

# 实验 5 戴维南定理验证和最大功率传输条件的测定

班级  
姓名  
学号

## 实验 5 戴维南定理验证和最大功率传输条件的测定

### 一. 实验目的

- 1. 用实验方法验证戴维南定理，加深理解等效电路的概念。
- 2. 掌握有源二端网络的开路电压和输入端等效电阻的测定方法，并了解各种测量方法的特点。
- 3. 验证有源二端网络输出最大功率的条件。

### 二. 预习内容

- 1. 根据图 2-5-5，计算开路电压  $U_{oc}$ ，短路电流  $I_{sc}$ ，等效电阻  $R_{eq}$ ，输出最大功率  $P_{Lmax}$ 。

### 三. 实验原理

**1. 戴维南定理**  
一个含独立电源、受控源和线性电阻的一端口网络，其对外作用可以用一个电压源串联电阻的等效电源代替，此电压源的电压等于此一端口网络的开路电压  $U_{oc}$ ，电阻是一端口网络内部各独立电源置零后所对应的不含独立源的一端口网络的输入电阻(或称等效电阻)  $R_{eq}$ ，如图 2-5-1 所示。

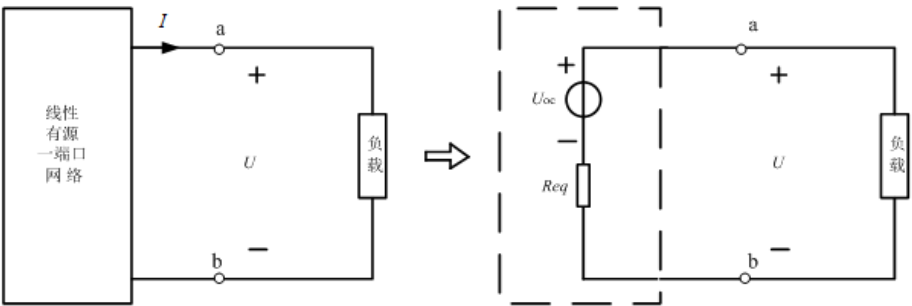


图 2-5-1 戴维南等效电路

- (1) 开路电压的测定方法
- 1) 直接测量法  
当有源一端口网络的入端等效电阻  $R_{eq}$  与电压表的内阻  $R_v$  相比可以忽略不计时，可以用电压表直接测量该网络的开路电压  $U_{oc}$ 。
  - 2) 补偿法  
当有源一端口网络的入端电阻  $R_{eq}$  较大时，用电压表直接测量开路电压的误差较大，这时采用补偿法测量开路电压则较为准确。  
图 2-5-2 中虚线框内为补偿电路， $U_s$  为直流电压源，可变电阻器  $R_p$  接成分压器使用， $G$  为检流计。测量步骤如下：首先用电压表初测被测网络的开路电压  $U_{oc}$ ，并调整补偿电路中的分压器使  $U_{AB}$  近似等于初测的开路电压  $U_{oc}$ ；然后将 A、B 与 A'、B' 对应相接，再细调补偿短路中的分压器，使检流计  $G$  的指示为零，被测网络即相当于开路，此时电压表所测得的

电压就是该网络的开路电压  $U_{\infty}$ 。由于这时被测网络不输出电流，网络内部无电压降，因此测得的开路电压数值较前一种方法准确。

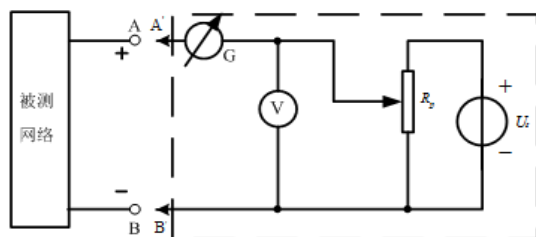


图 2-5-2 补偿法测量开路电压

## (2) 输入端等效电阻 $R_{eq}$ 的测定方法

### 1) 外加电源法

将有源一端口网络内部的电压源  $U_s$  做短路处理，电流源  $I_s$  做开路处理，被测网络成为无源网络，然后在网络端口加一给定的电源电压  $U_s$ ，测量流入网络的电流  $I$ ，如图 2-5-3 所示，输入端等效电阻

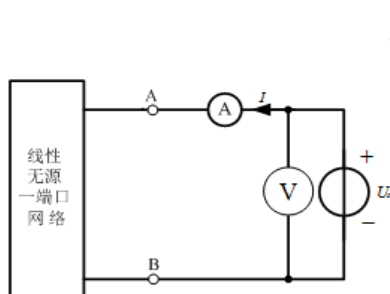


图 2-5-3 外加电源法测量输入端等效电阻

$$R_{eq} = \frac{U_s}{I}$$

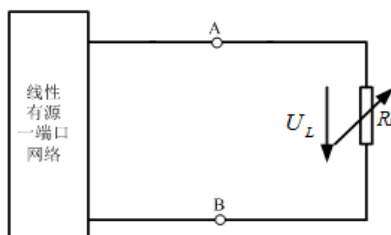


图 2-5-4 半偏法测等效电阻

若被测网络内部去掉独立源后，仅由电阻元件组成，可直接用万用表的电阻档去测出输入端等效电阻  $R_{eq}$ 。

实际上网络内部的独立电源都具有一定的内阻，它并能与电源本身分开。在去掉独立电源的同时，其内阻也被去掉，这将影响测量的准确性，因此这种测量方法仅适用于独立电压源内阻很小和独立电流源内阻很大的情况。

### 2) 半偏法

先测出有源一端口网络的开路电压  $U_{\infty}$ ，再按图 2-5-4 接线， $R_L$  为电阻箱的电阻，调节  $R_L$ ，使其两端电压  $U_L$  为开路电压  $U_{\infty}$  的一半，即  $U_L = \frac{1}{2} U_{\infty}$ ，此时  $R_L$  的数值即等于  $R_{eq}$ 。这种方法克服了前两种方法的局限性，在实际测量中被广泛采用。

### 3) 开路短路法

分别测量有源一端口网络的开路电压  $U_{\infty}$  和短路电流  $I_{sc}$ ，则

$$R_{eq} = \frac{U_{\infty}}{I_{sc}}$$

这种方法简便，但对于不允许直接短路的一端口网络是不能采用的。

## 2. 最大功率传输定理

如前所述，一个实际电源或线性有源一端口网络，不管它内部具体电路如何，都可以等效简化为理想电压源  $U_s$  和一个电阻  $R_{eq}$  的串联。当负载  $R_L$  与电源内阻  $R_{eq}$  相等时，负载  $R_L$  可获得最大功率，即

$$P_{\max} = I^2 R_L = \frac{U_s^2 \cdot R_L}{(R_{eq} + R_L)^2} = \frac{U_s^2}{4R_{eq}}$$

此时电路的效率为

$$\eta = \frac{I^2 R_L}{I^2 (R_{eq} + R_L)} \times 100\% = 50\%$$

这种情况称为“匹配”，在“匹配”情况下，负载的两端电压仅为电源电动势一半，传输效率为 50%。

#### 四. 实验步骤

##### 1. 测量有源一端口网络的开路电压 $U_{oc}$ 和输入端等效电阻 $R_{eq}$ 。

按图 2-5-5 的有源一端口网络接法, 取  $U_s = 10V$ ,  $R_1 = 150\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 100\Omega$ , 参照实验原理, 自己选定测量开路电压和等效电阻的方法, 将测量结果记录下来。

$U_{oc} =$  \_\_\_\_\_;  $I_{sc} =$  \_\_\_\_\_;  $R_{eq} =$  \_\_\_\_\_;

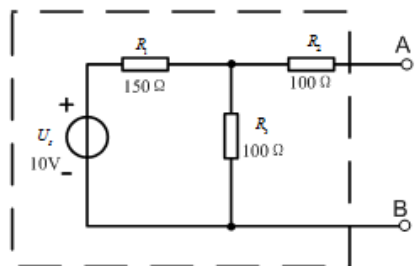


图 2-5-5 有源一端口网络实验线路

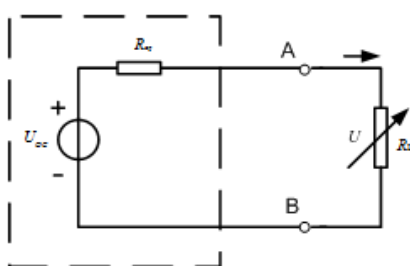


图 2-5-6 戴维南等效电源电路

注意: 图 2-5-6 中电压源的电压要取测量的  $U_{oc}$ , 不要取  $U_s (=10V)$ 。

##### 2. 测定有源一端口网络的外特性

在图 2-5-5 有源一端口网络的 A、B 端上, 依次按表 2-5-1 中各  $R_L$  的值取电阻作为负载电阻  $R_L$ , 测量相应的端电压  $U$  和电流  $I$ , 记入表 2-5-1 中。

表 2-5-1 有源一端口网络及戴维南等效外特性实验数据

负载电阻 $R_L (\Omega)$		0	51	100	150	220	330	开路	$R_{eq}$
有源二端口网络 图 2-5-5	$U(V)$							$U_{oc}$	
	$I(mA)$	$I_{sc}$							
	计算 $P = I^2 R_L (W)$								
戴维南等效电源 图 2-5-6	$U(V)$								
	$I(mA)$								
	计算 $P = I^2 R_L (W)$								

注意: 表中的  $U_{oc}$  处填测量的电压值, 此电压值为开路电压  $U_{oc}$  的值。表中的  $I_{sc}$  处填测量的电流值, 此电流值为短路电流  $I_{sc}$ 。在实际实验中, 由于条件所限, 等效电阻  $R_{eq}$  可能无法做到与开路短路法计算值相同的电阻, 因此我们要采用和  $R_{eq}$  计算值相近的值, 这会带来一些误差, 请同学们注意。

##### 3. 测定戴维南等效电源的外特性

按图 2-5-6 接线, 图中  $U_{oc}$  和  $R_{eq}$  为图 2-5-5 中有源一端口网络的开路电压和等效电阻,  $U_{oc}$  从直流稳压电源取得,  $R_{eq}$  从电阻中取一个近似的得到。在 A、B 端接上另一电阻作为负载电阻  $R_L$ ,  $R_L$  分别取表 2-5-1 中所列的各值, 测量相应的端电压  $U$  和电流  $I$ , 记入表 2-5-1 中。

#### 六. 注意事项

1. 若采用图 2-5-2 的补偿法测量有源一端口网络的开路电压, 应使 A、B 端和 A'、B' 端电压的极性一致, 电压的数值接近相等, 才能接通电路进行测量, 否则会使电流过大而击毁检流计。

2. 用万用表直接测  $R_{eq}$  时, 网络内的独立电源必须先置零, 以免损坏万用表。另外, 欧姆档必须经过调零后, 才能进行测量。

# 戴维南定理验证和最大功率传输条件的测定

## 一．实验目的

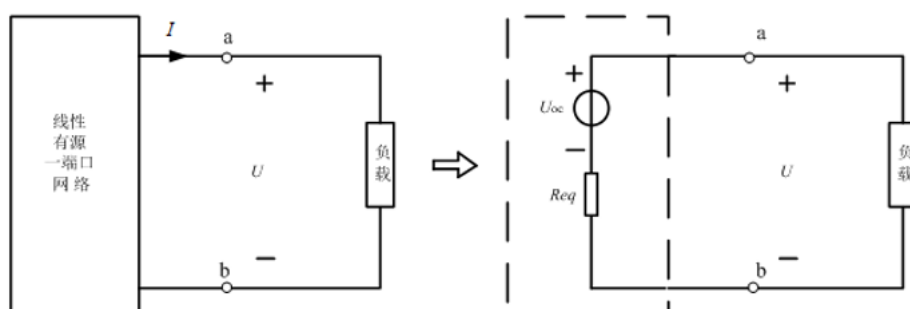
- 1、用实验方法验证戴维南定理，加深理解等效电路的概念
- 2、掌握有源二端网络的开路电压和输入端等效电阻的测量方法，并了解各种测量法的特点
- 3、验证有源二端网络输出最大功率的条件

## 二．实验原理（20分）

### 1. 戴维南定理：

- (1) 内容：一个含独立电源、受控源和线性电阻的一端口网络，其对外作用可以用一个电压源串联电阻的等效电源代替，此电压源电压等于此一端口网络的开路电压  $U_{oc}$ ，电阻是一端口网络内部各独立电源置零后所对应的不含独立源的一端口网络的输入电阻（或称等效电阻） $R_{eq}$

### (2) 戴维南等效电路图



- (3) 测定开路电压的常用方法为：直接测量法和补偿法，其中补偿法的测量结果较为准确。

- (4) 测定等效内阻的常用方法为：外加电源法、半偏法和开路短路法。

各测定方法的局限性为：

（方法一）网络内部的独立电源都有一定的内阻，在去掉独立电源的同时，其内阻也被去掉，这将影响测量的准确性，因此这种测量方法仅适用于独立电压源内阻很小和独立电压源内阻很大的情况

（方法二）

这种方法克服了其他两种方法的局限性，在实际测量中被广泛使用

（方法三）

对于不允许直接短路的一端口网络是不能采用的

### 三． 实验理论值计算（10 分）

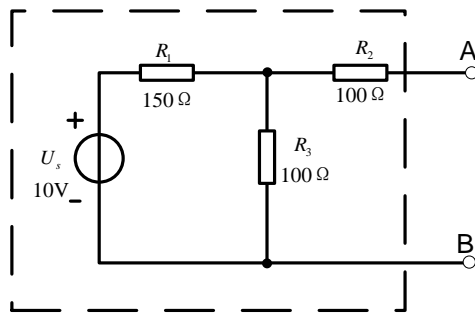


图 4.1 有源一端口网络实验图

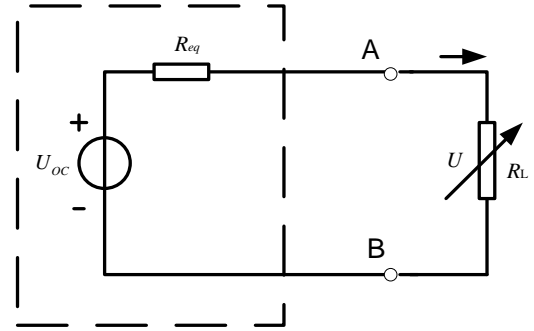


图 4.2 戴维南等效电源电路图

如图， $U_s = 10\text{V}$ ， $R_1 = 150\Omega$ ， $R_2 = R_3 = 100\Omega$ ，根据图 4.1 的有源一端口网络实验图，计算出开路电压  $U_{oc}$  和等效电阻  $R_{eq}$ 。

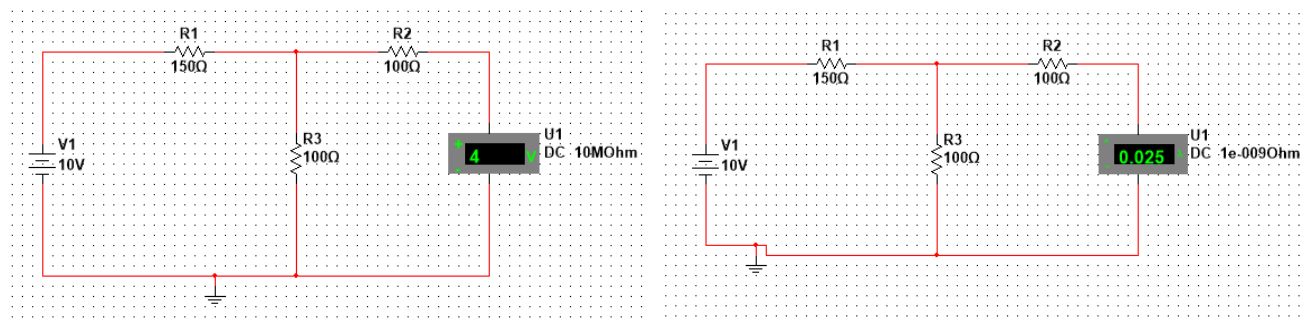
$$U_{oc} = U_s R_3 / (R_1 + R_3)$$

$$R_{eq} = R_1 // R_3 + R_2$$

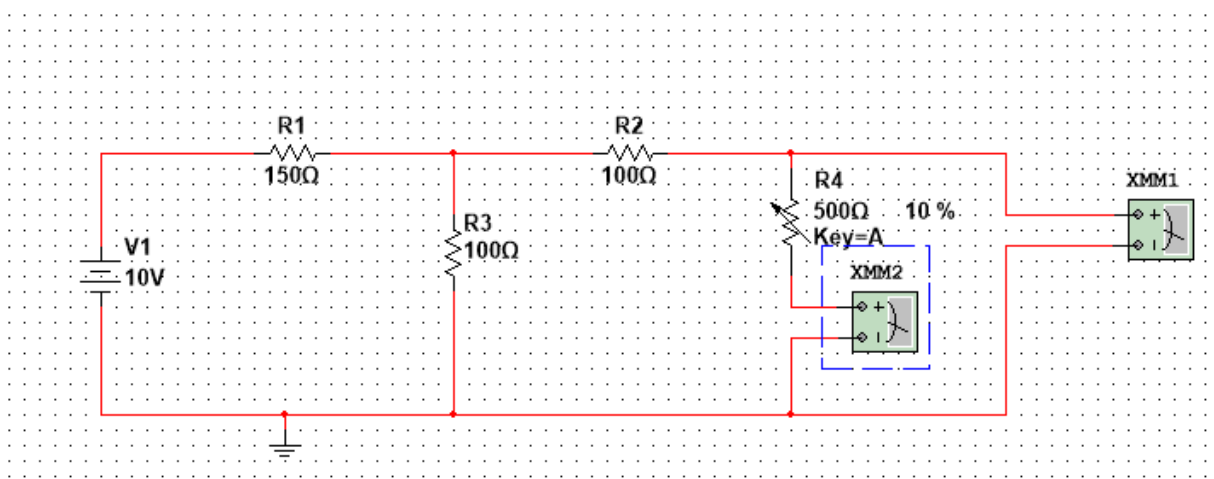
代入数值得  $U_{oc} = 4.00\text{V}$ ， $R_{eq} = 160\Omega$

#### 四．实验仿真图（10分）

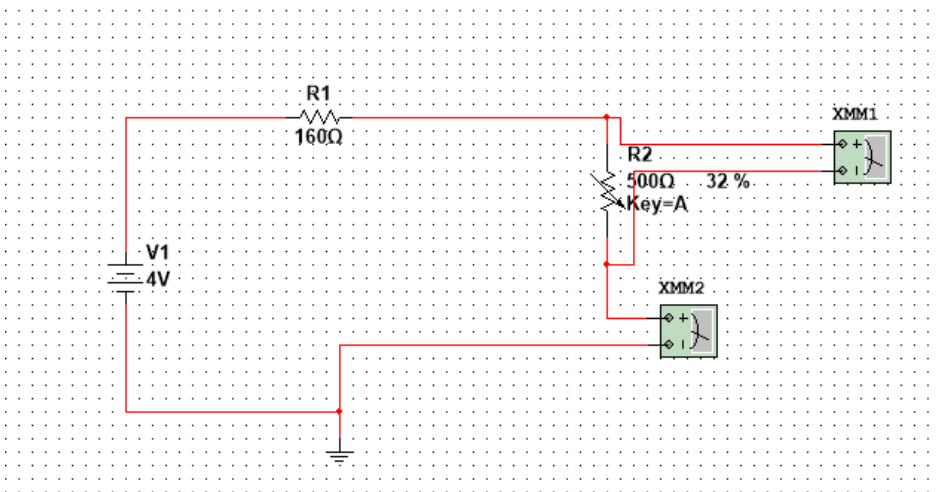
1. 测量有源一端口网络的开路电压  $U_{oc}$  和输入端等效电阻  $R_{eq}$



2. 测定有源一端口网络的外特性



3. 测定戴维南等效电源的外特性



## 五．实验数据记录（15 分）

1. 表 4-1-1 测量有源一端口网络的开路电压  $U_{oc}$  和输入端等效电阻  $R_{eq}$

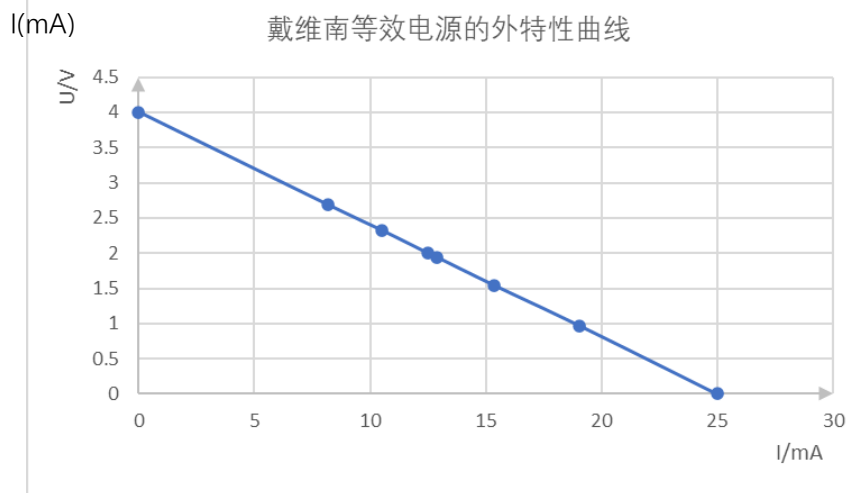
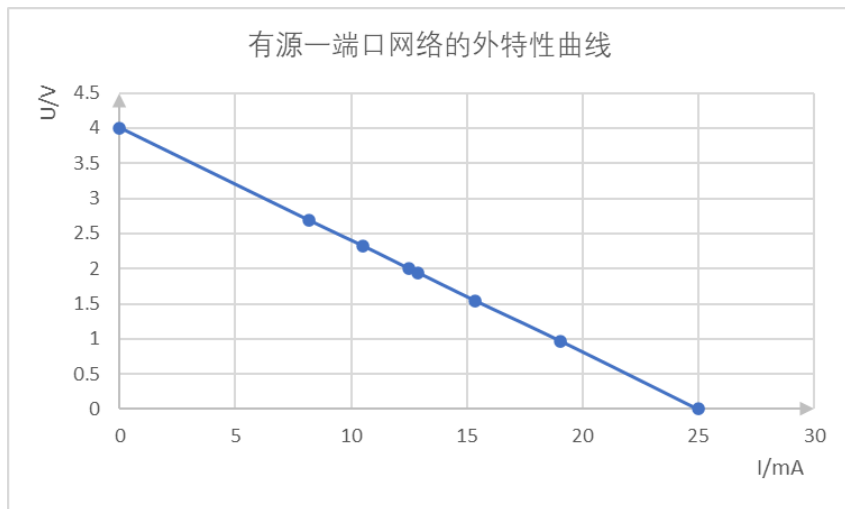
$U_{oc}$	$I_{sc}$	$R_{eq}$
4.00v	25.00mA	160 $\Omega$

2. 表 4-1-2 测定有源一端口网络的外特性/测定戴维南等效电源的外特性

负载电阻 $R_L (\Omega)$		0	51	100	150	220	330	开路	$R_{eq}$
有源 二端 网络	$U(V)$	0	0.97	1.54	1.94	2.32	2.69	4.00	2.00
	$I(mA)$	25.00	19.05	15.38	12.90	10.53	8.16	0	12.50
	计算 $P=I^2R_L (W)$	0	0.018	0.024	0.025	0.024	0.022	0	0.025
戴维南 等效 电路	$U(V)$	0	0.97	1.54	1.94	2.32	2.69	4.00	2.00
	$I(mA)$	25.00	19.05	15.38	12.90	10.53	8.16	0	12.50
	计算 $P=I^2R_L (W)$	0	0.018	0.024	0.025	0.024	0.022	0	0.025

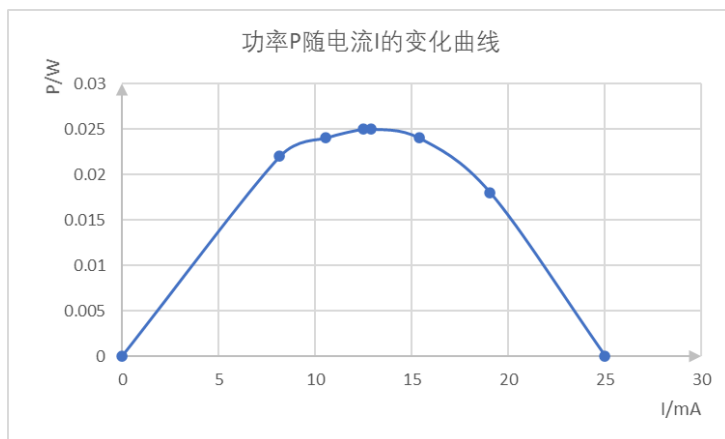
## 六．实验结果与分析（20 分）

1. 在两个坐标平面上作出表 4-1-2 中的两条外特性曲线，并加以分析比较。



分析：因为两组电路等效，所以两组曲线图完全相同

2. 绘制功率  $P$  随电流  $I$  变化的曲线,得出最大功率传输的条件是什么？



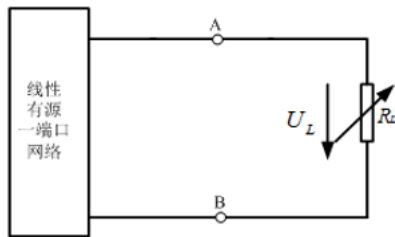
最大传输条件：当负载  $R_L$  与电源内阻  $R_{eq}$  相等时，负载  $R_L$  可以获得最大功率



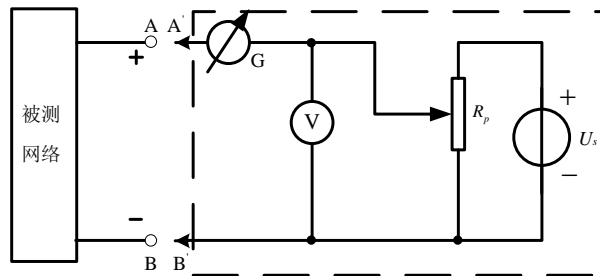
## 七．实验思考题（10 分）

1．若含源二端网络不允许短路，如何用其他方法测出其等效电阻  $R_{eq}$ ？

采用半偏法，先测出有源一端口网络的开路电压  $U_{oc}$ ，在按图所示接线， $R_L$  为电阻箱的电阻，调节  $R_L$ ，使其两端电压  $U_L$  为开路电压  $U_{oc}$  的一半，即  $U_L = 1/2 U_{oc}$ ，此时  $R_L$  的数值即等于  $R_{eq}$



2．如下图，如果在补偿法测量开路电压时，将  $A'$  和  $B$  相接， $B'$  和  $A$  相接，能否达到测量电压  $U_{ab}$  的目的？为什么？



不能，因为如果按题中接法，回路中会存在电流，产生压降，电压表的示数就不是实际开路电压  $U_{ab}$

## 八．实验总结（10 分）

在本次实验中，用实验方法验证了戴维南定理，加深了等效电路的概念的理解；通过本次实验掌握了有源二端网络的开路电压和输入端等效电阻的测量方法，并了解了各种测量法的特点；验证了有源二端网络输出最大功率的条件，可谓收获多多