

非线性电阻电路设计与研究

摘要

非线性电阻是指导电时不遵从欧姆定律,伏安特性曲线是一条非线性曲线的电子器件,包括半导体二极管、晶体管、场效应管等器件。非线性电路是指含有非线性元件的电路。根据常见二端电阻元件的伏安特性,通过串联分解法、并联分解法等方法,理论上就可以根据给定的曲线设计电路。本文根据给定的两种伏安特性曲线,设计了两个不同的非线性电阻电路,并利用 Multisim 14.0 软件仿真,绘制了设计电路的伏安特性曲线,并简要分析了误差来源。

关键词

非线性电阻 伏安特性 电路设计 电路仿真

引言

非线性电阻是指导电时不遵从欧姆定律,伏安特性曲线是一条非线性曲线的电子器件。按此定义,忽略了电抗特性效应后的半导体二极管、晶体管、场效应管等器件都是非线性电阻。非线性电路是指含有非线性元件的电路,这里的非线性元件不包括独立电源。非线性元器件在电工中得到广泛应用,并且非线性电路的研究和其他学科的非线性问题的研究相互促进。

正文

一、实验要求

非线性电阻电路设计要求如下:

1. 用二极管、稳压管、稳流管等元器件设计如下图所示伏安特性的非线性电阻电路。

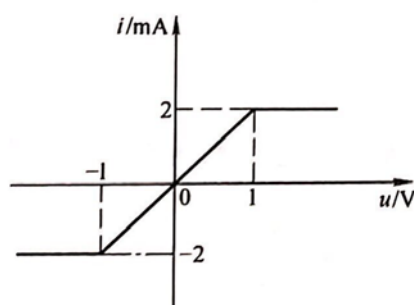


图1 伏安特性(一)

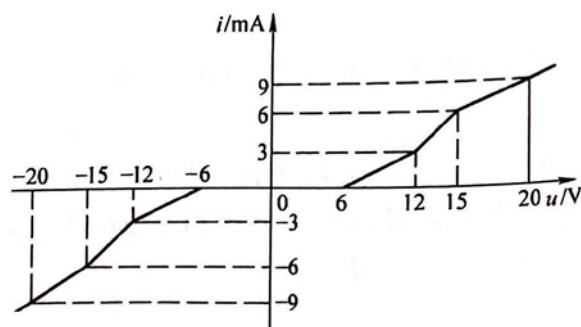


图2 伏安特性(二)

2. 测量所设计电路的伏安特性,并作曲线,与上图比对。

二、实验设备

Multisim 14.0 软件

三、实验原理

1. 非线性电阻电路的伏安特性

(1) 常用元件

对于一个一端口网络，不管内部组成，其端口电压与电流的关系可以用 $u-i$ 平面的一条曲线表示。将其看成一个二端电阻元件， $u-i$ 平面的曲线称为伏安特性。

常见的二端电阻元件有二极管、稳压管、恒流管、电压源、电流源和线性电阻等，其伏安特性曲线如图 3 所示。运用这些元件串、并联或混联就可得到各种单向的单调伏安特性曲线。

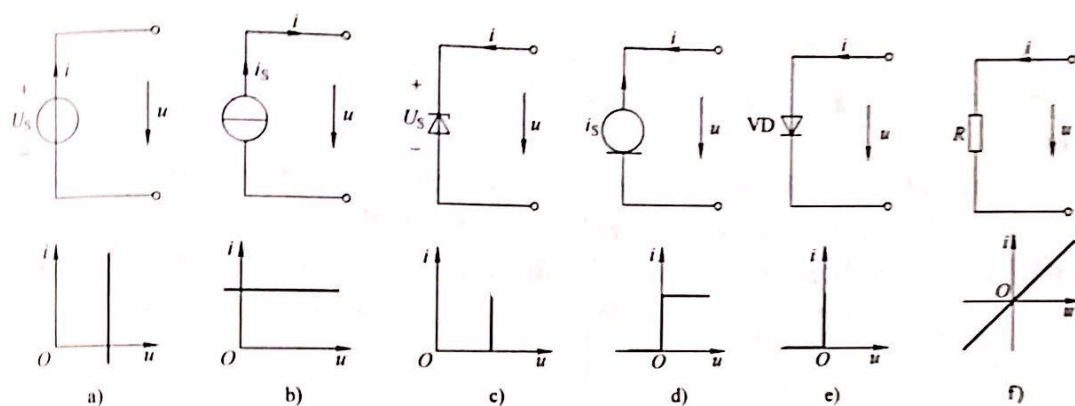


图 3 常见的二端电阻元件及伏安特性

a) 电压源 b) 电流源 c) 稳压管 d) 恒流管 e) 理想二极管 f) 线性电阻

(2) 凹电阻

当两个或两个以上元件串联时，电路的伏安特性图上的电压是各元件电压之和。如图 4(a) 所示，将电压源、理想二极管、线性电阻串联，其伏安特性曲线如图 4(b) 所示。它由这三个元件的伏安特性在 i 相等情况下相加而成。具有上述伏安特性的电阻，称为凹电阻。

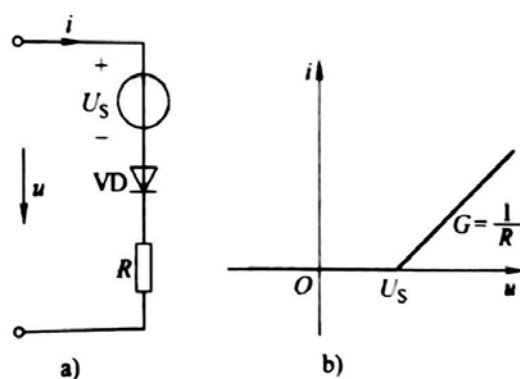


图 4 凹电阻

(3) 凸电阻

与凹电阻对应，凸电阻则是当两个或以上元件并联时，电流是各元件电流之和。如图 5(a) 所示，将电流源、理想二极管、线性电阻串联，其伏安特性曲线如图 5(b) 所示。它由这三个元件的伏安特性在 U 相等情况下相加而成。具有上述伏安特性的电阻，称为凸电阻。

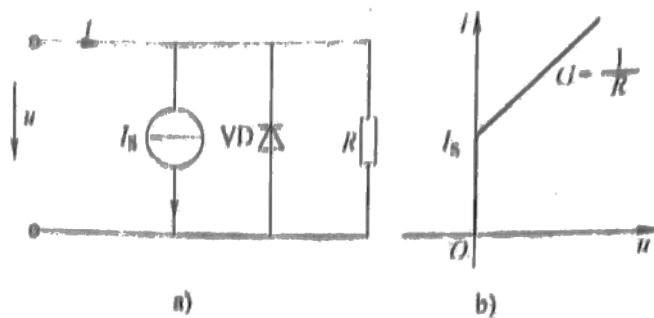


图 5 凸电阻

2. 非线性元件电路的综合

各种单调分段线性的非线性元件电路的伏安特性可以用凹电阻和凸电阻作基本积木块，综合出各种所需的新元件。常用串联分解法或并联分解法进行综合，串联分解法在伏安特性图中以电流 I 轴为界来分解曲线，而并联分解法则以电压 U 轴为界来分解曲线。

四、实验过程

1. 设计一

首先运用串联分解法，将图 1 分解为三个伏安特性图，如图 6 所示。

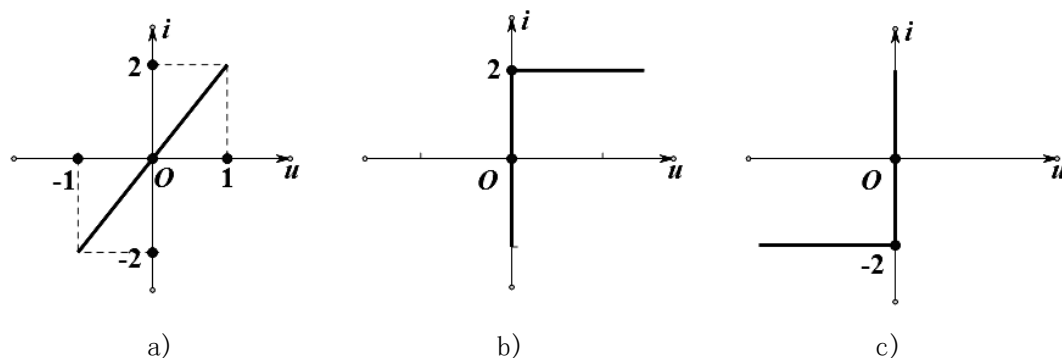


图 6 串联分解法

显然图 6(a) 对应的是一个电阻为 500Ω 的线性电阻，而图 6(b) (c) 运用并联分解法，可知是 2mA 的电流源和二二极管并联。设计如下电路：

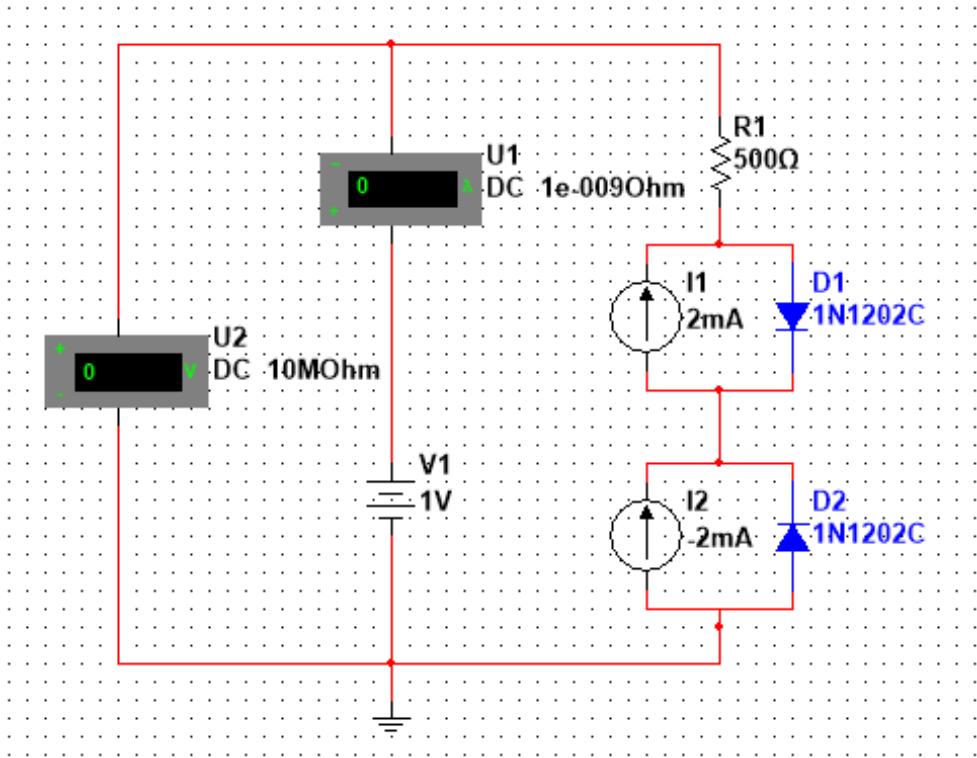


图 7 设计一电路图

用电压表和电流表测量总电压 u 和总电流 i ，得到以下数据：

总电压 $u(\text{V})$	-2	-1.8	-1.6	-1.5	-1.4	-1.3	-1.2	-1.1	-1
总电流 $i(\text{mA})$	-2.01	-2.01	-2.01	-2.01	-2.008	-1.998	-1.956	-1.862	-1.731
总电压 $u(\text{V})$	-0.9	-0.8	-0.7	-0.6	-0.4	-0.2	0	0.2	0.4
总电流 $i(\text{mA})$	-1.581	-1.418	-1.249	-1.706	-0.722	-0.362	0	0.362	0.722
总电压 $u(\text{V})$	0.6	0.7	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4
总电流 $i(\text{mA})$	1.706	1.249	1.418	1.581	1.731	1.862	1.956	1.998	2.008
总电压 $u(\text{V})$	1.5	1.6	1.8	2					
总电流 $i(\text{mA})$	2.01	2.01	2.01	2.01					

表 1 设计一电路总电流 i 和总电压 u 关系表

根据表 1 数据，绘制设计一电路伏安特性曲线，并与图 1 比较。

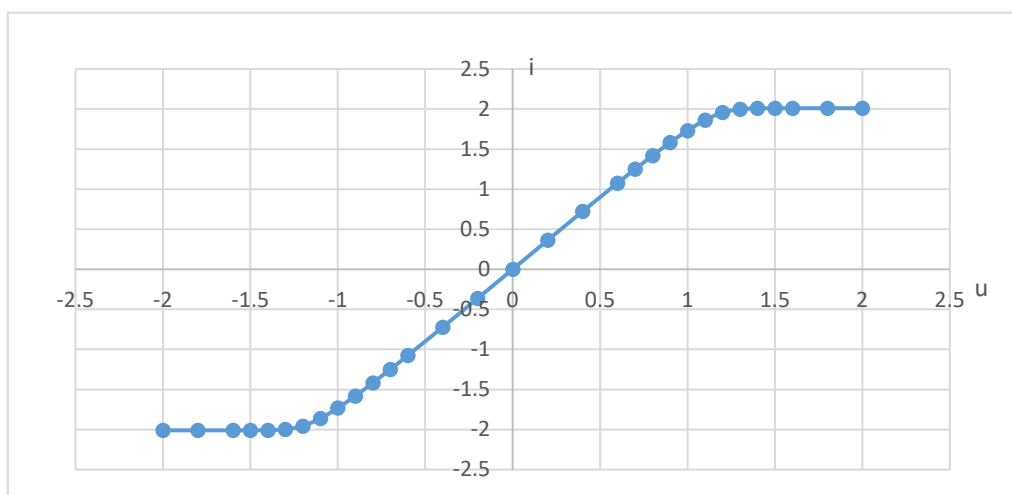


图 8 设计一电路伏安特性曲线

2. 设计二

首先运用并联分解法，将图 2 分解为六个伏安特性图，如图 9 所示。

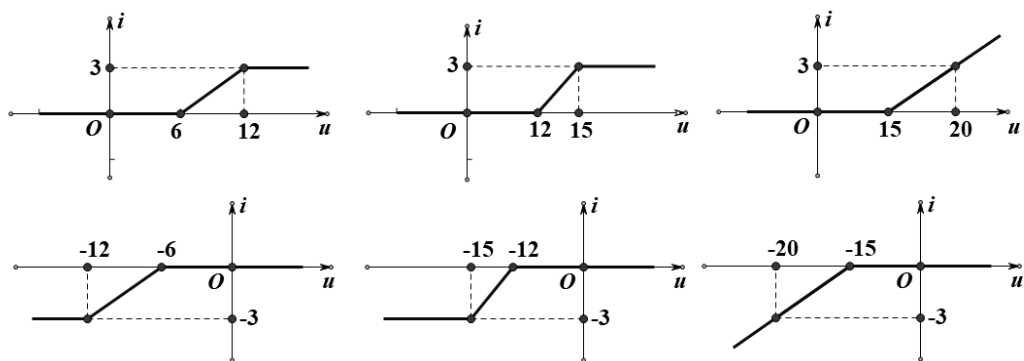


图 9 并联分解法

根据以上推论，同理可设计出以下电路：

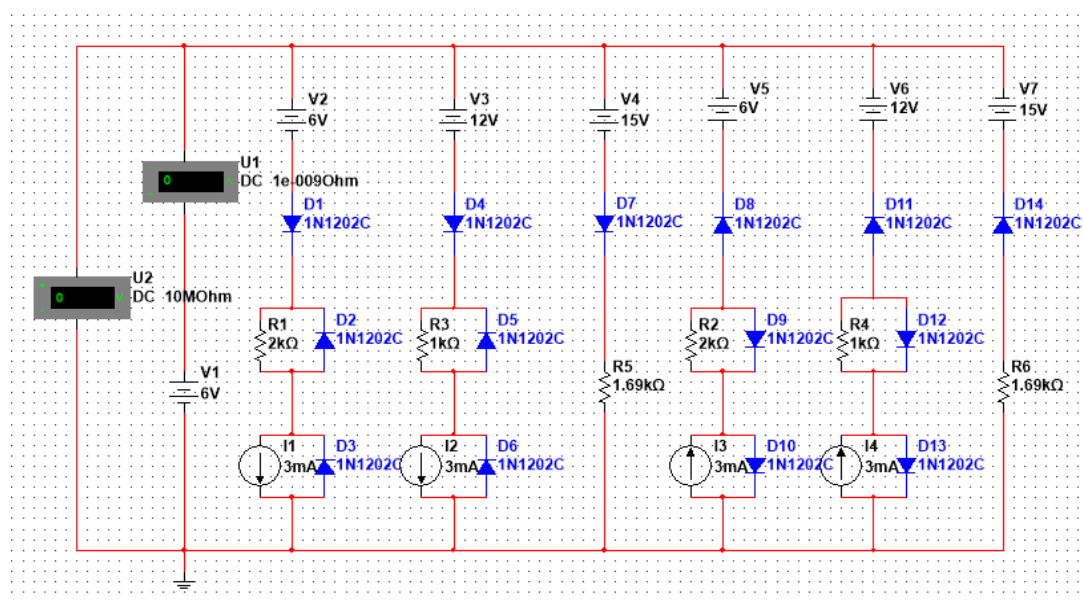


图 10 设计二电路图

用电压表和电流表测量总电压 u 和总电流 i ，得到以下数据：

总电压 u (V)	-25	-21	-20	-19	-16	-15	-14	-13	-12
总电流 i (mA)	-12	-9.432	-8.843	-8.253	-6.526	-5.898	-5.011	-4.075	-3.1
总电压 u (V)	-11	-7	-6	-5	0	5	6	7	11
总电流 i (mA)	-2.483	-0.56	-0.107	-0.001	0	0	0.107	0.56	2.483
总电压 u (V)	12	13	14	15	16	19	20	21	25
总电流 i (mA)	3.098	4.077	5.008	5.903	6.526	8.249	8.832	9.429	12

表 2 设计二电路总电流 i 和总电压 u 关系表

根据表 2 数据，绘制设计二电路伏安特性曲线，并与图 2 比较。

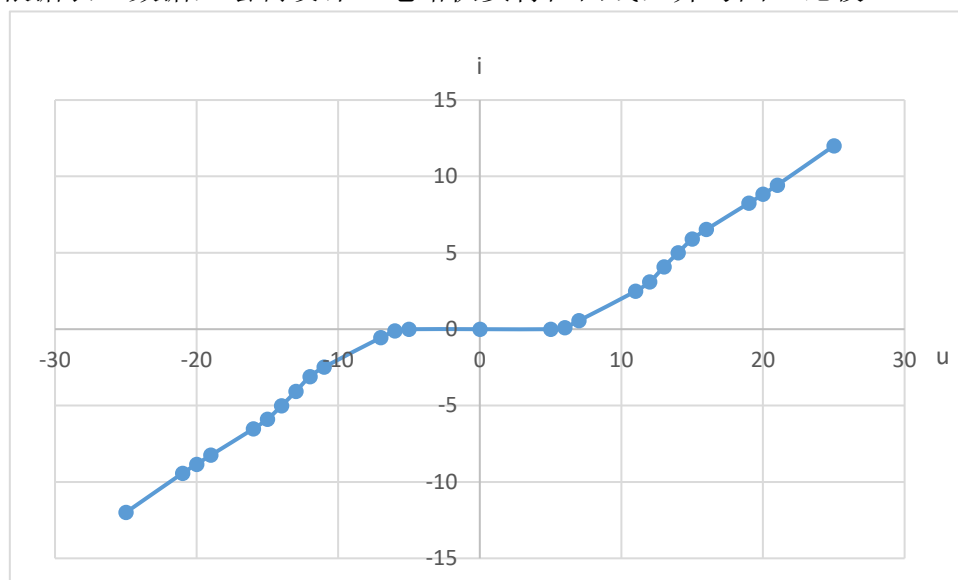


图 11 设计二电路伏安特性曲线

五、结论

1. 本次实验，按照给定的伏安特性曲线，成功完成了设计两个非线性电阻电路的任务，并利用 Multisim 仿真，分别测得了两个电路的伏安特性曲线。结果显示，所绘制的曲线与给定曲线形状基本一致。
2. 本次实验绘制的伏安特性曲线，与给定曲线仔细比对，发现绘制曲线的转折点与原图有一定误差。经过分析，基本确定是由仿真实验所用的二极管不是理想二极管造成的。由于二极管存在一定的导通电压，所以实验所得的伏安特性曲线转折点跟理论上相比，会有一定的偏移。

六、致谢

首先感谢教授基础知识的老师们，正是他们的谆谆教诲让我有了做电工电子实验的基础，让我感受到了电工电子实验带来的乐趣。此外，也感谢在我遇到困难时给予帮助的同学们，他们的支持给我带来了动力。

七、参考文献

1. 《电工仪表与电路实验技术》马鑫金主编，机械工业出版社
2. 《电路》黄锦安主编，机械工业出版社