

# 绪 论

实验是帮助学生学习和运用理论处理实际问题,验证、消化和巩固基本理论,培养学生的实验技能、动手能力和分析问题及解决问题的能力,获得创新思维潜力和科学研究方法训练的重要环节。

对于电路课程来说,在系统学习了本学科理论知识的基础上,还要加强基本实验技能的训练,电路实验课即为这种技能训练的重要环节。电路实验是工科院校电类专业学生的主要实验课之一,属于专业基础实验课。实验质量的高低将直接影响学生实际动手能力的高低,而实际动手能力则关系到学生今后的工作和发展。因此,对电路实验课应该给予足够的重视。

## 一、电路实验课的目的

- (1) 通过实验,巩固、加深和丰富电路理论知识。
- (2) 学习正确使用电流表、电压表、变阻器等常用仪表和设备的方法,掌握并熟悉毫伏表、直流稳压电源、函数信号发生器、示波器等常用电子仪器的操作方法。
- (3) 掌握一些基本的电子测试技术。
- (4) 训练选择实验方法、整理实验数据、分析误差、绘制曲线、判断实验结果、写电类实验报告的能力。
- (5) 培养实事求是、严肃认真、细致踏实的科学作风和独立工作的能力。

## 二、电路实验课的基本要求

### 1. 实验仪器与仪表

正确使用电压表、电流表和万用表,会使用常用的一些电工设备;初步会用功率表和一些电子仪器、仪表及电子设备,如示波器、直流稳压电源、晶体管毫伏表。

### 2. 测试方法

电压、电流的测量,信号波形的观察方法,电阻器、电容器、电感器参数和电压、电流特性的测量及功率的测量。

### 3. 实验操作

能正确布局 and 连接实验电路,认真观察实验现象和正确读取数据,并有初步分析判断能

力；能初步分析和排除实验故障，要求具有实事求是的科学态度。

#### 4. 实验报告

能写出符合规格的实验报告，正确绘制实验曲线，做出初步的分析、解释。

### 三、电路实验课的进行

#### 1. 课前预习

实验效果的好坏与实验的预习密切相关。学生应事先认真阅读实验指导书，经过思考后，写出预习报告（也是正式报告的一部分），做到对每个实验心中有数。只有心中有数，才能做到有条不紊，主动观察实验现象，发现并分析问题，取得最佳实验效果。心中无数，必然手忙脚乱，完不成任务，达不到实验的目的与要求，甚至发生事故。预习重点如下。

- (1) 明确实验目的、任务与要求，估算实验结果。
- (2) 复习有关理论，看懂实验原理、方法，熟悉实验电路。
- (3) 了解所需的实验元件、仪器设备及其使用方法。

#### 2. 熟悉设备和接线

在接线之前应了解第一次使用的仪器、设备的接线端、刻度、各旋钮的位置及作用、电源开关位置，确定所用仪表及极性等。

应根据实验线路合理布置仪表及实验器材，以便接线、查对，便于操作及读数。对初学者来说，首先应按照电路图一一对应地进行布局与接线。较复杂的电路应先串联后并联，同时确认元件、仪器仪表的同名端、极性和公共参考点等与电路设定的方位一致，最后连接电源端。

接线时，应避免在同一端子上连接三根以上的连线（应分散接），减少因牵动（碰）一线而引起端子松动、接触不良或导线脱落的情况。电表的端子原则上只接一根线。改接线路时，应力求改动量最小，避免拆光重接。

#### 3. 通电操作及读数

线路接好后，经检查无误，并请指导教师复查后方可接通电源。通电操作时必须集中注意力观察电路的变化，如有异常，如声响、冒烟等现象，应立即断开电源，检查原因。接通电源后将设备检查一遍，观察一下实验现象，判断结果是否合理。若不合理，则线路有误，立即切断电源重新检查线路并修正；若结果合理，则可正式操作。读数时姿势要正确，思想要集中，以防止误读。数据要记录在事先准备的表格中，凌乱和无序的记录常常是造成错误和失败的原因。为了获得正确的数据，有时需要重新读取数据。要养成科学的态度，尊重原始数据，在写试验报告时若发现原始数据不合理，不得任意涂改，应当分析问题的原因。当需要读数的分布情况时，可随曲线的曲率的不同来选择读数点的数目，曲率较大处可多读几点。

#### 4. 实验结束

完成全部内容后，不要急于拆除线路，应先检查实验数据有无遗漏或不合理的情况，经

指导教师同意方可拆除线路,整理桌面,摆放好各种实验器材、用具,方可离开实验室。

### 5. 安全操作问题

实验过程中应随时注意安全,包括人身与设备的安全。除以上提到的一些注意事项外,还须特别注意以下几点。

(1) 当电源接通进行正常实验时,不可用手触及带电部分,改接或拆除电路时必须先断电。

(2) 使用仪器仪表设备前必须了解其性能和使用方法。切勿违反操作规范乱拨乱调旋钮,尤其注意不得超过仪表的量程和设备的额定值。

(3) 如果实验中用到调节器、电位器以及可变电阻器等设备,在电源接通前,应将其调节位置放在使用电路中的电流最小的地方,然后接通电源,再逐步调节电压、电流,使其缓慢上升,一旦发现异常,应立即切断电源。

## 四、电路实验故障的分析和处理

### 1. 故障的类型与原因

实验课中出现各种故障是难免的。学生通过对电路简单故障的分析、具体诊断和排除,逐步提高分析问题和解决问题的能力。在电路实验中,常见的故障多属开路、短路或介于两者之间这三种类型。无论何种类型,如不及时发现并排除,都会影响实验进行或造成损失。

故障原因大致有以下几种。

- (1) 实验线路连接有错误或实验者对实验供电系统设施不熟悉。
- (2) 元器件、仪器仪表、实验装置等使用条件不符或初始状态值设定不当。
- (3) 电源、实验电路、测试仪器之间公共参考点连接错误或参考点位置选择不当。
- (4) 接触不良或连接导线损坏。
- (5) 布局不合理。电路内部产生干扰。
- (6) 周围有强电设备,产生电磁干扰。

### 2. 故障检测

故障检测的方法很多,一般是根据故障类型确定部位,缩小范围,再在范围内逐点检查,最后找出故障点并予以排除。

#### 1) 检测方法

简单实用的检测方法就是万用表(电压挡或电阻挡)在通电或断电状态下去检查电路故障。

(1) 通电检测法。用万用表电压挡(或电压表)在接通电源的情况下进行故障检测,根据实验原理,电路中某两点应该有电压而万用表测不出电压;或某两点不应该有电压而万用表测出了电压,那么故障必在此两点间。

(2) 断电检查法。用万用表电阻挡在断开电源的情况下进行故障检测。根据实验原理,电路中某两点应该导通(或电阻极小),万用表测出开路(或电阻很大);或两点间应该开

路(或电阻很大),但测得的结果为短路(或电路很小),则故障在此两点间。

有时电路中有多种或多个故障,并且相互掩盖或影响,但只要耐心细致去分析查找,就一定能够检测出来。

在选择检测方法时,要针对故障类型和电路结构情况选用。如短路故障或电路工作电压较高(200V 以上),不宜用通电法(电阻挡)检测。因为这两种情况存在时,有损坏仪表、元件和触电的可能。

## 2) 检测顺序

一般情况下,按故障部位直接检测,当故障原因和部位不易确定时,按下列顺序进行。

(1) 检查电路接线有无错误。

(2) 检查电源供电系统,从电源进线、熔断器、闸刀开关至电路输入端子,依次检查各部分有无电压,是否符合标准。

(3) 主、副电路中元件、仪器仪表、开关连接导线是否完好且接触良好。

(4) 检测仪器部分,供电系统、输入、输出调节,显示及探头、接地点等。

# 五、数据整理与实验报告

## 1. 数据整理与曲线绘制

整理实验结果是实验的重要环节,通过整理及编写报告可以系统地理解实验教学中所获得的知识,建设清晰的概念。实验结果有数据、波形曲线、现象等。整理数据一般通过计算、描绘曲线、分析波形及现象,找出其中典型的、能说明问题的特征,并找到条件(参数)与结果之间的联系,从而说明电路的性质。整理数据时必须注意误差的判别。

实验曲线是以图形形式更直观地表达实验结果的语言,作好实验曲线的基本要点如下。

(1) 图纸选择要恰当。本实验课主要采用毫米方格纸,频率特性曲线采用对数坐标绘制效果更好。除特殊要求外,一般按照 1 : 1.5 矩形图面来作图。比例尺以处理后的实验数据为根据做合理选择。

(2) 坐标的分度要合理。坐标轴以 X 轴代表自变数,Y 轴代表应变数,坐标的分度就是坐标轴上每一格代表值的大小。分度的选择应使图纸上任一点的坐标容易读数。为了便于阅读,应将坐标轴的分度值标记出来,每个坐标轴必须注明名称和单位。

(3) 曲线绘制要细心。一般情况下把实验数据在坐标纸上用“O”、“\*”或“△”符号标出即可。按照所描的点作曲线应使用曲线板、曲线尺等作图仪器。描出的曲线应光滑匀整,不必强使曲线通过所有的点,但应与所有的点接近,同时使未被曲线经过的点大致均匀地分布在曲线的两侧。

(4) 加上必要的注释说明。在每一图形下面将曲线经过的意义清楚明确地写出,使阅读者一目了然。

## 2. 实验报告的要求和内容

实验报告是根据实测数据以及在实验中观察和发现的问题,经过自己的分析研究或分析讨论后写出的心得体会。实验报告应是学生进行实验的全过程总结。它既是完成教学

环节的凭证,也是今后编写其他工程(实验)报告的参考资料。因此,要求文字简洁、工整,曲线图表清晰,实验结论要有科学根据和分析。实验报告应包括以下内容。

- (1) 实验名称、专业班级、学号、姓名、实验日期。
- (2) 实验目的。
- (3) 实验原理与说明。
- (4) 实验任务。列出具体任务与要求,画出实验电路图,拟定主要步骤和数据纪录表格。
- (5) 实验仪器与设备。纪录实验中使用的仪器与设备的名称、型号、规格和数量。
- (6) 数据的整理和计算。
- (7) 按记录及计算的数据用坐标纸画出曲线,图纸尺寸不小于  $8\text{cm} \times 8\text{cm}$ ,曲线要用曲线尺或曲线板连成光滑曲线,不在曲线上的点仍按实际数据标出。
- (8) 根据数据和曲线进行计算和分析,说明实验结果与理论是否符合,可对某些问题提出一些自己的见解并最后写出结论。
- (9) 回答提出的思考题。

实验报告中的第(1)~第(5)项,应在预习时完成,实验中补充完善;第(6)~第(9)项应在实验中基本形成,实验结束后整理完善。

## 六、实验安全操作规程

为了按时完成电路实验,确保实验时的人身安全与设备安全,要严格遵守以下安全操作规程。

- (1) 实验时,人体不可接触带电线路。
- (2) 接线或拆线都必须在切断电源的情况下进行。
- (3) 学生独立完成接线或改接线路后必须经指导教师检查和允许,并引起组内其他同学注意后方可接通电源。实验中如发生事故,应立即切断电源,查清问题并妥善处理故障后,才能继续进行实验。
- (4) 应先检查功率表及电流表等仪表的量程是否符合要求,是否有短路回路存在,以免损坏仪表或电源。
- (5) 总电源或实验台控制屏上的电源接通应在实验指导人员允许后方可操作,其他人员不得自行合闸。

# 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、实验原理

(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,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的内阻大小密切相关。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”测量电流表内阻。

如图 1-1 所示,Ⓐ为被测内阻( $R_A$ )的直流电流表。测量时先断开开关 S,调节直流电流源的输出电流  $I$  使Ⓐ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  $I_A = I_S = I/2$ ,因此  $R_A = R_B // R_1$ 。 $R_1$  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”测量电压表内阻。

如图 1-2 所示,Ⓥ为被测内阻( $R_V$ )的直流电压表。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Ⓥ的指针为满偏转。然后断开开关 S,调节  $R_B$  使电压表Ⓥ的指示值减半,此时有

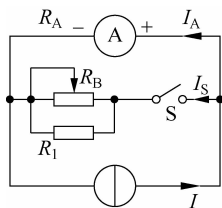


图 1-1 用“分流法”测量电流表内阻

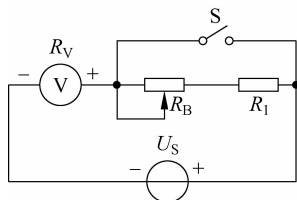


图 1-2 用“分压法”测量电压表内阻

$$R_V = R_B + R_1$$

电压表的灵敏度为

$$S = R_V / U_s (\Omega/V)$$

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。

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

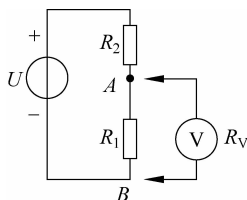


图 1-3 方法误差的测量

现用一内阻为  $R_V$  的电压表来测量  $U_{R_1}$  值, 当  $R_V$  与  $R_1$  并联后,  $R_{AB} = R_V R_1 / (R_V + R_1)$ , 以此来替代上式中的  $R_1$ , 则得

$$U'_{R_1} = \frac{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1}}{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1} + R_2} U$$

绝对误差为

$$\Delta U = U'_{R_1} - U_{R_1} = \left[ \frac{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1}}{\frac{R_V + R_1}{R_V R_1} + R_2} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right] U$$

化简后得

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

若  $R_1 = R_2 = R_V$ , 则得  $\Delta U = -U/6$ 。

相对误差为  $\Delta U\% = [(U'_{R_1} - U_{R_1}) / U_{R_1}] \times 100\% = [(-U/6) / (U/2)] \times 100\% = -33.3\%$ 。

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。

### 三、实验设备

|          |           |     |
|----------|-----------|-----|
| 可调直流稳压电源 | 0~30V     | 一台  |
| 可调直流恒流源  | 0~500mA   | 一台  |
| 指针式万用表   | MF-47 或其他 | 一只  |
| 元件箱      | TKDG-05   | 一挂箱 |

四、实验内容与步骤

根据“分流法”原理测定指针式万用表(MF-47 型或其他型号)直流毫安表 0.5mA 和 5mA 挡量限的内阻。线路如图 1-1 所示,测量数据记入表 1-1 中。

表 1-1

| 被测电流表量程 | S 断开时的表读数/mA | S 闭合时的表读数/mA | $R_B/\Omega$ | $R_1/\Omega$ | 计算内阻 $R_A/\Omega$ |
|---------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------------|
| 0.5mA   |              |              |              |              |                   |
| 5 mA    |              |              |              |              |                   |

(1) 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 挡量限的内阻。测量数据记入表 1-2 中。

表 1-2

| 被测电压表量程 | S 闭合时的表读数/V | S 断开时的表读数/V | $R_B/k\Omega$ | $R_1/k\Omega$ | 计算内阻 $R_V/k\Omega$ | $S/(\Omega/V)$ |
|---------|-------------|-------------|---------------|---------------|--------------------|----------------|
| 2.5V    |             |             |               |               |                    |                |
| 10V     |             |             |               |               |                    |                |

(2) 用指针式万用表直流电压 10V 挡量限测量图 1-3 电路中  $R_1$  上的电压  $U'_{R_1}$  之值,并计算测量的绝对误差与相对误差。测量数据记入表 1-3 中。

表 1-3

| $U$ | $R_2$        | $R_1$        | $R_{10V}/k\Omega$ | 计算值 $U_{R_1}/V$ | 实测值 $U'_{R_1}/V$ | 绝对误差/V | 相对误差/% |
|-----|--------------|--------------|-------------------|-----------------|------------------|--------|--------|
| 10V | 10k $\Omega$ | 50k $\Omega$ |                   |                 |                  |        |        |

五、预习要求

(1) 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。

(2) 如图 1-4(a)、图 1-4(b)所示为伏安法测量电阻的两种电路,被测电阻的实际阻值为  $R_X$ ,电压表的内阻为  $R_V$ ,电流表的内阻为  $R_A$ ,求两种电路测量电阻  $R_X$  的相对误差。

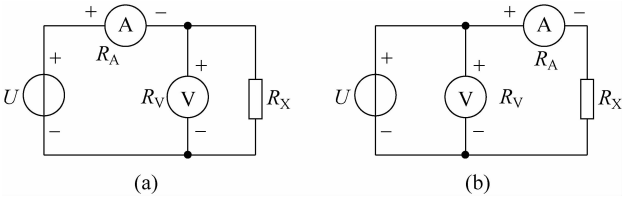


图 1-4 伏安法测量电阻的两种电路

## 六、注意事项

(1) 在开启 DG04 挂箱的电源开关前,应将两路直流稳压电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 挡,输出细调旋钮应调至最小。接通电源后,再根据实验需要缓慢调节。

(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挡位向高档位切换,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,并且都注意正、负极性以及量程的合理选择。

(4) 实验内容(1)和(2)中, $R_1$  与  $R_B$  并联,可使阻值调节比单只电阻容易。 $R_1$  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,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。

## 七、思考题

根据实验内容(1)和实验内容(2),若已求出 0.5mA 挡和 2.5V 挡的内阻,可否直接计算得出 5mA 挡和 10V 挡的内阻?

## 八、实验报告要求

- (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、实验原理

减小因仪表内阻而产生的测量误差的方法有以下两种。

### 1. 不同量程两次测量计算法

当电压表的灵敏度不够高或电流表的内阻太大时,可利用多量程仪表对同一被测量对象用不同量程进行两次测量,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,将会产生很大的测量误差。

设电压表有两挡量程,  $U_1$ 、 $U_2$  分别为在这两个不同量程下测得的电压值,令  $R_{V1}$  和  $R_{V2}$  分别为这两个相应量程的内阻,则由图 2-1 可得出

$$U_1 = \frac{R_{V1}}{R_0 + R_{V1}} \times U_s \quad U_2 = \frac{R_{V2}}{R_0 + R_{V2}} \times U_s$$

对以上两式进行整理,消去电源内阻  $R_0$  化简为

$$U_s = \frac{U_1 U_2 (R_{V2} - R_{V1})}{U_1 R_{V2} - U_2 R_{V1}}$$

由上式可知,通过上述两次的测量结果,即可计算出开路电压  $U_0$  的大小,而与电源内阻  $R_0$  的大小无关,其准确度要比单次测量好得多。

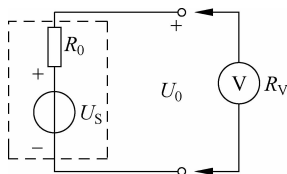


图 2-1 用电压表两挡量程两次测量法测  $U_s$

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。电路如图 2-2 所示,不接入电流表时的电流,即短路电流为

$$I = U_s / R_0$$

接入内阻为  $R_A$  的电流表 A 时,电路中的电流变为

$$I' = U_S / (R_0 + R_A)$$

如果  $R_A = R_0$ , 则  $I' = I/2$ , 出现很大的误差。

如果用有不同内阻  $R_{A1}$ 、 $R_{A2}$  的两挡量限的电流表做两次测量并经简单的计算就可得到较准确的电流值。

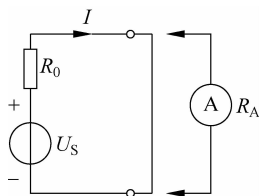


图 2-2 用电流表两挡量限两次测量法测  $I$

按图 2-2 电路,两次测量得

$$I_1 = U_S / (R_0 + R_{A1})$$

$$I_2 = U_S / (R_0 + R_{A2})$$

由以上两式可解得短路电流为

$$I = U_S / R_0 = I_1 I_2 (R_{A1} - R_{A2}) / (I_1 R_{A1} - I_2 R_{A2})$$

由上式可知,通过两挡不同量限测量结果  $I_1$ 、 $I_2$  可准确地计算出被测电流  $I$  的大小。

## 2. 同一量限两次测量计算法

如果电压表(或电流表)只有一挡量限,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不同。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  $U_0$ 。

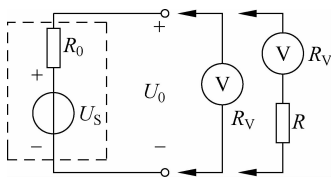


图 2-3 用电压表同一量限两次测量法测  $U_S$

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,

$$\begin{cases} U_1 = \frac{R_V U_S}{R_0 + R_V} \\ U_2 = \frac{R_V U_S}{R_0 + R_V + R} \end{cases}$$

由以上两式可解得

$$U_S = U_0 = \frac{R U_1 U_2}{R_V (U_1 - U_2)}$$

(2) 电流测量。测量如图 2-4 所示电路的电流  $I$ 。

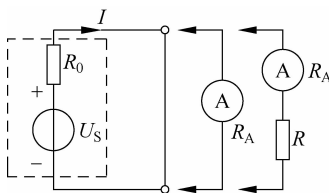


图 2-4 用电流表同一量限两次测量法测  $I$

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联一个已知阻值的电阻器  $R$ , 电流表读数为  $I_2$ 。由图可知,

$$\begin{cases} I_1 = \frac{U_s}{R_0 + R_A} \\ I_2 = \frac{U_s}{R_0 + R_A + R} \end{cases}$$

由以上两式可解得

$$U_s = \frac{I_1 I_2 R}{I_1 - I_2}$$

所以不接入电流表时的短路电流为

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

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

|          |           |     |
|----------|-----------|-----|
| 可调直流稳压电源 | 0~30V     | 一台  |
| 指针式万用表   | MF-47 或其他 | 一只  |
| 直流数字毫安表  | 0~2000mA  | 一只  |
| 元件箱      | TKDG-05   | 一挂箱 |

### 四、实验内容与步骤

#### 1. 双量限电压表两次测量法

按图 2-3 电路, 实验中利用实验台上的一路直流稳压电源, 取  $U_s = 2.5\text{V}$ ,  $R_0$  选用  $50\text{k}\Omega$ 。用指针式万用表的直流电压  $2.5\text{V}$  和  $10\text{V}$  两挡量限进行两次测量, 最后算出开路电压  $U'_0$  之值。将测量数据记入表 2-1 中。

表 2-1

| 万用表电压<br>量限/V | 内阻值/k $\Omega$ | 两个量限测<br>量值 $U/V$ | 开路电压实<br>际值 $U_0/V$ | 两次测量计<br>算值 $U'_0/V$ | 绝对误差/V | 相对误差/% |
|---------------|----------------|-------------------|---------------------|----------------------|--------|--------|
| 2.5           |                |                   |                     |                      |        |        |
| 10            |                |                   |                     |                      |        |        |

$R_{2.5V}$  和  $R_{10V}$  的取值参照实验一的结果。

## 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 量限挡直接测量,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,填入表 2-2 中。

表 2-2

| 开路电压实际<br>值 $U_0/V$ | 两次测量值   |         | 测量计算<br>值 $U'_0/V$ | 绝对误差/V | 相对误差/% |
|---------------------|---------|---------|--------------------|--------|--------|
|                     | $U_1/V$ | $U_2/V$ |                    |        |        |
|                     |         |         |                    |        |        |

## 3. 双量限电流表两次测量法

按图 2-4 线路进行实验, $U_s=3V$ , $R=6.2k\Omega$ (取自电阻箱),用万用表 0.5mA 和 5mA 两挡电流量限进行两次测量,计算出电路的电流值  $I'$ ,填入表 2-3 中。

表 2-3

| 万用表电<br>流量限 | 内阻值/ $\Omega$ | 两个量限测<br>量值 $I_1/mA$ | 电流实际算<br>值 $I/mA$ | 两次测量计<br>算值 $I'/mA$ | 绝对误差/V | 相对误差/% |
|-------------|---------------|----------------------|-------------------|---------------------|--------|--------|
| 0.5mA       |               |                      |                   |                     |        |        |
| 5mA         |               |                      |                   |                     |        |        |

$R_{0.5mA}$  和  $R_{5mA}$  的取值参照实验一的结果。

## 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,填入表 2-4 中。

表 2-4

| 电流实际<br>值 $I/mA$ | 两次测量值    |          | 测量计算<br>值 $I'/mA$ | 绝对误差/mA | 相对误差/% |
|------------------|----------|----------|-------------------|---------|--------|
|                  | $I_1/mA$ | $I_2/mA$ |                   |         |        |
|                  |          |          |                   |         |        |

## 五、注意事项

(1) 在开启 DG04 挂箱的电源开关前,应将两路直流稳压电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 挡,输出细调旋钮应调至最小。接通电源后,再根据实验需要缓慢调节。

(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-47 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、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。
- (3) 掌握实验台上直流电工仪表和设备的使用方法。

## 二、实验原理

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 中的  $a$  曲线所示,该直线斜率的倒数等于该电阻器的电阻值。

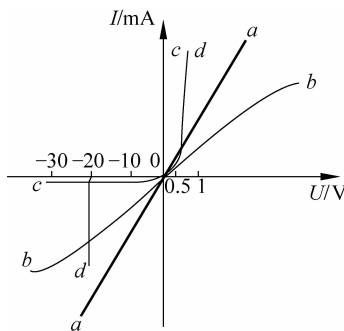


图 3-1 电阻元件的伏安特性曲线

(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 中的  $b$  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 中的  $c$  曲线所示。正向压降很小(一般的锗管为  $0.2\sim 0.3\text{V}$ ,硅管为  $0.5\sim 0.7\text{V}$ ),正向电流随正向压降的升高而急剧上升,而反向电压从零一直增加到十几至几十伏时,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 中的  $d$  曲线所示。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。

三、实验设备

|          |                      |    |
|----------|----------------------|----|
| 可调直流稳压电源 | 0~30V                | 一台 |
| 万用表      | FM-47或其他             | 一只 |
| 直流数字毫安表  | 0~2000mA             | 一只 |
| 直流数字电压表  | 0~200V               | 一只 |
| 二极管      | TKDG-05: IN4007      | 一只 |
| 稳压管      | TKDG-05: 2CW51       | 一只 |
| 白炽灯      | TKDG-05: 12V,0.1A    | 一只 |
| 线性电阻器    | TKDG-05: 200Ω,1kΩ/3W | 一只 |

四、实验内容与步骤

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 0V 开始缓慢地增加,一直到 10V 左右,记下相应的电压表和电流表的读数  $U_R$ 、 $I$  到表 3-1 中。

表 3-1

|         |  |
|---------|--|
| $U_R/V$ |  |
| $I/mA$  |  |

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 12V,0.1A 的灯泡,重复步骤 1。 $U_L$  为灯泡的端电压,记录到表 3-2 中。

表 3-2

|         |  |
|---------|--|
| $U_L/V$ |  |
| $I/mA$  |  |

3. 测定半导体二极管 IN4007 的伏安特性

按图 3-3 接线, $R$  为限流电阻。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  $0 \sim 0.75\text{V}$  取值。在  $0.5 \sim 0.75\text{V}$  应多取几个测量点。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  $30\text{V}$  左右。正向特性实验数据表如表 3-3 所示。

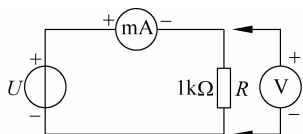


图 3-2 电阻伏安特性测定

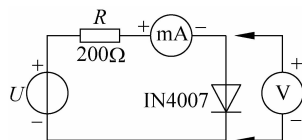


图 3-3 二极管伏安特性测定

表 3-3

|                   |  |
|-------------------|--|
| $U_{D+}/\text{V}$ |  |
| $I/\text{mA}$     |  |

反向特性实验数据表如表 3-4 所示。

表 3-4

|                   |  |
|-------------------|--|
| $U_{D-}/\text{V}$ |  |
| $I/\text{mA}$     |  |

#### 4. 测定稳压二极管的伏安特性

将图 3-3 中的二极管 IN4007 换成稳压二极管 2CW51,重复实验内容 3 进行测量。其正反向电流不能超过  $\pm 20\text{mA}$ 。实验数据记入表 3-5、表 3-6 中。

表 3-5

|                   |  |
|-------------------|--|
| $U_{Z+}/\text{V}$ |  |
| $I/\text{mA}$     |  |

表 3-6

|                   |  |
|-------------------|--|
| $U_{Z-}/\text{V}$ |  |
| $I/\text{mA}$     |  |

## 五、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  $35\text{mA}$ 。

(2) 如果要测定 2AP9 的伏安特性,则正向特性的电压值应取  $0\text{V}, 0.10\text{V}, 0.13\text{V}, 0.15\text{V}, 0.17\text{V}, 0.19\text{V}, 0.21\text{V}, 0.24\text{V}, 0.30\text{V}$ ,反向特性的电压值取  $0\text{V}, 2\text{V}, 4\text{V}, \dots, 10\text{V}$ 。

(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  $U=2\text{V}$ ,  $U_{D+}=0.7\text{V}$ , 则毫安表读数为多少?

## 七、实验报告要求

- (1) 根据各实验数据, 分别在方格纸上绘制出光滑的伏安特性曲线。(其中二极管和稳压管的正、反向特性均要求画在同一张图中, 正、反向电压可取不同的比例尺。)
- (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。

# 实验四 电位、电压的测定及 电路电位图的绘制

## 一、实验目的

- (1) 验证电路中电位的相对性、电压的绝对性。
- (2) 掌握电路电位图的绘制方法。

## 二、实验原理

在一个闭合电路中,各点电位的高低视所选的电位参考点的不同而变,但任意两点间的电位差(即电压)则是绝对的,它不因参考点的变动而改变。

电位图是一种平面坐标一、坐标四两象限内的折线图。其纵坐标为电位值,横坐标为各被测点。要制作某一电路的电位图,先要以一定的顺序对电路中各被测点编号。以图 4-1 的电路为例,如图中的  $A \sim F$ ,并在坐标横轴上按顺序、均匀间隔标上  $A、B、C、D、E、F$ 。再根据测得的各点电位值,在各点所在的垂直线上描点。用直线依次连接相邻两个电位点,即得该电路的电位图。

在电位图中,任意两个被测点的纵坐标值之差即为该两点之间的电压值。在电路中电位参考点可任意选定。对于不同的参考点,所绘出的电位图形是不同的,但其各点电位变化的规律却是一样的。

## 三、实验设备

|              |          |     |
|--------------|----------|-----|
| 可调直流稳压电源     | 0~30V 双路 | 一台  |
| 万用表          |          | 一只  |
| 直流数字电压表      | 0~200V   | 一只  |
| 电位、电压测定实验电路板 | TKDG-03  | 一挂箱 |

## 四、实验内容与步骤

利用 TKDG-03 实验挂箱上的“基尔霍夫定律/叠加原理”实验电路板,按图 4-1 接线。

(1) 分别将两路直流稳压电源接入电路,令  $U_1 = 6V, U_2 = 12V$ 。(先调准输出电压值,再接入实验线路中。)

(2) 以图 4-1 中的  $A$  点作为电位的参考点,分别测量  $B、C、D、E、F$  各点的电位值  $V$  及

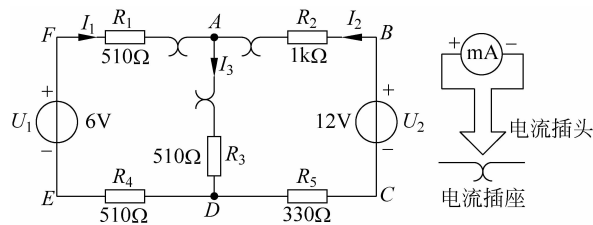


图 4-1 测定电位、电压的实验电路

相邻两点之间的电压值  $U_{AB}$ 、 $U_{BC}$ 、 $U_{CD}$ 、 $U_{DE}$ 、 $U_{EF}$  及  $U_{FA}$ ，将数据记录于表 4-1 中。

(3) 以  $D$  点作为参考点，重复实验内容(2)的步骤，将数据记录于表 4-1 中，并用测量值按电位差计算电压。

表 4-1

| 电位参考点 | 测量值/V |       |       |       |       |       | 用测量值进行计算/V |          |          |          |          |          |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|       | $V_A$ | $V_B$ | $V_C$ | $V_D$ | $V_E$ | $V_F$ | $U_{AB}$   | $U_{BC}$ | $U_{CD}$ | $U_{DE}$ | $U_{EF}$ | $U_{FA}$ |
| $A$   |       |       |       |       |       |       |            |          |          |          |          |          |
| $D$   |       |       |       |       |       |       |            |          |          |          |          |          |

五、注意事项

(1) 本实验电路板由多个实验通用，本次实验不使用电流插头。DG05 上的  $K_3$  应拨向  $330\Omega$  侧，三个故障按键均不得按下。

(2) 测量电位时，用指针式万用表的直流电压挡或用直流数字电压表测量时，用负表棒（黑色）接参考电位点，用正表棒（红色）接被测各点。若指针正向偏转或数显表显示正值，则表明该点电位为正（即高于参考点电位）；若指针反向偏转或数显表显示负值，此时应调换万用表的表棒，然后读出数值，此时在电位值之前应加一负号（表明该点电位低于参考点电位）。数显表也可不调换表棒，直接读出负值。

六、思考题

若以  $F$  点为参考电位点，请通过实验测得各点的电位值；现令  $E$  点为参考电位点，试问此时各点的电位值有何变化？

七、实验报告要求

(1) 根据实验数据，绘制两个电位图形，并对照观察各对应两点间的电压情况。两个电位图的参考点不同，但各点的相对顺序应一致，以便对照。

(2) 完成数据表格中的计算，对误差做必要的分析。

(3) 总结电位相对性和电压绝对性的结论。

# 实验五 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、实验原理

基尔霍夫定律是求解复杂电路的电学基本定律。19 世纪 40 年代,由于电气技术的发展十分迅速,电路变得越来越复杂。某些电路呈现出网络形状,并且网络中还存在一些由三条或三条以上支路形成的交点(节点)。这种复杂电路不是串联、并联电路的公式所能解决的。刚从德国哥尼斯堡大学毕业,年仅 21 岁的基尔霍夫在他的第一篇论文中提出了适用于这种网络状电路计算的两个定律,即著名的基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)。该定律能够迅速地求解任何复杂电路,从而成功地解决了这个阻碍电气技术发展的难题。基尔霍夫定律建立在电荷守恒定律、欧姆定律及电压环路定理的基础之上,在稳恒电流条件下严格成立。当基尔霍夫电流定律(KCL)和电压定律(KVL)联合使用时,可正确迅速地计算出电路中各支路的电流值。由于似稳电流(低频交流电)具有的电磁波长远大于电路的尺度,所以它在电路中每一瞬间的电流与电压均能在足够好的程度上满足基尔霍夫定律。因此,基尔霍夫定律的应用范围也可扩展到交流电路之中。

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电流或闭合回路的正方向,此方向可预先任意设定。

## 三、实验设备

|              |          |     |
|--------------|----------|-----|
| 可调直流稳压电源     | 0~30V 双路 | 一台  |
| 万用表          |          | 一只  |
| 直流数字电压表      | 0~200V   | 一只  |
| 电位、电压测定实验电路板 | TKDG-03  | 一挂箱 |

## 四、实验内容与步骤

实验线路与实验四图 4-1 相同,用 TKDG-03 挂箱的“基尔霍夫定律/叠加原理”电路板。

(1) 实验前先任意设定三条支路电流正方向。如图 4-1 所示, $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$  的方向已设定,闭合回路的正方向可任意设定。

(2) 分别将两路直流稳压源接入电路,令  $U_1=6\text{V}$ ,  $U_2=12\text{V}$ 。

(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,读出并记录电流值填入表 5-1。

(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,记录后填入表 5-1。

表 5-1

| 被测量  | $I_1/\text{mA}$ | $I_2/\text{mA}$ | $I_3/\text{mA}$ | $U_1/\text{V}$ | $U_2/\text{V}$ | $U_{FA}/\text{V}$ | $U_{AB}/\text{V}$ | $U_{AD}/\text{V}$ | $U_{CD}/\text{V}$ | $U_{DE}/\text{V}$ |
|------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 计算值  |                 |                 |                 |                |                |                   |                   |                   |                   |                   |
| 测量值  |                 |                 |                 |                |                |                   |                   |                   |                   |                   |
| 相对误差 |                 |                 |                 |                |                |                   |                   |                   |                   |                   |

## 五、预习要求

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。

## 六、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,但读得电压或电流值必须冠以负号。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。

## 七、思考题

实验中,若用指针式万用表直流毫安挡测各支路电流,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,会有什么显示?

## 八、实验报告要求

- (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) 将各支路电流和闭合回路的方向重新设定,重复(1)、(2)两项验证。
- (4) 误差原因分析。

# 实验六 叠加原理的验证

## 一、实验目的

验证线性电路叠加原理的正确性,加深对线性电路叠加性和齐次性的认识和理解。

## 二、实验原理

叠加原理指出,在多个独立源共同作用下的线性电路中,通过每一个元件的电流或其两端的电压,可以看成由每一个独立源单独作用时在该元件上所产生的电流或电压的代数和。

线性电路的齐次性是指当激励信号(某独立源的值)增加或减小  $K$  倍时,电路的响应(即在电路中各电阻元件上所建立的电流和电压值)也将增加或减小  $K$  倍。

## 三、实验设备

|           |          |     |
|-----------|----------|-----|
| 可调直流稳压电源  | 0~30V 双路 | 一台  |
| 直流数字电压表   | 0~200V   | 一只  |
| 直流数字毫安表   | 0~200mA  | 一只  |
| 叠加原理实验电路板 | TKDG-03  | 一挂箱 |

## 四、实验内容与步骤

实验线路如图 6-1 所示,用 TKDG-03 挂箱的“基尔霍夫定律/叠加原理”电路板。

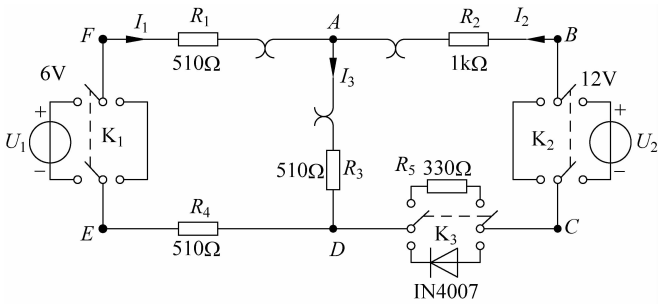


图 6-1 叠加原理实验电路

(1) 将两路稳压源的输出分别调节为 6V、12V, 接入  $U_1$  和  $U_2$  处。开关  $K_3$  投向  $R_5$  侧。

(2) 令  $U_1$  电源单独作用(将开关  $K_1$  投向  $U_1$  侧, 开关  $K_2$  投向短路侧)。用直流数字电压表和直流数字毫安表(接电流插头)测量各支路电流及各电阻元件两端的电压, 记录测量数据并填入表 6-1 中。

表 6-1

| 测量项目<br>实验内容       | $U_1/\text{V}$ | $U_2/\text{V}$ | $I_1/\text{mA}$ | $I_2/\text{mA}$ | $I_3/\text{mA}$ | $U_{AB}/\text{V}$ | $U_{CD}/\text{V}$ | $U_{AD}/\text{V}$ | $U_{DE}/\text{V}$ | $U_{FA}/\text{V}$ |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $U_1$ 单独作用         |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $U_2$ 单独作用         |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $U_1$ 、 $U_2$ 共同作用 |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $2U_1$ 单独作用        |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |

(3) 令  $U_2$  电源单独作用(将开关  $K_1$  投向短路侧, 开关  $K_2$  投向  $U_2$  侧), 重复实验步骤(2)的测量, 记录测量数据并填入表 6-1 中。

(4) 令  $U_1$  和  $U_2$  共同作用(开关  $K_1$  和  $K_2$  分别投向  $U_1$  和  $U_2$  侧), 重复上述的测量, 记录测量数据并填入表 6-1 中。

(5) 将  $U_1$  的数值调至 +12V, 重复上述第(3)项的测量, 记录测量数据并填入表 6-1 中。

(6) 将  $R_5$  ( $330\Omega$ ) 换成二极管 IN4007(即将开关  $K_3$  投向二极管 IN4007 侧), 重复(1)~(5)的测量过程, 记录测量数据并填入表 6-2 中。

表 6-2

| 测量项目<br>实验内容       | $U_1/\text{V}$ | $U_2/\text{V}$ | $I_1/\text{mA}$ | $I_2/\text{mA}$ | $I_3/\text{mA}$ | $U_{AB}/\text{V}$ | $U_{CD}/\text{V}$ | $U_{AD}/\text{V}$ | $U_{DE}/\text{V}$ | $U_{FA}/\text{V}$ |
|--------------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| $U_1$ 单独作用         |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $U_2$ 单独作用         |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $U_1$ 、 $U_2$ 共同作用 |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |
| $2U_1$ 单独作用        |                |                |                 |                 |                 |                   |                   |                   |                   |                   |

(7) 任意按下某个故障设置按键, 重复实验内容(4)的测量和记录, 再根据测量结果判断故障的性质。

## 五、注意事项

(1) 用电流插头测量各支路电流时, 或者用电压表测量电压降时, 应注意仪表的极性, 正确判断测得值的+、-号后, 记入数据表格。

(2) 注意仪表量程的及时更换。

## 六、思考题

(1) 在叠加原理实验中, 要令  $U_1$ 、 $U_2$  分别单独作用, 应如何操作? 可否直接将不作用的

电源( $U_1$ 或 $U_2$ )短接置零?

(2) 实验电路中,若有一个电阻器改为二极管,试问叠加原理的叠加性与齐次性还成立吗?为什么?

## 七、实验报告要求

(1) 根据实验数据验证线性电路的叠加性与齐次性。

(2) 各电阻器所消耗的功率能否用叠加原理计算得出?试用上述实验数据,进行计算并得出结论。

(3) 对实验步骤(6)进行分析,你能得出什么样的结论?

# 实验七 电压源与电流源的等效变换

## 一、实验目的

- (1) 掌握电源外特性的测试方法。
- (2) 验证电压源与电流源等效变换的条件。

## 二、实验原理

(1) 一个直流稳压电源在一定的电流范围内,具有很小的内阻。故在实验中,常将它视为一个理想的电压源,即其输出电压不随负载电流而变。其外特性曲线,即其伏安特性曲线  $U=f(I)$  是一条平行于  $I$  轴的直线。

一个恒流源在实验中,在一定的电压范围内,可视为一个理想的电流源,即其输出电流不随负载的改变而改变。

(2) 一个实际的电压源(或电流源),其端电压(或输出电流)不可能不随负载而变,因它具有一定的内阻值。故在实验中,用一个小阻值的电阻(或大电阻)与稳压源(或恒流源)相串联(或并联)来模拟一个实际的电压源(或电流源)。

(3) 如图 7-1 所示,一个实际的电源,就其外部特性而言,既可以看成一个电压源,又可以看成一个电流源。若视为电压源,则可用一个理想的电压源  $U_s$  与一个电阻  $R_0$  相串联的组合来表示;若视为电流源,则可用一个理想电流源  $I_s$  与一电导  $g_0$  相并联的组合来表示。如果这两种电源能向同样大小的负载提供同样大小的电流和端电压,则称这两个电源是等效的,即具有相同的外特性。

一个电压源与一个电流源等效变换的条件为

$$I_s = U_s / R_0, g_0 = 1 / R_0 \quad \text{或} \quad U_s = I_s R_0, R_0 = 1 / g_0$$

电源等效变换电路如图 7-1 所示。

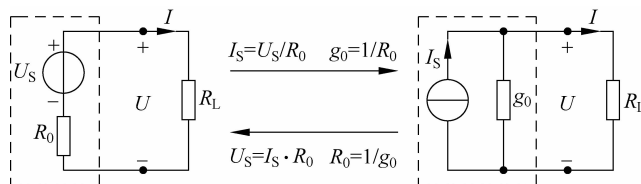


图 7-1 电源等效变换电路

三、实验设备

|          |          |     |
|----------|----------|-----|
| 可调直流稳压电源 | 0~30V    | 一台  |
| 可调直流恒流源  | 0~500mA  | 一台  |
| 直流数字电压表  | 0~200V   | 一只  |
| 直流数字毫安表  | 0~2000mA | 一只  |
| 万用表      |          | 一只  |
| 元件箱      | TKDG-05  | 一挂箱 |

四、实验内容与步骤

1. 测定电压源的外特性

按图 7-2 接线。 $U_s$  为+6V 直流稳压电源, 视为理想电压源。调节  $R_2$ , 令其阻值由大至小变化( $\infty \sim 200\Omega$ ), 记录两表的读数于表 7-1 中。

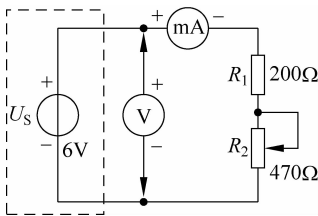


图 7-2 理想电压源外特性的测定

表 7-1

|        |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| $U/V$  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I/mA$ |  |  |  |  |  |  |  |

按图 7-3 接线, 虚线框可模拟为一个实际的电压源。调节  $R_2$  ( $\infty \sim 200\Omega$ ), 记录两表的读数于表 7-2 中。

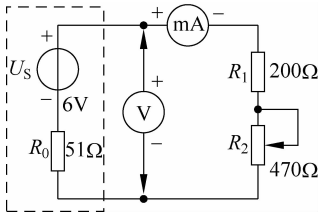


图 7-3 实际电压源外特性的测定

表 7-2

|        |  |  |  |  |  |  |  |
|--------|--|--|--|--|--|--|--|
| $U/V$  |  |  |  |  |  |  |  |
| $I/mA$ |  |  |  |  |  |  |  |

2. 测定电流源的外特性

按图 7-4 接线,  $I_s$  为直流恒流源, 视为理想电流源。调节其输出为 10mA, 令  $R_0$  分别为  $1k\Omega$  和  $\infty$  (即接入和断开), 调节电位器  $R_L$  ( $0\sim470\Omega$ ), 测出这两种情况下的电压表和电流表的读数。自拟数据表格, 记录实验数据。

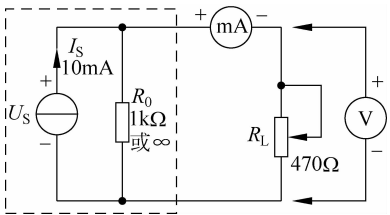


图 7-4 电流源外特性的测定

3. 测定电源等效变换的条件

先按图 7-5(a)接线, 记录线路中两表的读数。然后按图 7-5(b)接线。调节线路中恒流源的输出电流  $I_s$ , 使两表的读数与图 7-5(a)的数值相等, 记录  $I_s$  之值, 验证等效变换条件的正确性。

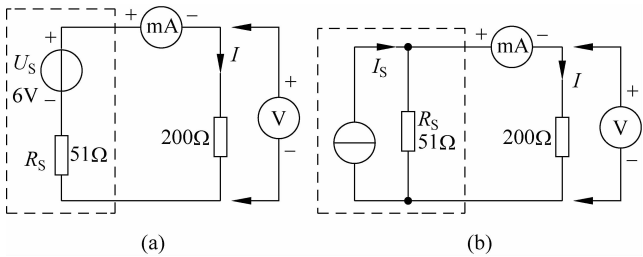


图 7-5 电源等效变换条件的测定

五、注意事项

- (1) 在测电压源外特性时, 不要忘记测空载时的电压值, 测电流源外特性时, 不要忘记测短路时的电流值, 注意恒流源负载电压不要超过 20V, 负载不要开路。
- (2) 换接线路时, 必须关闭电源开关。
- (3) 直流仪表的接入应注意极性与量程。

六、思考题

- (1) 通常直流稳压电源的输出端不允许短路, 直流恒流源的输出端不允许开路, 为

什么?

(2) 电压源与电流源的外特性为什么呈下降变化趋势,稳压源和恒流源的输出在任何负载下是否保持恒值?

## 七、实验报告要求

- (1) 根据实验数据绘出电源的 4 条外特性曲线,并总结、归纳各类电源的特性。
- (2) 由实验结果验证电源等效变换的条件。