

一、实验背景及目的

学习完集总参数电路中电压电流的约束关系这一章的理论知识，需要对一些定理和电学物理规律进行实验的仿真验证，以验证定理和电学物理规律的正确性，达到理论与实践结合的目的，加深印象。

本次实验是电路分析的第一次实验，需要熟悉基本的电路仿真软件的使用，学会使用电压表，电流表，或者是万用表测量元件的电压，电流，掌握基本的仿真操作流程。了解实验中可以用到的一些方法，如控制变量法，对比法等等。

二、实验环境

Multisim 14.0 , Windows10

三、实验原理

1、串联电路分压

(1)、电路特点

各个元件顺序连接，流过同一电流。

总电压等于各串联元件两端电压之和，即 $u = u_1 + \dots + u_n$ 。

串联电路等效电阻等于各部分分电阻之和。

电路结构如图 1，以串联电阻为例

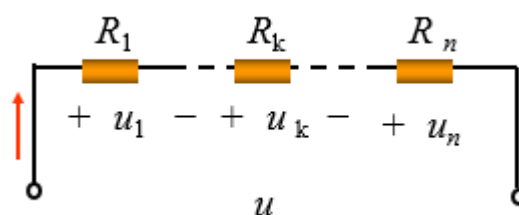


图 1 电阻串联

(2)、串联分压的计算

串联元件分压和其阻值成正比，即

$$u_1 : u_2 \cdots u_n = R_1 : R_2 \cdots R_n$$

2、并联电路分流

(1)、电路特点

各个元件两端为同一电压。

总电流等于流过各个并联元件的电流之和，即 $i = i_1 + \dots + i_n$ 。

并联电路等效电阻的倒数等于各部分分电阻的倒数之和。
电路结构如图 2，以并联电阻为例

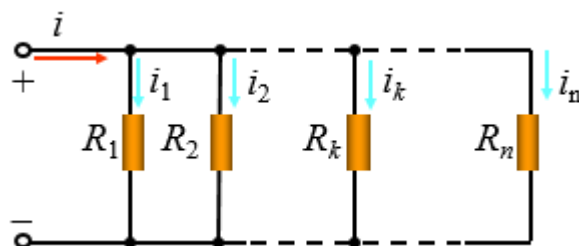


图 2 并联电阻

(2)、并联分流的计算

并联元件分流和其电导成正比，即

$$i_1 : i_2 \cdots i_n = G_1 : G_2 \cdots G_n$$

3、基尔霍夫定律

基尔霍夫定律包括基尔霍夫电流定律和基尔霍夫电压定律。它反映的是电路中所有支路的电流和电压所遵循的基本规律。其和元件的特性一同构成了电路分析的基础，是分析电路的一个十分重要的定律。

(1). 基尔霍夫电流定律 (KCL)

在集总参数电路中，任意时刻，对任意结点流出（或流入）该结点电流的代数和等于零，即在结点处流入电流之和等于流出电流之和。公式表示如下：

$$\sum_{b=1}^m i(t) = 0$$

基尔霍夫电流定律是电荷守恒和电流连续性原理在电路中任意点处的客观反映，与电路上所接元件和电路是否是线性无关。

(2). 基尔霍夫电压定律 (KVL)

在集总参数电路中，对于电路任一回路，按照任一方向绕行一周，各部分的电压的代数和等于 0。公式表示如下：

$$\sum u(t) = 0$$

基尔霍夫电压定律是能量守恒定律的反映，与电路上所接元件和电路是否是线性无关。

四、实验过程

1. 电路设计

本次实验要对并联分流，串联分压，以及基尔霍夫定律进行验证。电路可以分别针对这 3 个部分进行设计。

(1). 串联分压

电路设计如图 3 所示，电路是串并联混合， R_3 和 R_4 并联看做一个等效电阻，使用万用表并联在电阻两端测量电压。

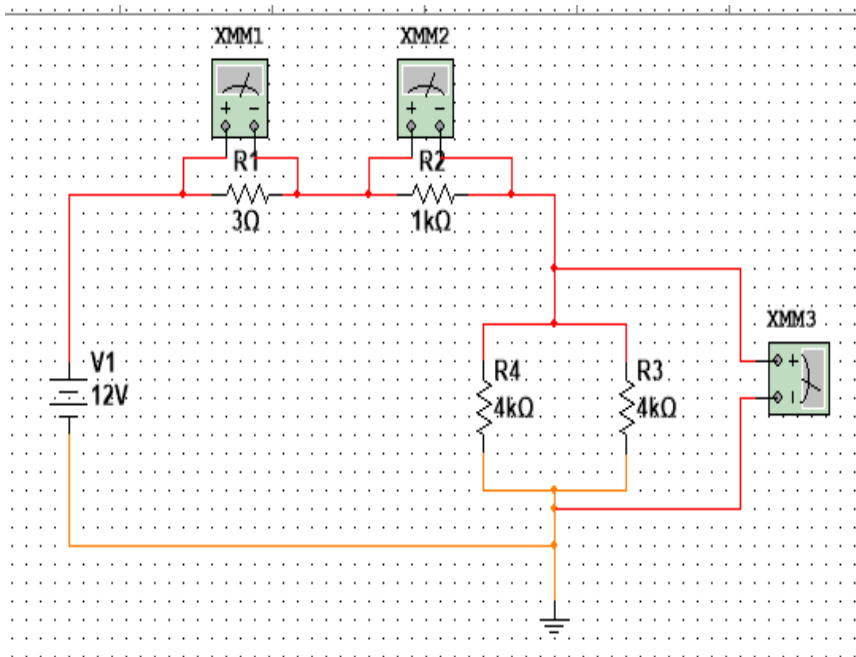


图 3

(2). 并联分流

电路设计如图 4 所示，电路是串并联混合，每个并联分支上由两个电阻串联而成，使用万用表串联在每个并联分支测量电流。

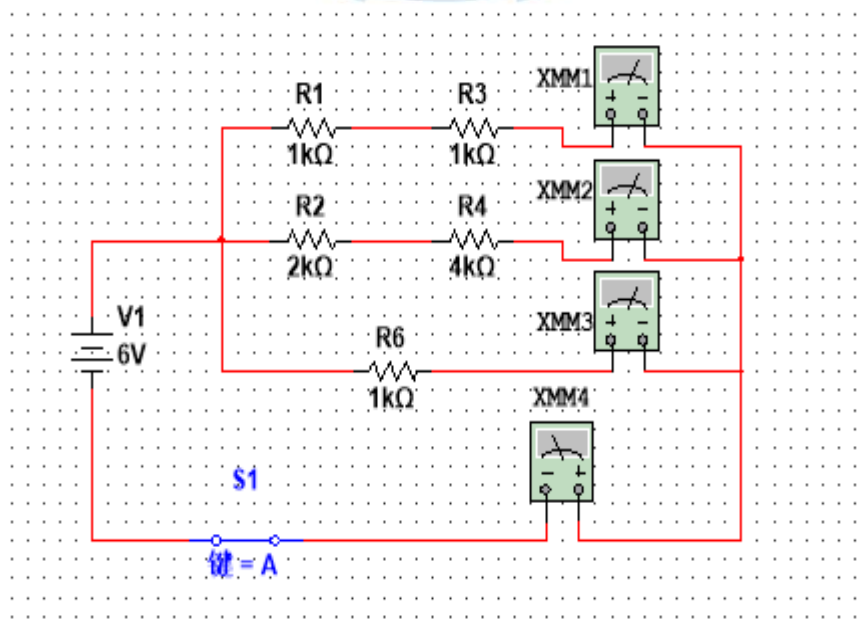


图 4

(3). 基尔霍夫定律

要验证基尔霍夫定律则必须保证电路中存在结点和至少一个网孔。故电路设计如图 5 所示，电路中含有电流源 ($i_s=1A$)，电压源 ($u_s=3V$) 以及不同阻值的电阻元件串并联，使用万用表测量相应的电流和电压值。选择 a, b, c 结点验证 KCL，网孔 1, 2 验证 KVL。

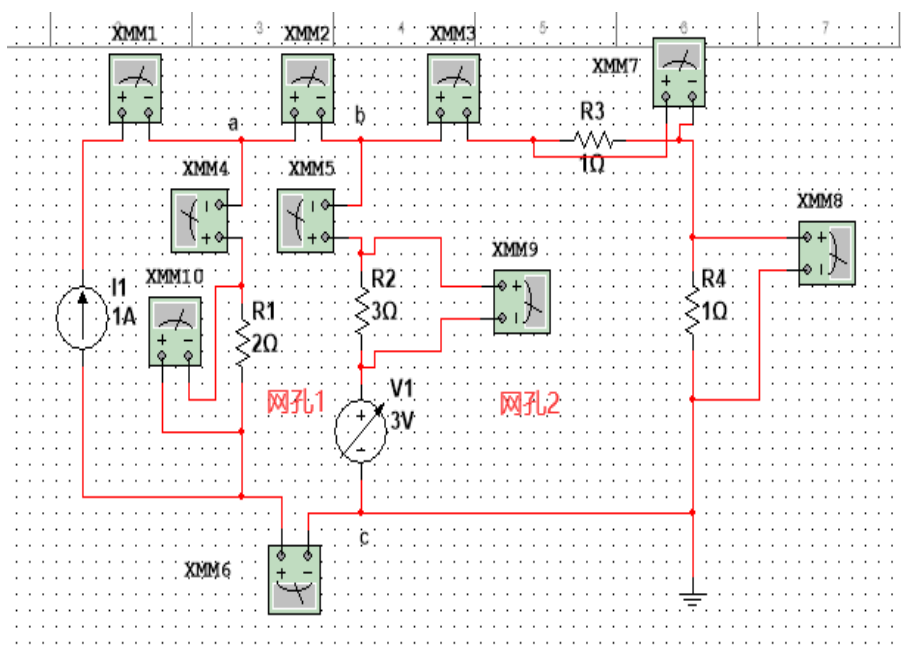


图 5

2. 计算的理论结果

(1). 对于图 3，并联部分的等效电阻 $R' = R_3 R_4 / (R_3 + R_4) = 2 k\Omega$ ，则整个电路的电流 $i = u / (R_1 + R_2 + R') = 2A$ ，根据分压规律得 R_1 分的电压为 6V， R_2 分的电压为 2V， R' 分的电压为 4V。

(2). 对于图 4，两个并联分支的等效电阻分别为 $R_1' = R_1 + R_3 = 2 k\Omega$ ， $R_2' = R_2 + R_4 = 6 k\Omega$ ，

由公式 $\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_6}$ 得整个电路的等效电阻 $R = 600 \Omega$ ，总电流为

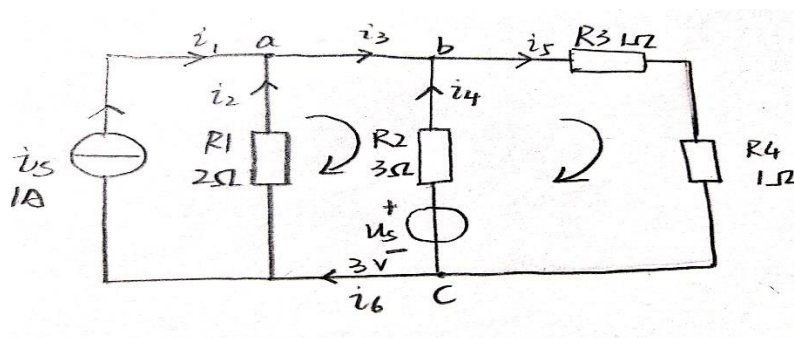
$i = u / R = 10mA$ ，根据分流规律得 3 条并联支路的电流分别为 3mA，1mA，6mA。

(3). 对于图 5，去掉图中的万用表得到如下的电路。对结点 a，由 KCL 得

$i_1 + i_2 = i_3$ ，同理，对结点 b, c 分析，得 $i_3 + i_4 = i_5$ ， $i_5 = i_4 + i_6$ 。以顺时针方向为绕

行方向，对中间网孔，由 KVL 得 $u_2 + u_s + u_1 = 0$ ，对右边网孔，由 KVL 得 $u_3 + u_4 -$

$$u_s - u_2 = 0.$$



五、实验结果

(1). 验证串联分压

仿真结果如图 6 所示。3 个电阻的测量电压分别为 6V，2V，4V，与计算的理论值一致，且电压比为 3:1:2 等于电阻比，符合串联分压的规律。

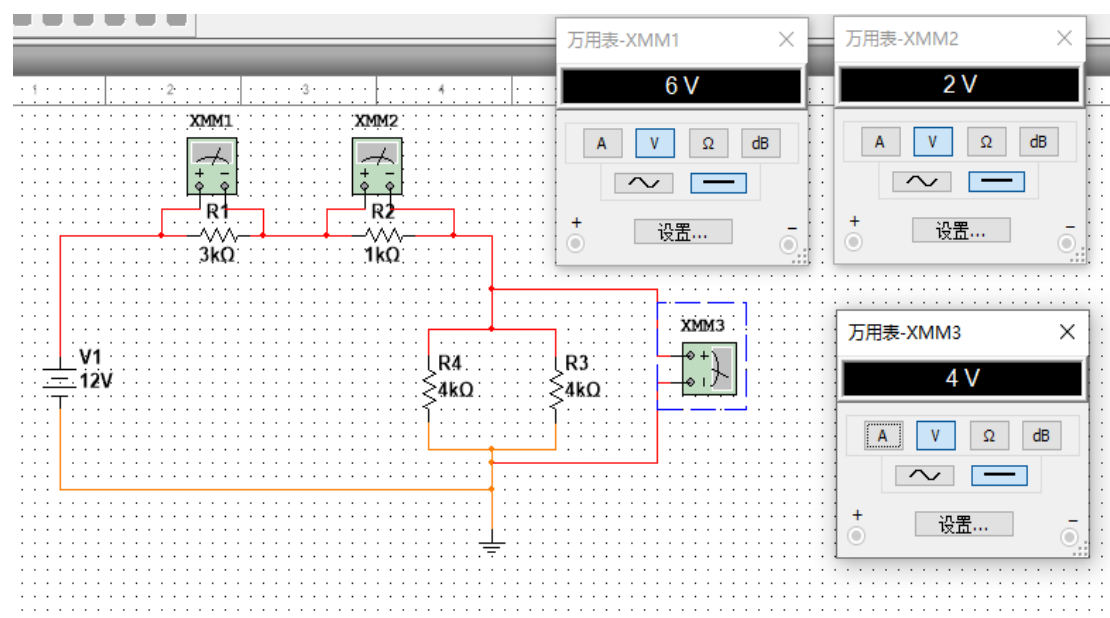


图 6

(2). 验证并联分流

仿真结果如图 7 所示。3 个并联分支的测量电流分别为 3mA，1mA，6mA，与计算的理论值一致，且电流比为 3:1:6 等于电导比，符合并联分流的规律。

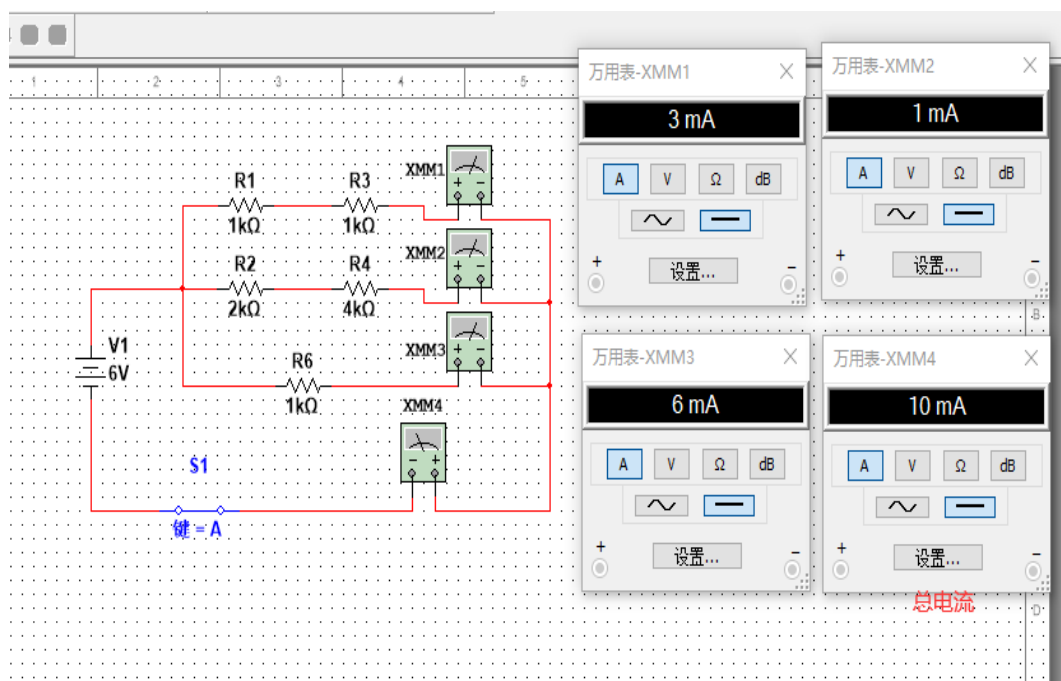


图 7

(3). 验证基尔霍夫定律

KCL 仿真结果如图 8 所示。从图 8 中可知 $i_1=1\text{A}$, $i_2=-750\text{mA}$, $i_3=250\text{mA}$, $i_4=499.998\text{mA}$, $i_5=749.998\text{mA}$, $i_6=250\text{mA}$, 满足报告第四部分第 2 小节推导出的 $i_1+i_2=i_3$, $i_3+i_4=i_5$ 和 $i_5=i_4+i_6$, 即符合 KCL 定律。

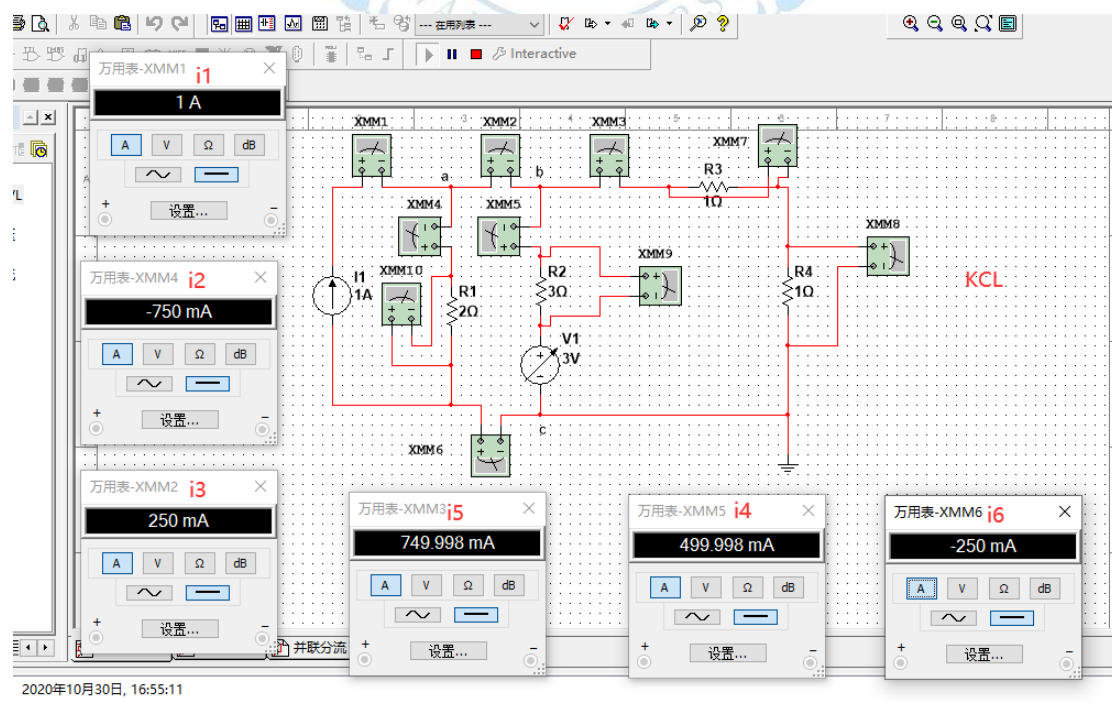


图 8

KVL 仿真结果如图 9 所示。从图 9 中可以得到 $u_1=-1.5\text{V}$, $u_2=-1.5\text{V}$, $u_3=749.997\text{mV}$, $u_4=749.997\text{mV}$, 满足报告第四部分第 2 小节推导出的 $u_2+u_s+u_1=0$, $u_3+u_4-u_s-u_2=0$, 即符合 KVL 定律。

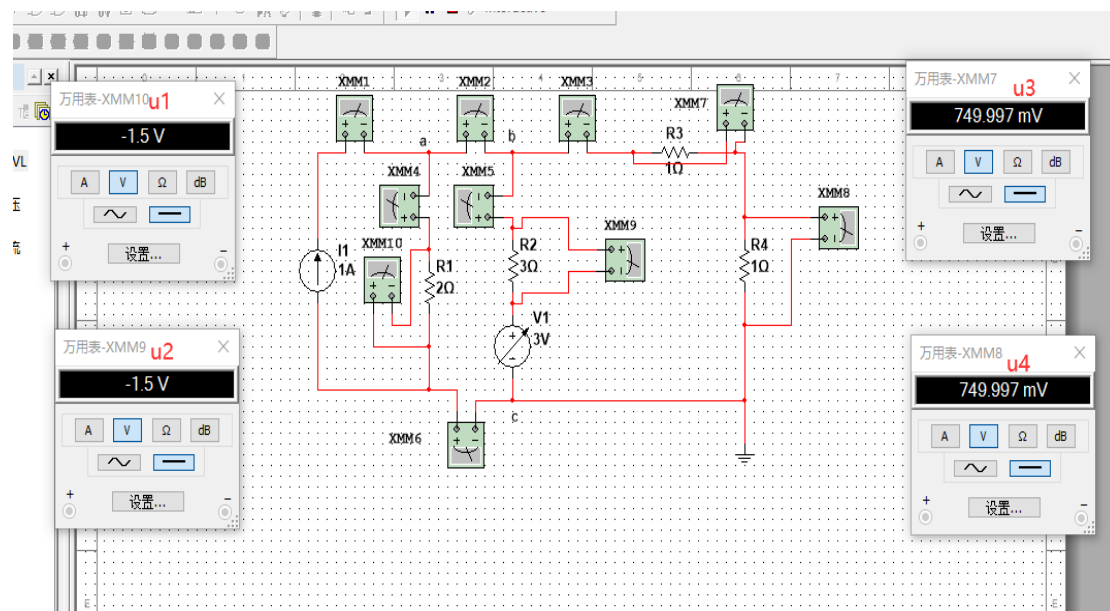


图 9

六、总结反思

验证串联分压和并联分流时，可以改变电阻的值，观察分压，分流规律是否仍然满足；验证基尔霍夫定律的时候，可以使用不同的元件来看定律是否成立，通过控制变量，改变一些变量的值得到验证的结果更具有普遍性，实验为验证型实验，内容比较简单，实验过程中没有遇到比较困难的问题。

通过本次实验，我掌握了用电路仿真软件进行电路仿真的基本流程，对 Multisim 软件的使用有了进一步的了解。从电路的设计到绘制成图，再到仿真过程验证串联分压，并联分流和基尔霍夫定律，我对这些基本的电学物理规律有了进一步的理解，加深了印象。