生器、晶体管毫伏表的使用方法。

### 二、实验原理

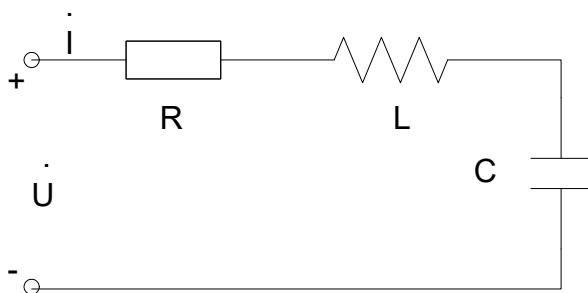


图 11-1

1. 对于图 11—1 所示的 R、L、C 串联电路，其复阻抗为

$$Z = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right) = R + jX = z\varphi$$

当  $\omega L = \frac{1}{\omega C}$  时，电路处于谐振状态，谐振角频率为

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

谐振频率为

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

由上式可见，串联谐振频率  $f_0$  完全由电路的参数 L、C 决定，与电阻 R 无关。在 f、L、C 三个量中，不论调节哪一个量（另两个量固定）都可能使电路满足谐振条件而产生谐振。

本实验采用两种调节方法，使电路产生谐振，一固定 L、C 而调节电源频率 f 实现；意识固定电源频率 f(50Hz)和 L，调节 C 实现。在调试电路过程中测试谐振曲线。

## 2. 串联电路处于谐振时的主要特点

(1) 由于回路总电抗  $X_0 = \omega_0 L - \frac{1}{\omega_0} L = 0$ ，所以，回路阻抗  $Z_0 = R$  为最小值，

阻抗角  $\varphi = 0$ ，使回路呈纯电阻性。

(2) 由于回路电流  $\dot{I}$  与外施电压  $\dot{V}$  同相位，所以当  $\dot{V}$  一定时电流为最大值 ( $\dot{I} = \dot{V}/R$ )。

(3) 由于  $\omega_0 L = \frac{1}{\omega_0 C}$ ，所以电感两端的电压  $U_L$  与电容两端的电压  $U_C$ ，在数值上相等，相位上相反。

此时， $U_L$  或  $U_C$  与外施电压 U 之比称为品质因数 Q，即：

$$Q = \frac{U_C}{U} = \frac{U_L}{U} = \frac{\omega_0 L}{R} = \frac{1}{R\omega_0 C} = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

在 L 和 C 为定值的条件下，Q 值仅仅决定回路电阻的大小。

3. 串联谐振电路的频率特性 当回路参数一定时，由于外施电压频率的变化（幅值不变），将引起回路阻抗的变化，即阻抗为频率的函数。此时，把回路电流、各元件端电压的大小及外施电压与电流之间的相位差随频率变化的性质，统称为回路的频率特性。其中，前者称为幅频特性，后者称为频相特性。本实验中只研究幅频特性。

(1) 回路电流的大小与外施电源频率的关系称为电流的幅频特性，表明这种关系的特性曲线为串联谐振曲线，其表达式为：

$$I = \frac{U}{z} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}} = \frac{U}{R \sqrt{1 + Q^2 \left(\frac{\omega}{\omega_0} - \frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

当电路的 L、C 保持不变时，改变电阻 R 的大小，可得到不同的 Q 值时电流的谐振曲线，显然 Q 值越高，曲线越尖锐，电路的频率选择性越好。

为了反映一般情况，通常研究电流比  $I/I_r$  与角频率比  $\omega/\omega_0$  之间的函数关系，并称为电流的通用幅频特性。其表达式为：



$$\frac{I_V}{I_0} = \frac{1}{\sqrt{1+Q^2\left(\frac{\omega}{\omega_0}-\frac{\omega_0}{\omega}\right)^2}}$$

式中， $I_0$ 为谐振时电路的电流。

(2) 电感元件上的电压 $U_L$ 和电容元件电压 $U_C$ 的谐振曲线图形与 $Q$ 值也有很大关系，当 $Q > 0.707$ 时， $U_0$ 和 $U_L$ 才能出现峰值，并且 $U_0$ 的峰值出现在 $\omega_0$ 之前， $U_L$ 的峰值出现在 $\omega_0$ 之后。 $Q$ 值越高出现峰值的点离 $\omega_0$ 越近，同时峰值也越大，其表达式分别为

$$U_L = \omega LI = \frac{\omega LU}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

$$U_C = \frac{1}{\omega C} I = \frac{U}{\omega C \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$

4. 串联谐振现象，在无线电接收机、仪器仪表中有着广泛的应用。例如通过使电路产生谐振的方法，把需要的频率 $f_0$ 的信号，从含有不同频率（含 $f_0$ ）的信号源中选择出来。谐振频率取决于回路的 $L$ 、 $C$ ，通过调节 $L$ 或 $C$ 的数值，可达到选择不同频率信号的目的。本实验除了采用固定 $L$ 和 $C$ 调节 $f$ 达到谐振外，还要采用固定 $f$ 和 $L$ 调节 $C$ 达到谐振。

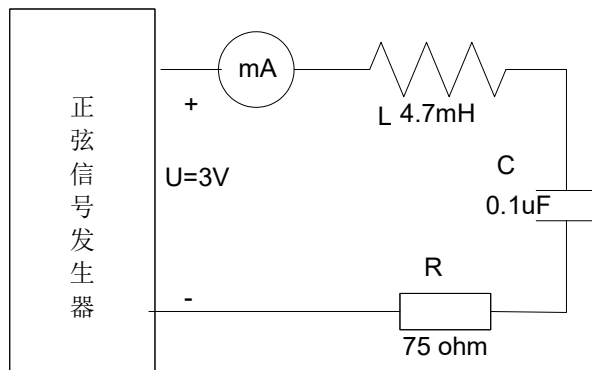


图 11-2

### 三、实验内容

1. 实验电路如图 11-2 所示，固定 $R$ 、 $L$ 、 $C$ 值不变，保持外电压 $U$ 的幅值（或有效值）恒定，按表 11-1 给定的参数数据调节其频率 $f$ ，测量不同频率

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/505012343331011131>