

电路实验教程

郑 州 轻 工 业 学 院
电气信息工程学院电子信息中心
二 00 四年九月

目 录

一、基本电工仪表的使用及测量误差的计算	1
二、减小仪表测量误差的方法	5
三、电路元件伏安特性的测绘	9
四、基尔霍夫定律的验证	13
五、叠加原理的验证	15
六、电压源与电流源的等效变换	17
七、戴维南定理和诺顿定理的验证	21
八、最大功率传输条件的测定	25
九、受控源 VCVS、VCCS、CCVS、CCCS 的实验研究	27
十、一阶电路的响应	31
十一、二阶电路的响应与状态轨迹	35
十二、R、L、C 元件阻抗特性的测定	40
十三、用三表法测量交流电路等效参数	42
十四、功率因数提高	45
十五、RC 选频网络特性测试	48
十六、RLC 串联谐振电路的研究	51
十七、双口网络参数的测定	54
十八、负阻抗变换器及其应用	59
十九、回转器	65
二十、互感电路测量	72
二十一、单相铁心变压器特性的测试	75
二十二、三相交流电路电压、电流的测量	78

二十三、	三相电路功率的测量.....	81
二十四、	单相电度表的校验.....	85
二十五、	功率因数及相序的测量.....	88

实验一 基本电工仪表的使用及测量误差的计算

一、实验目的

1. 熟悉实验台上各类电源及各类测量仪表的布局和使用方法。
2. 掌握指针式电压表、电流表内阻的测量方法。
3. 熟悉电工仪表测量误差的计算方法。

二、原理说明

1. 为了准确地测量电路中实际的电压和电流, 必须保证仪表接入电路后不会改变被测电路的工作状态。这就要求电压表的内阻为无穷大; 电流表的内阻为零。而实际使用的指针式电工仪表都不能满足上述要求。因此, 当测量仪表一旦接入电路, 就会改变电路原有的工作状态, 这就导致仪表的读数与电路原有的实际值之间出现误差。误差的大小与仪表本身内阻的大小密切相关。只要测出仪表的内阻, 即可计算出由其产生的测量误差。以下介绍几种测量指针式仪表内阻的方法。

2. 用“分流法”测量电流表的内阻

如图 1-1 所示。A 为被测内阻(R_A)的直流电流表。测量时先断开开关 S, 调节电流源的输出电流 I 使 A 表指针满偏转。然后合上开关 S, 并保持 I 值不变, 调节电阻箱 R_B 的阻值, 使电流表的指针指在 1/2 满偏转位置, 此时有

$$I_A = I_S = I/2$$

$$\therefore R_A = R_B // R_1$$

R_1 为固定电阻器之值, R_B 可由电阻箱的刻度盘上读得。

3. 用分压法测量电压表的内阻。

如图 1-2 所示。V 为被测内阻(R_V)的电压表。测量时先将开关 S 闭合, 调节直流稳压电源的输出电压, 使电压表 V 的指针为满偏转。然后断开开关 S, 调节 R_B 使电压表 V 的指示值减半。此时有: $R_V = R_B + R_1$

电压表的灵敏度为: $S = R_V / U (\Omega/V)$ 。式中 U 为电压表满偏时的电压值。

4. 仪表内阻引起的测量误差 (通常称之为方法误差, 而仪表本身结构引起的误差称为仪表基本误差) 的计算。

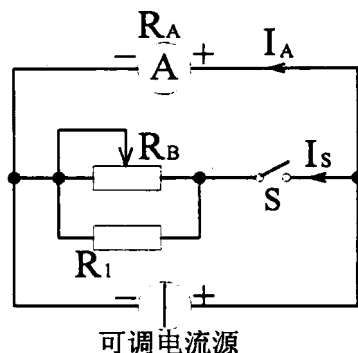


图 1-1

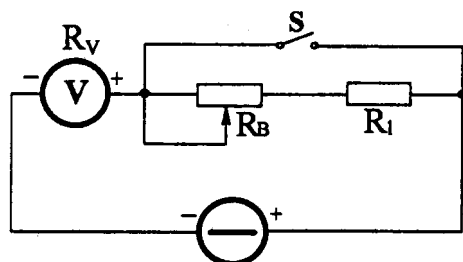


图 1-2

(1) 以图 1-3 所示电路为例, R_1 上的电压为 $U_{R1} = \frac{R_1}{R_1 + R_2} U$, 若 $R_1 = R_2$, 则 $U_{R1} = \frac{1}{2} U$ 。

现用一内阻为 R_V 的电压表来测量 U_{R1} 值, 当 R_V 与 R_1 并联后, $R_{AB} = \frac{R_V R_1}{R_V + R_1}$, 以此来替代

上式中的 R_1 , 则得 $U'_{R1} = \frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} U$

$$\text{绝对误差为 } \Delta U = U'_{R1} - U_{R1} = U \left(\frac{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1}}{\frac{R_V R_1}{R_V + R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right)$$

$$\text{化简后得 } \Delta U = \frac{-R_1^2 R_2 U}{R_V (R_1^2 + 2R_1 R_2 + R_2^2) + R_1 R_2 (R_1 + R_2)}$$

$$\text{若 } R_1 = R_2 = R_V, \text{ 则得 } \Delta U = -\frac{U}{6}$$

$$\text{相对误差 } \Delta U\% = \frac{U'_{R1} - U_{R1}}{U_{R1}} \times 100\% = \frac{-U/6}{U/2} \times 100\% = -33.3\%$$

由此可见, 当电压表的内阻与被测电路的电阻相近时, 测量的误差是非常大的。

(2) 伏安法测量电阻的原理为: 测出流过被测电阻 R_X 的电流 I_R 及其两端的电压降 U_R , 则其阻值 $R_X = U_R / I_R$ 。实际测量时, 有两种测量线路, 即: 相对于电源而言, ①电流表 A (内阻为 R_A) 接在电压表 V (内阻为 R_V) 的内侧; ②A 接在 V 的外侧。两种线路见图 1-4 (a)、(b)。

由线路 (a) 可知, 只有当 $R_X \ll R_V$ 时, R_V 的分流作用才可忽略不计, A 的读数接近于实际流过 R_X 的电流值。图 (a) 的接法称为电流表的内接法。

由线路 (b) 可知, 只有当 $R_X \gg R_A$ 时, R_A 的分压作用才可忽略不计, V 的读数接近于 R_X 两端的电压值。图 (b) 的接法称为电流表的外接法。

实际应用时, 应根据不同情况选用合适的测量线路, 才能获得较准确的测量结果。以下举一实例。

在图 1-4 中, 设: $U=20V$, $R_A=100\Omega$, $R_V=20K\Omega$ 。假定 R_X 的实际值为 $10K\Omega$ 。

如果采用线路 (a) 测量, 经计算, A、V 的读数分别为 $2.96mA$ 和 $19.73V$, 故

$$R_X = 19.73 \div 2.96 = 6.667(K\Omega), \quad \text{相对误差为: } (6.667 - 10) \div 10 \times 100 = -33.3(\%)$$

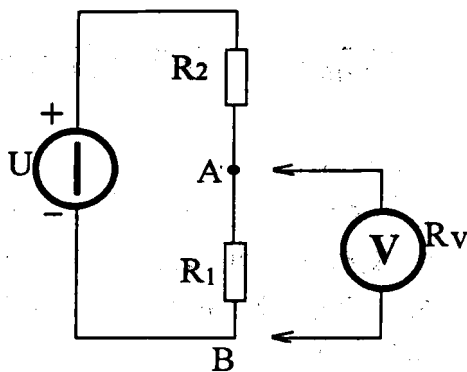
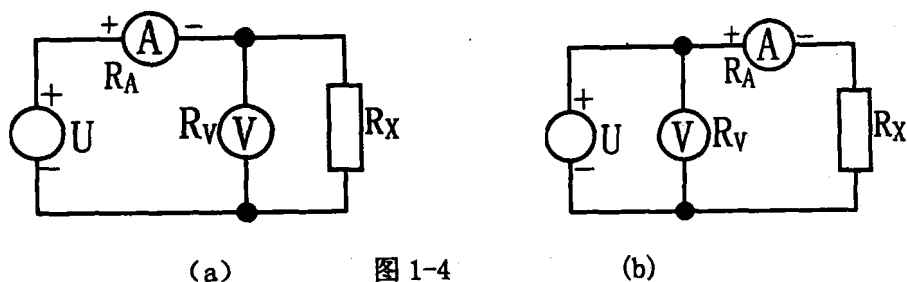


图 1-3

如果采用线路(b)测量, 经计算, A、V 的读数分别为 1.98mA 和 20V, 故
 $R_X = 20 \div 1.98 = 10.1(\text{K}\Omega)$, 相对误差为: $(10.1 - 10) \div 10 \times 100 = 1(\%)$



三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0~30V	二路	
2	可调恒流源	0~200mA	1	
3	指针式万用表	MF-500 型	1	
4	可调电阻箱	0~9999.9 Ω	1	
5	电阻器	按需选择		

四、实验内容

- 根据“分流法”原理测定指针式万用表 (MF-500 型) 直流电流 0.5mA 和 5mA 档量限的内阻。线路如图 1-1 所示。 R_B 可选用 DGJ-05 中的电阻箱 (下同)。

被测电流表量限	S 断开时的表读数 (mA)	S 闭合时的表读数 (mA)	R_B (Ω)	R_1 (Ω)	计算内阻 R_A (Ω)
0.5 mA					
5 mA					

- 根据“分压法”原理按图 1-2 接线, 测定指针式万用表直流电压 2.5V 和 10V 档量限的内阻。

被测电压表量限	S 闭合时表读数 (V)	S 断开时表读数 (V)	R_B (K Ω)	R_1 (K Ω)	计算内阻 R_V (K Ω)	S (Ω/V)
2.5V						
10V						

- 用指针式万用表直流电压 10V 档量程测量图 1-3 电路中 R_1 上的电压 U'_{R1} 之值, 并

计算测量的绝对误差与相对误差。

U	R_2	R_1	R_{10V} (K Ω)	计算值 U_{R1} (V)	实测值 U'_{R1} (V)	绝对误差 ΔU	相对误差 $(\Delta U/U) \times 100\%$
12V	10K Ω	50K Ω					

五、实验注意事项

1. 在开启电源开关前，应将两路电压源的输出调节旋钮调至最小（逆时针旋到底），并将恒流源的输出粗调旋钮拨到 2mA 档，输出细调旋钮应调至最小。接通电源后，再根据需要缓慢调节。

2. 当恒流源输出端接有负载时，如果需要将其粗调旋钮由低档位向高档位切换时，必须先将其细调旋钮调至最小。否则输出电流会突增，可能会损坏外接器件。

3. 电压表应与被测电路并联，电流表应与被测电路串联，并且都要注意正、负极性与量程的合理选择。

4. 实验内容 1、2 中， R_1 的取值应与 R_B 相近。

5. 本实验仅测试指针式仪表的内阻。由于所选指针表的型号不同，本实验中所列的电流、电压量程及选用的 R_B 、 R_1 等均会不同。实验时应按选定的表型自行确定。

六、思考题

1. 根据实验内容 1 和 2，若已求出 0.5mA 档和 2.5V 档的内阻，可否直接计算得出 5mA 档和 10V 档的内阻？

2. 用量程为 10A 的电流表测实际值为 8A 的电流时，实际读数为 8.1A，求测量的绝对误差和相对误差。

七、实验报告

1. 列表记录实验数据，并计算各被测仪表的内阻值。

2. 分析实验结果，总结应用场合。

3. 对思考题的计算。

实验二 减小仪表测量误差的方法

一、实验目的

1. 进一步了解电压表、电流表的内阻在测量过程中产生的误差及其分析方法。
2. 掌握减小因仪表内阻所引起的测量误差的方法。

二、原理说明

减小因仪表内阻而产生的测量误差的方法有以下两种：

1. 不同量限两次测量计算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时，可利用多量限仪表对同一被测量用不同量限进行两次测量，用所得读数经计算后可得到较准确的结果。

如图 2-1 所示电路，欲测量具有较大内阻 R_0 的电动势 U_s 的开路电压 U_0 时，如果所用电压表的内阻 R_v 与 R_0 相差不大时，将会产生很大的测量误差。

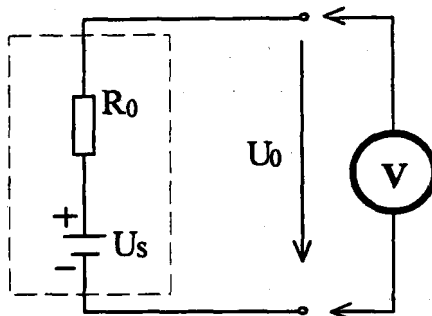


图 2-1

设电压表有两档量限， U_1 、 U_2 分别为在这两个不同量限下测得的电压值，令 R_{v1} 和 R_{v2} 分别为这两个相应量限的内阻，则由图 2-1 可得出

$$U_1 = \frac{R_{v1}}{R_0 + R_{v1}} \times U_s \quad U_2 = \frac{R_{v2}}{R_0 + R_{v2}} \times U_s$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 。其中 U_s (即 U_0) 为：

$$U_s = \frac{U_1 U_2 (R_{v2} - R_{v1})}{U_1 R_{v2} - U_2 R_{v1}}$$

由此式可知，当电源内阻 R_0 与电压表的内阻 R_v 相差不大时，通过上述的两次测量结果，即可计算出开路电压 U_0 的大小，且其准确度要比单次测量好得多。

对于电流表，当其内阻较大时，也可用类似的方法测得较准确的结果。如图 2-2 所示

电路，不接入电流表时的电流为 $I = \frac{U_s}{R}$ ，

接入内阻为 R_A 的电流表 A 时，电路中的电流变为 $I' = \frac{U_s}{R + R_A}$

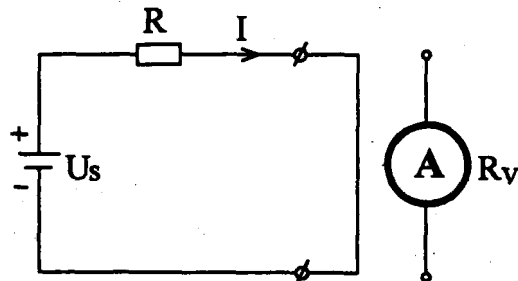


图 2-2

如果 $R_A = R$ ，则 $I' = I/2$ ，出现很大的误差。

如果用有不同内阻 R_{A1} 、 R_{A2} 的两档量限的电流表作两次测量并经简单的计算就可得到较准确的电流值。

按图 2-2 电路, 两次测量得

$$I_1 = \frac{U_s}{R + R_{A1}}$$

$$I_2 = \frac{U_s}{R + R_{A2}}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R , 进而可得: $I = \frac{U_s}{R} = \frac{I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2})}{I_1 R_{A1} - I_2 R_{A2}}$

2. 同一量限两次测量计算法

如果电压表(或电流表)只有一档量限, 且电压表的内阻较小(或电流表的内阻较大)时, 可用同一量限两次测量法减小测量误差。其中, 第一次测量与一般的测量并无两样。第二次测量时必须在电路中串入一个已知阻值的附加电阻。

(1) 电压测量——测量如图 2-3 所示电路的开路电压 U_0 。

设电压表的内阻为 R_v 。第一次测量, 电压表的读数为 U_1 。第二次测量时应与电压表串接一个已知阻值的电阻器 R , 电压表读数为 U_2 。由图可知

$$U_1 = \frac{R_v U_s}{R_0 + R_v} \quad U_2 = \frac{R_v U_s}{R_0 + R + R_v}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 , 其中 U_s (即 U_0) 为:

$$U_s = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_v (U_1 - U_2)}$$

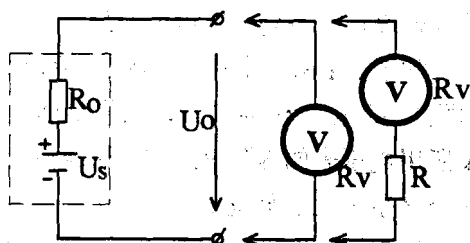


图 2-3

(2) 电流测量——测量如图 2-4 所示电路的电流 I

设电流表的内阻为 R_A 。第一次测量电流表的读数为 I_1 。第二次测量时应与电流表串接一个已知阻值的电阻器 R , 电流表读数为 I_2 。由图可知

$$I_1 = \frac{U_s}{R_0 + R_A} \quad I_2 = \frac{U_s}{R_0 + R_A + R}$$

由以上两式可解得 U_s 和 R_0 , 从而可得:

$$I = \frac{U_s}{R_0} = \frac{I_1 I_2 R}{I_2 (R_A + R) - I_1 R_A}$$

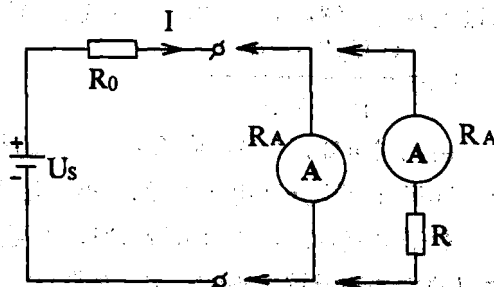


图 2-4

由以上分析可知, 当所用仪表的内阻与被测线路的电阻相差不大时, 采用多量限仪表不同量限两次测量法或单量限仪表两次测量法, 通过计算就可得到比单次测量准确得多的结果。

三、实验设备

序号	名 称	型号与规格	数 量	备注
1	直流稳压电源	0~30V	1	
2	指针式万用表	MF-500 型	1	
3	直流数字毫安表	0~200mA	1	
4	可调电阻箱	0~9999.9 Ω	1	
5	电阻器	按需选择		

四、实验内容

1. 双量限电压表两次测量法

按图 2-3 电路，实验中用直流稳压电源，取 $U_S=2.5V$ ， R_0 选用 50K Ω 。用指针式万用表的直流电压 2.5V 和 10V 两档量限进行两次测量，最后算出开路电压 U'_0 之值。

万用表电 压量限 (V)	内阻值 (K Ω)	两个量 限的测 量值 U (V)	电路计 算值 U_0 (V)	两次测量 计算值 U'_0 (V)	U 的相对 误差值 (%)	U'_0 的相对误差 (%)
2.5						
10						

$R_{2.5V}$ 和 R_{10V} 参照实验一的结果。

2. 单量限电压表两次测量法

实验线路同上。先用上述万用表直流电压 2.5V 量限档直接测量，得 U_1 。然后串接 $R=10K \Omega$ 的附加电阻器再一次测量，得 U_2 。计算开路电压 U'_0 之值。

实际计算值	两次测量值		测量计算值	U_1 的相 对误差	U'_0 的相对误差
U_0 (V)	U_1 (V)	U_2 (V)	U'_0 (V)	(%)	

3. 双量限电流表两次测量法

按图 2-2 线路进行实验， $U_S=0.3V$ ， $R=300 \Omega$ (取自电阻箱)，用万用表 0.5mA 和 5mA 两档电流量限进行两次测量，计算出电路的电流值 I' 。

万用表电流量限	内阻值 (Ω)	两个量限的测量值 I_1 (mA)	电路计算值 I (mA)	两次测量计算值 I' (mA)	I_1 的相对误差 (%)	I' 的相对误差 (%)
0.5mA						
5mA						

$R_{0.5mA}$ 和 R_{5mA} 参照实验一的结果。

4. 单量限电流表两次测量法

实验线路同 3。先用万用表 0.5mA 电流量限直接测量，得 I_1 。再串联附加电阻 $R=30\Omega$ 进行第二次测量，得 I_2 。求出电路中的实际电流 I' 之值。

实际计算值	两次测量值		测量计算值	I_1 的相对误差	I' 的相对误差
I (mA)	I_1 (mA)	I_2 (mA)	I' (mA)	(%)	(%)

五、实验注意事项

1. 同实验一

2. 采用不同量限两次测量法时，应选用相邻的两个量限，且被测值应接近于低量限的满偏值。否则，当用高量限测量较低的被测值时，测量误差会较大。

3. 实验中所用的 MF-500 型万用表属于较精确的仪表。在大多数情况下，直接测量误差不会太大。只有当被测电压源的内阻 $> 1/5$ 电压表内阻或者被测电流源内阻 < 5 倍电流表内阻时，采用本实验的测量、计算法才能得到较满意的结果。

六、实验报告

1. 完成各项实验内容的计算

2. 实验的收获与体会

实验三 电路元件伏安特性的测绘

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测绘。

二、原理说明

任何一个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 $I=f(U)$ 来表示, 即用 I - U 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 3-1 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 3-1 中 b 曲线所示。

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

4. 稳压二极管是一种特殊的半导体二极管, 其正向特性与普通二极管类似, 但其反向特性较特别, 如图 3-1 中 d 所示。在反向电压开始增加时, 其反向电流几乎为零, 但当电压增加到某一数值时 (称为管子的稳压值, 有各种不同稳压值的稳压管) 电流将突然增加, 以后它的端电压将基本维持恒定, 当外加的反向电压继续升高时其端电压仅有少量增加。

注意: 流过二极管或稳压二极管的电流不能超过管子的极限值, 否则管子会被烧坏。

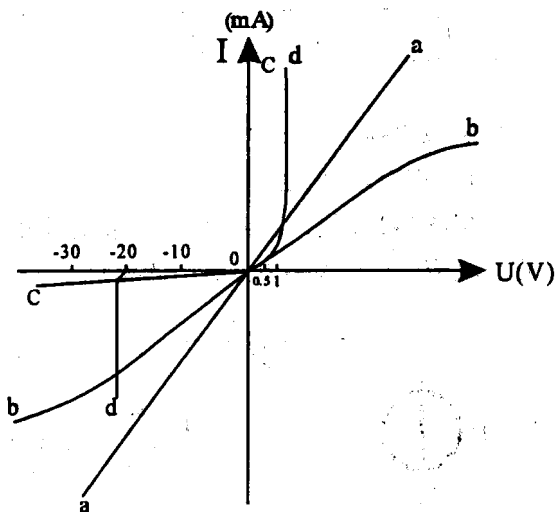


图 3-1

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	可调直流稳压电源	0~30V	1	
2	万用表	MF-500 型	1	
3	直流数字毫安表	0~200mA	1	
4	直流数字电压表	0~200V	1	
5	二极管	IN4007	1	
6	稳压管	2CW14	1	
7	白炽灯	6.3V, 0.1A	1	
8	线性电阻器	200 Ω , 1K Ω /8W	1	

四、实验内容

1. 测定线性电阻器的伏安特性

按图 3-2 接线, 调节稳压电源的输出电压 U , 从 0 伏开始缓慢地增加, 一直到 10V, 记下相应的电压表和电流表的读数 U_R 、 I 。将数据填入表一。

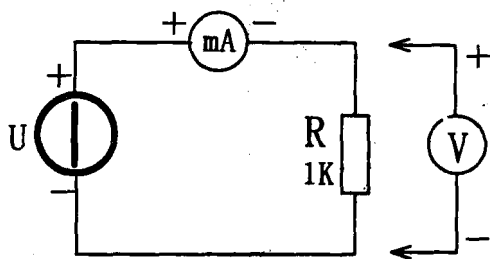


图 3-2

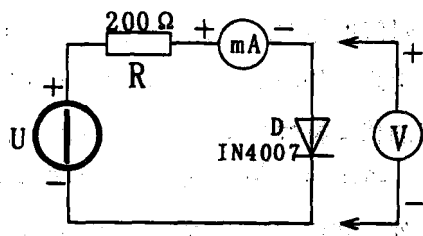


图 3-3

表一

U_R (V)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I (mA)											

2. 测定非线性白炽灯泡的伏安特性

将图 3-2 中的 R 换成一只 6.3V, 0.1A 的灯泡, 重复步骤 1。 U_L 为灯泡的端电压。将数据填入表二。

表二

U_L (V)	0.1	0.5	1	2	3	4	5
I (mA)							

3. 测定半导体二极管的伏安特性

按图 3-3 接线, R 为限流电阻器。测二极管的正向特性时, 其正向电流不得超过 35mA, 二极管 D 的正向施压 U_D 可在 0~0.75V 之间取值。在 0.5~0.75V 之间应多取几个测量点。

将数据填入表三。测反向特性时，只需将图 3-3 中的二极管 D 反接，且其反向施压 U_{D-} 可达 30V。将数据填入表四。

表三 正向特性实验数据

U_{D+} (V)	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.70
I (mA)								

表四 反向特性实验数据

U_{D-} (V)	0	-4	-5	-6	-6.20	-6.45	-6.36
I (mA)							

-6.8 -7 -7.2

4. 测定稳压二极管的伏安特性

-7.4

(1) 正向特性实验：将图 3-3 中的二极管换成稳压二极管 2CW14，重复实验内容 3 中的正向测量。 U_{Z+} 为 2CW14 的正向施压。将数据填入表五。

表五

U_{D+} (V)	0.10	0.30	0.50	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75
I (mA)								

(2) 反向特性实验：将图 3-3 中的 R 换成 1K Ω ，2CW14 反接，测量 2CW14 的反向特性。稳压电源的输出电压 U_O 从 0~20V，测量 2CW51 二端的电压 U_{Z-} 及电流 I，由 U_{Z-} 可看出其稳压特性。将数据填入表六。

表六

U_O (V)	6	8	10	12	14	16	18	20
U_{Z-} (V)								
I (mA)								

五、实验注意事项

1. 测二极管正向特性时，稳压电源输出应由小至大逐渐增加，应时刻注意电流表读数不得超过 35mA。
2. 如果要测定 2AP9 的伏安特性，则正向特性的电压值应取 0, 0.10, 0.13, 0.15, 0.17, 0.19, 0.21, 0.24, 0.30 (V)，反向特性的电压值取 0, 2, 4, ……，10(V)。
3. 进行不同实验时，应先估算电压和电流值，合理选择仪表的量程，勿使仪表超量程，仪表的极性亦不可接错。

六、思考题

1. 线性电阻与非线性电阻的概念是什么？电阻器与二极管的伏安特性有何区别？
2. 设某器件伏安特性曲线的函数式为 $I=f(U)$ ，试问在逐点绘制曲线时，其坐标变量应如何放置？
3. 稳压二极管与普通二极管有何区别，其用途如何？
4. 在图 3-3 中，设 $U=2V$ ， $U_{D+}=0.7V$ ，则 mA 表读数为多少？

七、实验报告

2. 根据实验结果, 总结、归纳被测各元件的特性。

[illegible]

CO ₂	H ₂ O	C ₆ H ₆	CH ₄	TEA	NH ₃	STC	0.5-1.0% (v/v)
							(1 cm.)

[illegible]

第10卷 第1期 中國社會科學院社會學研究所編 1980年1月 1—10頁

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
50 EAST LAKE STREET, CHICAGO, ILLINOIS 60607-7090

1. 凡在本行開辦之各項業務，均應遵守本行所訂之各項規章，並應隨時注意本行所訂之各項規章，如有違反者，應即予以處分。

...the fact that the *Journal of the American Medical Association* is the largest medical journal in the world, and that it is the only one that is published in English.

一、《说文解字》：《说文解字》是东汉许慎所著的一部文字学著作，它系统地分析了汉字的构造和演变，是研究汉字的重要文献。

实验四 基尔霍夫定律的验证

一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律的正确性，加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 学会用电流插头、插座测量各支路电流。

二、原理说明

基尔霍夫定律是电路的基本定律。测量某电路的各支路电流及每个元件两端的电压，应能分别满足基尔霍夫电流定律 (KCL) 和电压定律 (KVL)。即对电路中的任一个节点而言，应有 $\sum I=0$ ；对任何一个闭合回路而言，应有 $\sum U=0$ 。

运用上述定律时必须注意各支路或闭合回路中电流的正方向，此方向可预先任意设定。

三、实验设备

三、实验设备

序号	名称	型号与规格	数量	备注
1	直流可调稳压电源	0~30V	二路	
2	万用表	MF-500 型	1	
3	直流数字电压表	0~200V	1	
4	实验电路板		1	

四、实验内容

“基尔霍夫定律”线路。

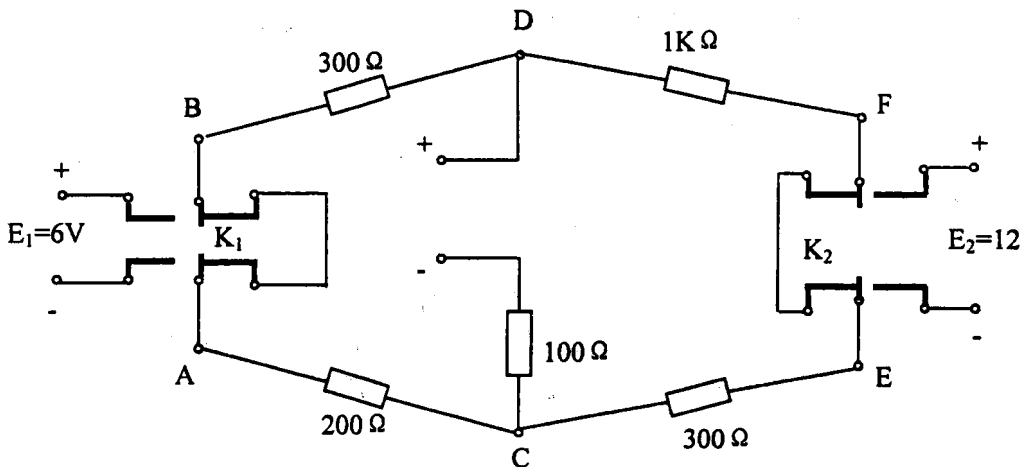


图 4-1

1. 实验前先任意设定三条支路和三个闭合回路的电流正方向。图 4-1 中的 I_1 、 I_2 、 I_3

的方向已设定。三个闭合回路的电流正方向可设为 ADEFA、BADCB 和 FBCEF。

2. 分别将两路直流稳压源接入电路，令 $U_1=6V$ ， $U_2=12V$ 。
3. 熟悉电流插头的结构，将电流插头的两端接至数字毫安表的“+、-”两端。
4. 将电流插头分别插入三条支路的三个电流插座中，读出并记录电流值。
5. 用直流数字电压表分别测量两路电源及电阻元件上的电压值，记录之。

被测量	$I_1(\text{mA})$	$I_2(\text{mA})$	$I_3(\text{mA})$	$U_1(\text{V})$	$U_2(\text{V})$	$U_{FA}(\text{V})$	$U_{AB}(\text{V})$	$U_{AD}(\text{V})$	$U_{CA}(\text{V})$	$U_{DE}(\text{V})$
计算值										
测量值										
相对误差										

五、实验注意事项

1. 同实验四的注意 1，但需用到电流插座。
2. 所有需要测量的电压值，均以电压表测量的读数为准。 U_1 、 U_2 也需测量，不应取电源本身的显示值。
3. 防止稳压电源两个输出端碰线短路。
4. 用指针式电压表或电流表测量电压或电流时，如果仪表指针反偏，则必须调换仪表极性，重新测量。此时指针正偏，可读得电压或电流值。若用数显电压表或电流表测量，则可直接读出电压或电流值。但应注意：所读得的电压或电流值的正确正、负号应根据设定的电流参考方向来判断。

六、预习思考题

1. 根据图 4-1 的电路参数，计算出待测的电流 I_1 、 I_2 、 I_3 和各电阻上的电压值，记入表中，以便实验测量时，可正确地选定毫安表和电压表的量程。
2. 实验中，若用指针式万用表直流毫安档测各支路电流，在什么情况下可能出现指针反偏，应如何处理？在记录数据时应注意什么？若用直流数字毫安表进行测量时，则会有什么显示呢？

七、实验报告

1. 根据实验数据，选定节点 A，验证 KCL 的正确性。
2. 根据实验数据，选定实验电路中的任一个闭合回路，验证 KVL 的正确性。
3. 将支路和闭合回路的电流方向重新设定，重复 1、2 两项验证。
4. 误差原因分析。