

电路基础实验报告

实验名称: 基尔霍夫定律

班 级: 22 材物 学 号: 22301056

姓 名: 王俊杰 合 作 者: 王慷

桌 号: 27 实验日期: 2024.5.14

1 实验目的

1. 加深对基尔霍夫定律的理解。
2. 学习验证定律的方法和仪器仪表的正确使用。

2 实验原理

基尔霍夫定律是集总电路的基本定律，包括电流定律（KCL）和电压定律（KVL）。

基尔霍夫定律规定了电路中各支路电流之间和各支路电压之间必须服从的约束关系，无论电路元件是线性的或是非线性的，时变的或是非时变的，只要电路是集总参数电路，都必须服从这个约束关系。

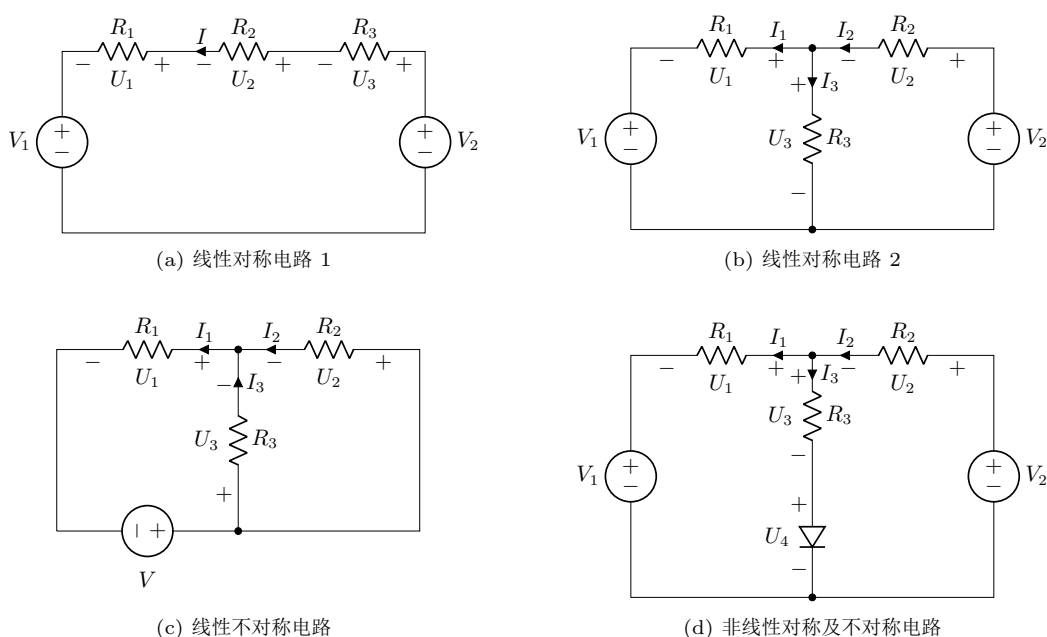


图 1: 实验所用电路图

3 实验仪表

RIGOL DM3058 万用表、RIGOL DP832 直流稳压电源、电路分析实验箱、导线若干。

4 实验内容

1. 验证（KCL）定律，即 $\sum i = 0$ 。分别在自行设计的电路或参考的电路中，任选一个节点，测量流入流出该节点的各支路电流数值和方向。
2. 验证（KVL）定律，即 $\sum u = 0$ 。分别在自行设计的电路或参考的电路中任选一网孔（回路），测量网孔内所有支路的元件电压值和电压方向。

5 实验结果与分析

5.1 实验结果

5.1.1 线性对称电路 1

此电路只有一条回路，故只验证 KVL 定律。在此电路中， $R_1 = R_2 = R_3 = 220\ \Omega$ ，电源电压 $V = 10\text{ V}$ 。测得数据如表 1a 所示，验证如下

$$\sum U = 2.33 + 2.33 + 2.33 + 5 - 12 = 0$$

表 1: 实验数据记录

(a) 线性对称电路 1		(b) 线性对称电路 2		(c) 线性不对称电路	
测量量	测量值	测量量	测量值	测量量	测量值
U_1	2.33 V	U_1	0.693 V	U_1	6.762 V
U_2	2.33 V	U_2	6.310 V	U_2	3.232 V
U_3	2.34 V	U_3	5.658 V	U_3	3.233 V
I	10.65 mA	I_1	3.14 mA	I_1	30.94 mA
		I_2	28.955 mA	I_2	16.20 mA
		I_3	25.920 mA	I_3	14.74 mA

(d) 非线性对称电路		(e) 非线性不对称电路	
测量量	测量值	测量量	测量值
U_1	0.917 V	U_1	1.087 V
U_2	6.082 V	U_2	5.900 V
U_3	5.192 V	U_3	5.343 V
U_4	0.694 V	U_4	0.696 V
I_1	4.176 mA	I_1	4.87 mA
I_2	27.89 mA	I_2	29.44 mA
I_3	23.79 mA	I_3	24.48 mA

5.1.2 线性对称电路 2

在此电路中， $R_1 = R_2 = R_3 = 220\ \Omega$ ，电源电压 $V_1 = 5.015\text{ V}$ ， $V_2 = 11.996\text{ V}$ 。测得数据如表 1b 所示，选用右侧回路以及上方节点验证如下

$$\sum U = 6.310 + 5.658 - 11.996 = -0.028 \approx 0$$

$$\sum I = 3.14 - 28.955 + 25.920 = 0.105 \approx 0$$

5.1.3 线性不对称电路

在此电路中, $R_1 = R_3 = 220\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$, 电源电压 $V = 10\text{ V}$ 。测得数据如表 1c 所示, 选用左侧回路以及上方节点验证如下

$$\sum U = 6.762 + 3.233 - 10 = -0.005 \approx 0$$

$$\sum I = 30.94 - 16.20 - 14.74 = 0$$

5.1.4 非线性对称电路

此电路没有支路, 故只验证 KVL 定律。在此电路中, $R_1 = R_2 = R_3 = 220\ \Omega$, 电源电压 $V_1 = 5.015\text{ V}$, $V_2 = 11.996\text{ V}$ 。测得数据如表 1d 所示, 选用左侧回路以及上方节点验证如下

$$\sum U = 0.917 + 5.015 - 0.694 - 5.192 = 0.046 \approx 0$$

$$\sum I = 4.176 - 27.89 + 23.79 = 0.076 \approx 0$$

5.1.5 非线性不对称电路

此电路没有支路, 故只验证 KVL 定律。在此电路中, $R_1 = R_3 = 220\ \Omega$, $R_2 = 200\ \Omega$, 电源电压 $V = 10\text{ V}$ 。测得数据如表 1e 所示, 选用左侧回路以及上方节点验证如下

$$\sum U = 1.087 + 5.015 - 0.696 - 5.343 = 0.063 \approx 0$$

$$\sum I = 4.87 + 24.48 - 29.44 = -0.09 \approx 0$$

5.2 分析

在本次实验的五个不同的电路中, 无论是对称电路还是非对称电路, 又或者是非线性电路, 测得的节点电流和回路电压代数数和都接近零, 这在一定程度上验证了基尔霍夫电路定律, 可以认为基尔霍夫定律是正确的。

6 思考题

6.1 什么是基尔霍夫定律, 包括两个什么定律?

基尔霍夫定律包括两个定律:

1. 基尔霍夫电流定律 (KCL): 该定律表明, 在任何一个电路节点 (或接点), 流入节点的电流之和等于流出节点的电流之和。这一规律反映了电荷守恒原理。
2. 基尔霍夫电压定律 (KVL): 该定律表明, 在一个闭合电路回路中, 各个元件的电压之和等于零。这一规律反映了能量守恒原理。

6.2 基尔霍夫定律适用于什么性质元件的电路?

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。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亦可扩展到交流电路之中。

它除了可以用于直流电路的分析，和用于似稳电路的分析，还可以用于含有电子元件的非线性电路的分析。运用基尔霍夫定律进行电路分析时，仅与电路的连接方式有关，而与构成该电路的元器件具有什么样的性质无关。

但用于交流电路的分析时，即对通过含时电流的电路进行分析时，由于通过闭合回路的磁通量是时间的函数，根据法拉第电磁感应定律，会有电动势 E 出现于闭合回路。所以，电场沿着闭合回路的线积分不等于零。磁场正方向与回路正方向相同时，回路方程应写作：

$$\sum_{k=1}^n v_k = E = -\frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

这是因为电流会将能量传递给磁场；反之亦然，磁场亦会将能量传递给电流。

6.3 测试中，如果使用的电流表内阻较大，为 $30\ \Omega$ ，电压表内阻较小，为 $200\ \Omega$ 时，试分析对测量结果有何影响？

如果电流表的内阻较大，当它接入电路时，会增加电路的总电阻，从而减小通过电路的电流。这会导致测量结果低于实际电流。如果电压表的内阻较小，当它接入电路时，会分流部分电流，从而降低被测点的电压。这会导致测量结果低于实际电压。

7 实验心得

此次实验使用了 5 个电路来验证基尔霍夫电路定律，在实际操作中，观察到了由于仪器误差和连接线电阻带来的微小偏差，但总体上实验结果符合理论预期。这些实验不仅加深了对基尔霍夫定律的理解，也提升了在实际电路中应用这些定律的能力。

8 原始数据

实验二、电压源和电流源的转换

表1 理想电压源测量

R/L/ Ω	开路	600	500	400	300	200	100
U/V	6	5.984	5.95	5.946	5.950	5.967	5.947
I/mA	0	10.03	11.67	14.892	19.91	29.15	58.09

表2 实际电压源测量

R/L/ Ω	开路	600	500	400	300	200	100
U/V	6	5.517	5.431	5.309	5.117	4.774	3.973
I/mA	0	9.254	10.92	13.33	17.12	23.87	39.63

表3 理想电流源测量

R/L/ Ω	600	500	400	300	200	100	0
I/mA	20.15	19.83	19.83	19.75	19.72	19.73	19.74
U/V	11.98	9.85	7.88	5.89	3.88	1.95	0

表4 实际电流源测量

R/L/ Ω	600	500	400	300	200	100	0
I/mA	12.12	12.95	13.62	15.15	16.20	16.92	19.58
U/V	7.22	6.45	5.49	4.52	3.19	2.60	0

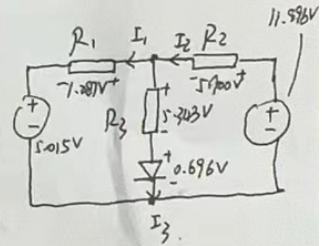
电流源供电 U(V) 1.92

电流源供电 I(mA) 9.58

保持 U、I 不变所需的电压源 U_s(V) 2.452

王俊杰 22301056

2024.5.10



$R_1 = 220\Omega$ $R_2 = 200\Omega$
 $R_3 = 220\Omega$

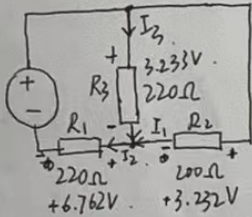
$I_1 = 4.87\text{mA}$ $I_2 = 29.44\text{mA}$
 $I_3 = 24.48\text{mA}$

③ 线性非对称

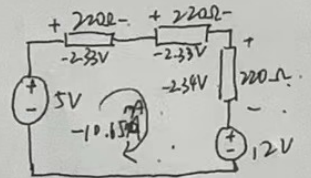
$I_1 = 30.94\text{mA}$

$I_2 = 16.2\text{mA}$ 1.0V

$I_3 = 14.744\text{mA}$

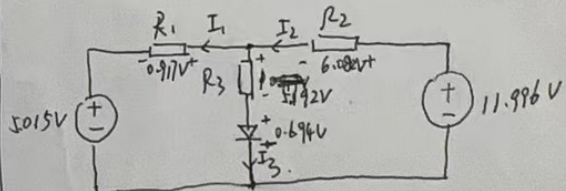


① 线性对称



④ 非线性对称

$R_1 = 220\Omega$ $R_2 = 220\Omega$
 $R_3 = 220\Omega$



② 线性对称

$R_1 = R_2 = R_3 = 220\Omega$

$I_1 = 3.14\text{mA}$

$I_2 = 28.955\text{mA}$

$I_3 = 25.92\text{mA}$

