

# 第 1 章 电工技术实验

## 实验一 电路的基本定律和定理

### 一、实验目的

1. 验证基尔霍夫定律和叠加定理,理解电流、电压参考方向的意义。
2. 通过实验实现线性有源二端网络的等效变换。
3. 测定电压源的外特性。

### 二、实验仪器与设备

- |                |    |
|----------------|----|
| 1. 直流双路稳压电源    | 一台 |
| 2. 电阻元件模块      | 一块 |
| 3. 直流电压表、电流表模块 | 一块 |
| 4. 测电流插孔板      | 一块 |

### 三、实验预习内容

1. 填写表 1.1

复习教材有关内容,根据图 1.1 和图 1.2 电路(见实验原理)给出的参数计算表 1.1 中各量。

表 1.1 理论计算数据

基尔霍夫定律及叠加定理						戴维南定理					
$U_1/V$	$U_2/V$	$U_3/V$	$I_1/mA$	$I_2/mA$	$I_3/mA$	$U_{oc}/V$	$I_{sc}/mA$	$R_0/\Omega$	$I_{51\Omega}/mA$	$I_{100\Omega}/mA$	$I_{200\Omega}/mA$

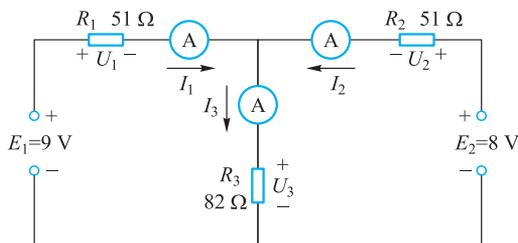


图 1.1 验证基尔霍夫定律和叠加定理的实验电路

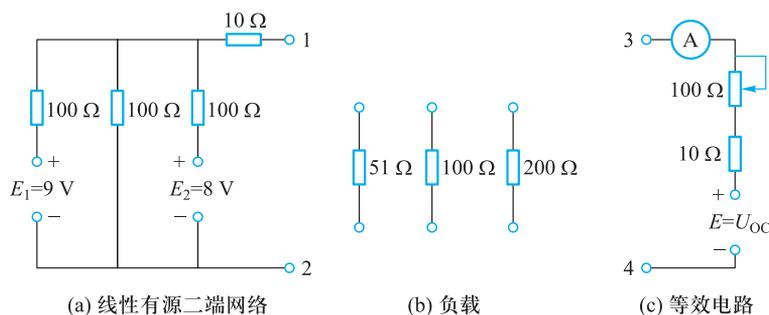


图 1.2 戴维南定理实验电路

## 2. 完成下列填空题

(1) 测量电压时,应将电压表与被测电路\_\_\_\_\_,测量电流时,应将电流表与被测电路\_\_\_\_\_。

(2) 根据图 1.1 中所标电压、电流的参考方向,当  $E_1$  单独作用时,表 1.1 中\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的测量值应为负值;当  $E_2$  单独作用时,表 1.1 中\_\_\_\_\_、\_\_\_\_\_的测量值应为负值。

(3) 在本实验中,当  $E_1$  单独作用时,应先将电源  $E_2$  从电路中去掉,然后再将图 1.1 电路中\_\_\_\_\_的两端短接。在实验时,若出现  $U_2$  和  $I_2$  的测量值为 0 的现象,则说明\_\_\_\_\_处于开路状态。

## 3. 注意事项

(1) 注意实验电路中给定的电流、电压的参考方向。

(2) 在只有一块直流电流表,但需要测量多个电流时,可以借助图 1.3 所示的电流插孔测量电流。在需要测量电流的支路中,串联一个电流插孔,将其 1 和 2 两端接入电路。测电流时,将电流表接入 3 和 4 两端,拔掉短接插件,电流表则以串联方式接入电路。完成测量以后,接入短接插件,拔出电流表。

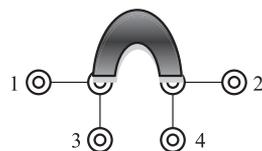


图 1.3 电流插孔

## 四、实验原理

### 1. 基尔霍夫定律和叠加定理

实验电路如图 1.1 所示。根据基尔霍夫电流定律,节点处 3 条支路的电流应满足  $I_1 + I_2 = I_3$ 。若电流的实际方向与参考方向相同,电流值为正值;若电流的实际方向与参考方向相反,电流值为负值。根据基尔霍夫电压定律,闭合回路的电压应满足  $U_1 + U_3 = E_1$ ,  $U_2 + U_3 = E_2$ 。若电压的实际方向与参考方向相同,电压值为正值;若电压的实际方向与参考方向相反,电压值为负值。

### 2. 戴维南定理

图 1.2(a) 是由电源  $E_1$ 、 $E_2$  和若干电阻构成的线性有源二端网络;图 1.2(b) 是由 3 个阻值不同的电阻构成的负载;图 1.2(c) 是由电阻、电动势构成的戴维南等效电路,100 Ω 电位器和 10 Ω 电阻用于构成线性有源二端网络的等效电阻。

线性有源二端网络的等效参数可用开路电压、短路电流法确定。在线性有源二端网络输出端开路时,用电压表测量其输出端的开路电压  $U_{oc}$ ,将输出端短路,用电流表测量短路电流  $I_{sc}$ ,则有源二端网络的等效内阻

$$R_0 = \frac{U_{oc}}{I_{sc}}$$

## 五、实验内容

### 1. 验证基尔霍夫定律及叠加定理

(1) 按图 1.1 连接电路,直流双路稳压电源的一路调至  $E_1 = 9\text{ V}$ ,另一路调至  $E_2 = 8\text{ V}$ ,分别测量表 1.2 中各电压和电流,并记录。

(2) 测量  $E_1$  单独作用和  $E_2$  单独作用时,表 1.2 中各电压和电流,并记录。

(3) 根据叠加定理将各电源单独作用时的电压、电流测量值叠加,填入表 1.2 中。

表 1.2 验证基尔霍夫定律及叠加定理

条件	$E_1/\text{V}$	$E_2/\text{V}$	$U_1/\text{V}$	$U_2/\text{V}$	$U_3/\text{V}$	$I_1/\text{mA}$	$I_2/\text{mA}$	$I_3/\text{mA}$
$E_1, E_2$ 共同作用								
$E_1$ 单独作用		0						
$E_2$ 单独作用	0							
用测量数据计算 $E_1, E_2$ 共同作用								

### 2. 通过实验实现线性有源二端网络的等效变换

(1) 按图 1.2(a) 所示连接电路,按表 1.3 内容测量各电压与电流,并记录。

(2) 将电路改接成如图 1.2(c) 所示的戴维南等效电路。按表 1.3 内容测量各电压与电流,并记录。

表 1.3 线性有源二端网络的等效变换

条件	负载/ $\Omega$	$\infty$	200	100	51	
线性有源二端网络	$U/\text{V}$					计算 $R_0 =$
	$I/\text{mA}$	0				$I_{sc} =$
等效电路	$U'/\text{V}$					
	$I'/\text{mA}$	0				$I_{sc} =$

## 六、实验报告要求

- 比较表 1.1 中的理论计算数据和表 1.2 中的第一组数据,分析误差产生的原因。
- 画出图 1.2(a) 所示线性有源二端网络的实测等效电压源电路,并标出电路参数。
- 用表 1.3 中的第二组数据绘出电源的外特性曲线  $U' = f(I')$ ,并分析当负载(指电流)增加时,电源端电压的变化趋势。
- 扩展与思考:戴维南等效电路中  $R_0$  的其他测量方法。

## 实验二 常用电子仪器仪表的使用

### 一、实验目的

1. 熟悉示波器、函数发生器、数字万用表面板上各操作键及旋钮的作用。
2. 学会用示波器测量信号幅值、有效值和频率。
3. 学会使用数字万用表、函数发生器及示波器。

### 二、实验仪器与设备

- |                             |    |
|-----------------------------|----|
| 1. UTD2102 型示波器             | 一台 |
| 2. SFG-1023 型函数发生器          | 一台 |
| 3. GDM-8352 型数字万用表          | 一台 |
| 4. TT-CX-2D 型现代电工电子创新设计实验系统 | 一台 |

### 三、实验预习内容

1. 阅读附录三,熟悉示波器面板上各操作键及主要旋钮的功能及使用方法。
2. 阅读附录四,熟悉函数发生器面板上各操作键及主要旋钮的功能及输出信号的调节方法。
3. 阅读附录五,熟悉数字万用表的使用方法。
4. 思考题:调节函数发生器波形对称旋钮 DUTY 能改变频率,但能否用其调节函数发生器的输出频率?

### 四、实验原理

#### 1. 方波、正方波

图 2.1(a) 所示波形为正方波,它包含交流分量及直流分量,如图 2.1(b)(c) 所示。当示波器输入耦合方式置于“交流”时,由于隔直电容的作用,只能观看到波形中的交流分量;当示波器输入耦合方式置于“直流”时,才能观察到如图 2.1(a) 所示的正方波。

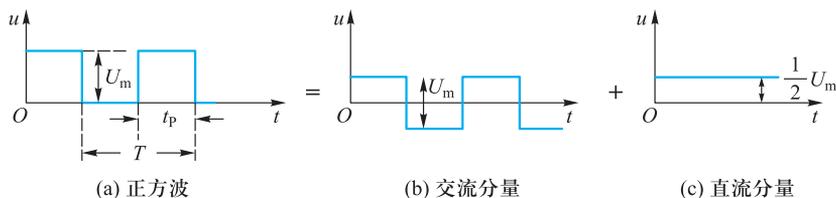


图 2.1 含有交直流分量的信号

图 2.1 所示正方波的周期为  $T$ , 脉冲宽度为  $t_p$ , 脉冲波形的占空比为

$$\text{占空比} = \frac{\text{脉冲宽度}}{\text{脉冲周期}} = \frac{t_p}{T}$$

## 2. 测量两个同频率正弦信号的相位差

测量两个同频率正弦信号相位差的电路如图 2.2 所示。函数发生器输出的正弦信号作为 RC 串联电路的输入信号,示波器的 CH<sub>1</sub> 通道输入电压信号,CH<sub>2</sub> 通道输入电流信号(因示波器只能输入电压信号,故电流信号用电阻两端的电压反映)。

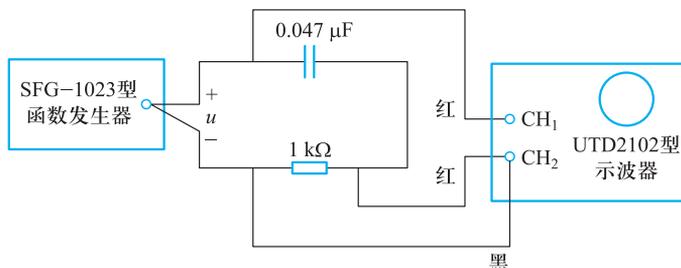


图 2.2 测量两个同频率正弦信号相位差的电路

示波器显示屏上显示出两个正弦波,如图 2.3 所示。根据两波形在水平方向的间隔  $d$  及信号一周期在示波器上所占的格数,可求得两个同频率正弦信号的相位差

$$\varphi = 360^\circ \times d(\text{cm}) / w(\text{cm})$$

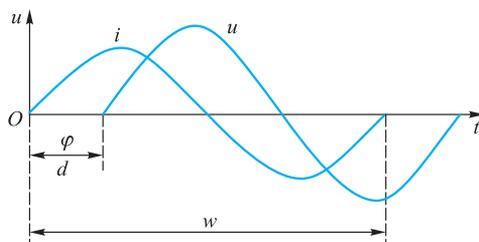


图 2.3 正弦交流信号相位差的测量

## 五、实验内容

1. 按下各仪器的电源开关,预热仪器

2. 用函数发生器产生正弦波信号

(1) 将函数发生器的输出波形选择键 WAVE 设置为正弦波。

(2) 按下波形对称旋钮 DUTY。

(3) 按下直流补偿旋钮 OFFSE

(4) 频率设置为 1 kHz。

(5) 按下输出键 OUTPU

3. 用示波器观察和测量信号

(1) 将信号连接到示波器的 CH

(2) 按下 AUTO 按钮。示波器将自动设置使波形显示达到最佳。在此基础上,可以进一步手动调节垂直、水平挡位,直至波形的显示符合要求。

(3) 自动测量信号的电压和时间参数。数字存储示波器可对大多数显示信号进行自动测量。

#### 4. 测量函数发生器输出正弦波信号时的输出电压范围

(1) 转动函数发生器输出幅度调节旋钮 AMPL 至最大和最小位置,用数字万用表的交流电压挡测量函数发生器输出正弦电压信号的最大值和最小值,记入表 2.1。

(2) 按下函数发生器 Shift+3(-40 dB)键,再转动输出幅度调节旋钮 AMPL 至最大和最小位置,用数字万用表测量经衰减后,函数发生器输出正弦电压信号的最大值和最小值,记入表 2.1。

表 2.1 输出电压范围

旋钮、开关名称		最大输出电压	最小输出电压
AMPL	无衰减		
	衰减-40 dB		

#### 5. 用示波器测量正弦电压信号的峰峰值、有效值

(1) 调节函数发生器 AMPL 旋钮,使之输出有效值为 0.5 V 的正弦电压信号,正弦电压信号的有效值用数字万用表测量,并将此信号送入示波器 CH<sub>1</sub>通道。

(2) 用示波器观察和测量正弦电压信号的峰峰值、有效值(即方均根值),记入表 2.2,并与数字万用表测量的有效值比较。

(3) 使函数发生器输出有效值为 0.5 V 的正弦电压信号,重复步骤(1)和(2)。

表 2.2 测量正弦电压信号的峰峰值、有效值

数字万用表测量	示波器测量	
电压信号有效值	峰峰值	有效值(方均根值)
0.5 V		
0.5 V		

#### 6. 用示波器测量正弦电压信号的周期和频率

(1) 使函数发生器输出频率为 500 Hz 的正弦电压信号,接入示波器。

(2) 用示波器观察和测量正弦电压信号的周期和频率,记入表 2.3。

(3) 改变函数发生器的输出频率为 4 kHz,重复步骤(2)。

表 2.3 测量正弦电压信号的周期和频率

函数发生器输出频率	示波器测量	
	周期	频率
500 Hz		
4 kHz		

#### 7. 用函数发生器输出方波、正方波电压信号,用示波器观察方波、正方波电压信号

(1) 输出、观察方波电压信号。

① 将函数发生器的输出波形 WAVE 设置为方波,按下直流补偿旋钮 OFFSET,按下波形对称旋钮 DUTY。