

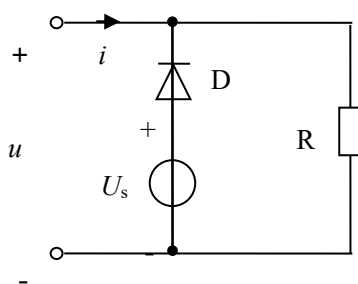
习题十五

15-1 某非线性电阻的伏安特性为 $u = 2i + 5i^2$ ，求该电阻在工作点 $I_Q = 0.2A$ 处的静态电阻和动态电阻。

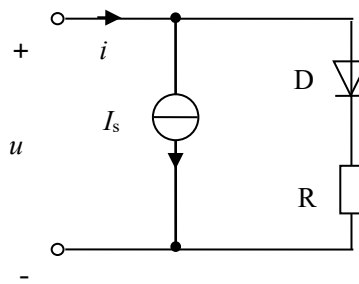
解： 静态电阻 $R = \frac{u}{i} = (2 + 5i) \Big|_{i=0.2A} = 3\Omega$

动态电阻 $R_d = \frac{du}{di} = (2 + 10i) \Big|_{i=0.2A} = 4\Omega$

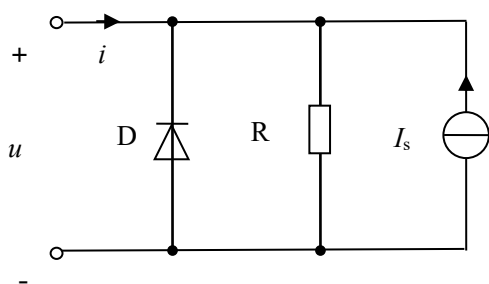
15-2 画出题 15-2 图示电路端口的伏安特性曲线。其中 D 为理想二极管，并假设 $U_s > 0, I_s > 0$ 。



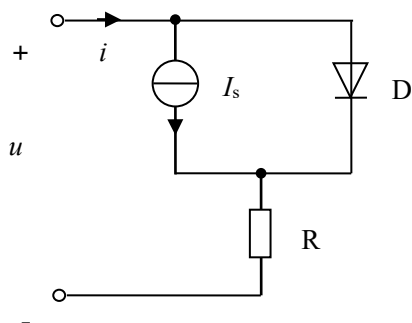
(a)



(b)



(c)



(d)

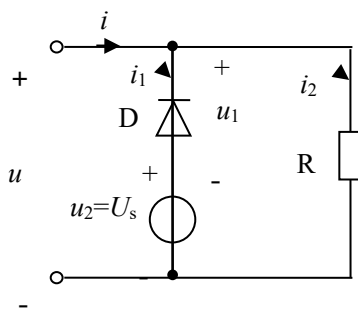
题 15-2 图

解：(a) 图：

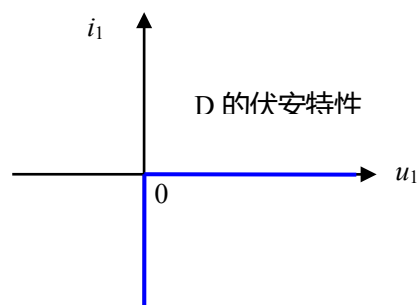
各元件上电压、电流的参考方向如图 (1)，其伏安特性曲线如图 (2)、(3)、(4) 所示。

二极管 D 与电压源 U_s 串联后的伏安特性如图 (5) 所示。

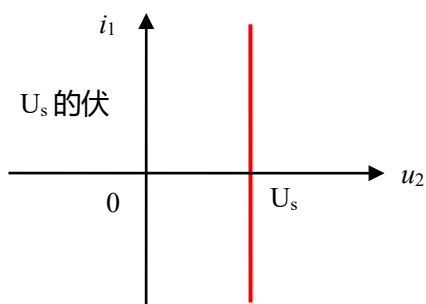
再并电阻 R 后，电路端口的伏安特性曲线如图 (6) 所示。



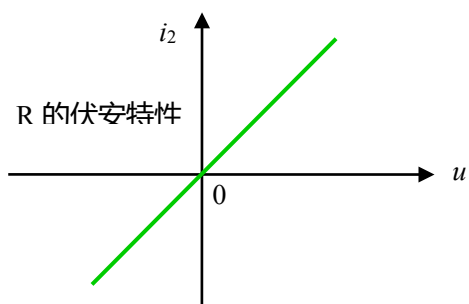
(1)



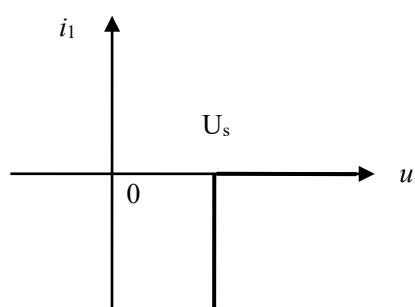
(2)



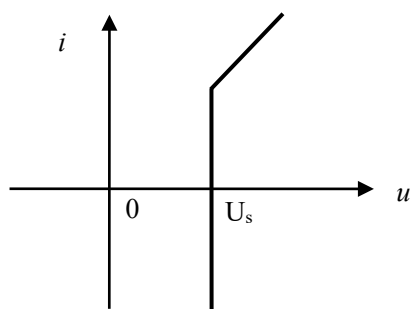
(3)



(4)



(5)



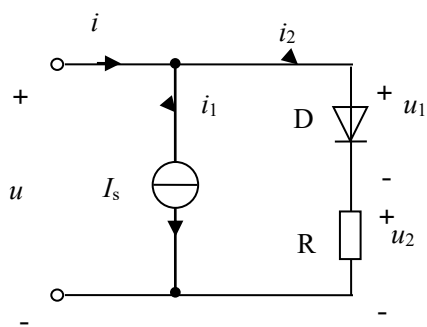
(6)

(b) 图:

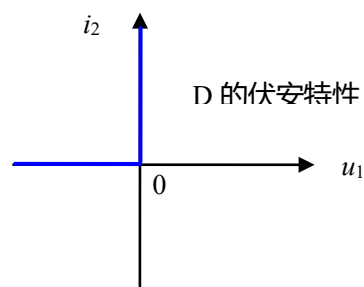
各元件上电压、电流的参考方向如图 (1), 其伏安特性曲线如图 (2)、(3)、(4) 所示。

二极管 D 与电阻 R 串联后的伏安特性如图 (5) 所示。

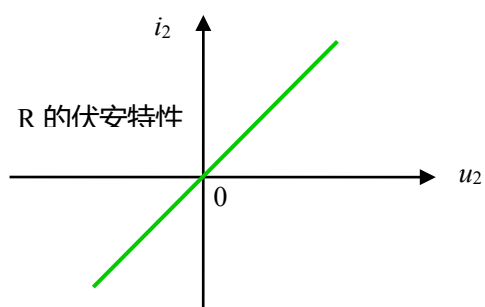
再并电流源 I_s 后, 电路端口的伏安特性曲线如图 (6) 所示。



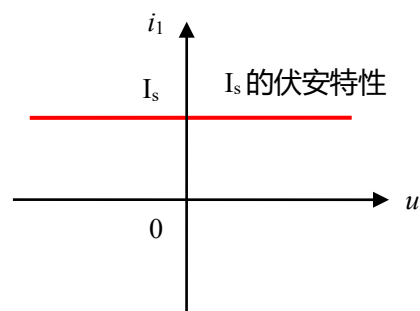
(1)



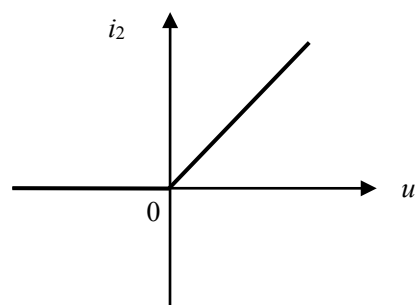
(2)



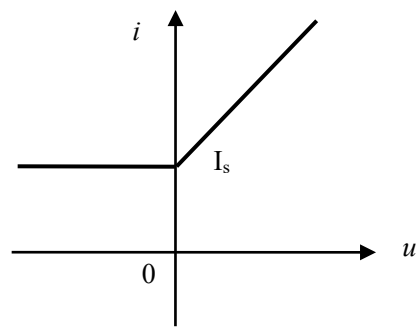
(3)



(4)



(5)



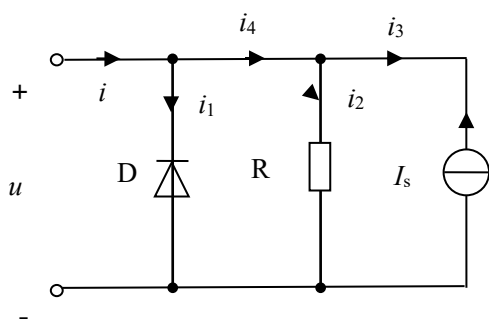
(6)

(c) 图:

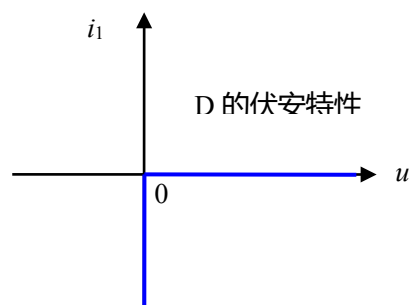
各元件上电压、电流的参考方向如图 (1)，其伏安特性曲线如图 (2)、(3)、(4) 所示。

电流源 I_s 与电阻 R 并联后的伏安特性如图 (5) 所示。

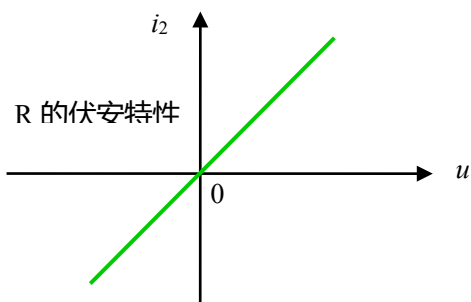
再并二极管 D 后，电路端口的伏安特性曲线如图 (6) 所示。



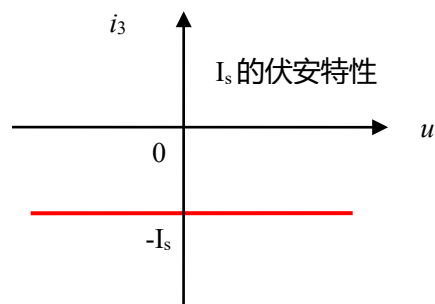
(1)



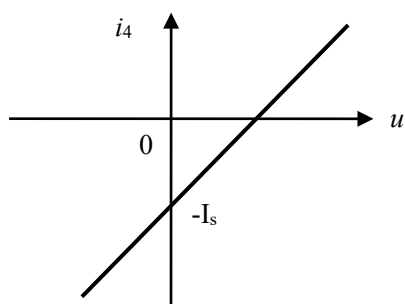
(2)



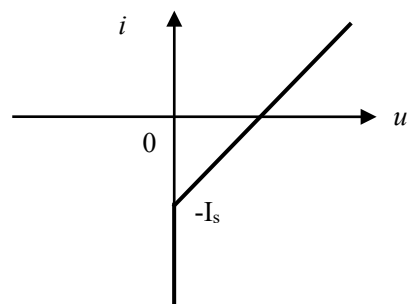
(3)



(4)



(5)



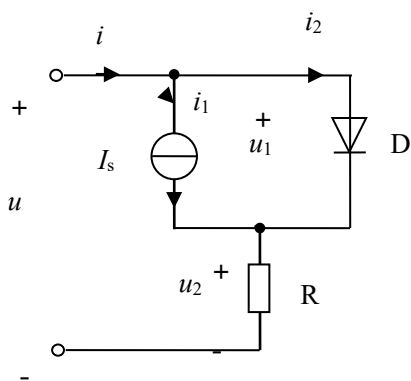
(6)

(d) 图:

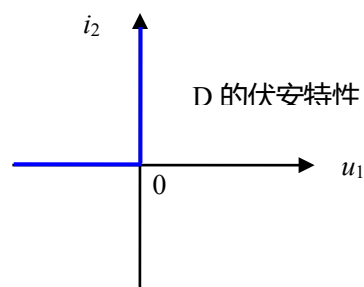
各元件上电压、电流的参考方向如图 (1), 其伏安特性曲线如图 (2)、(3)、(4) 所示。

二极管 D 与电阻 R 串联后的伏安特性如图 (5) 所示。

再并电流源 I_s 后, 电路端口的伏安特性曲线如图 (6) 所示。



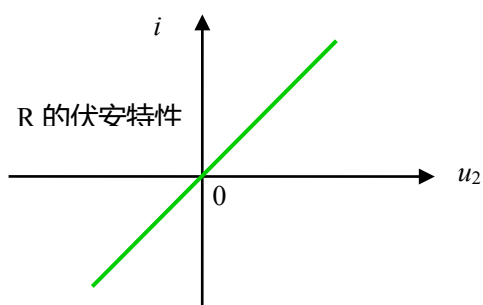
(1)



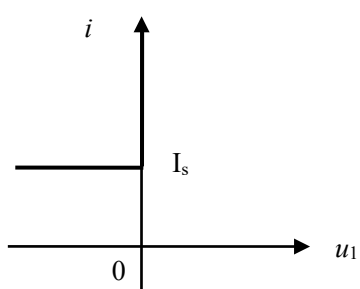
(2)



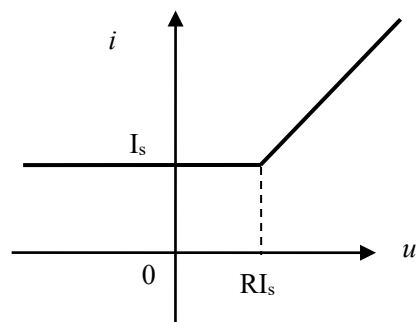
(3)



(4)

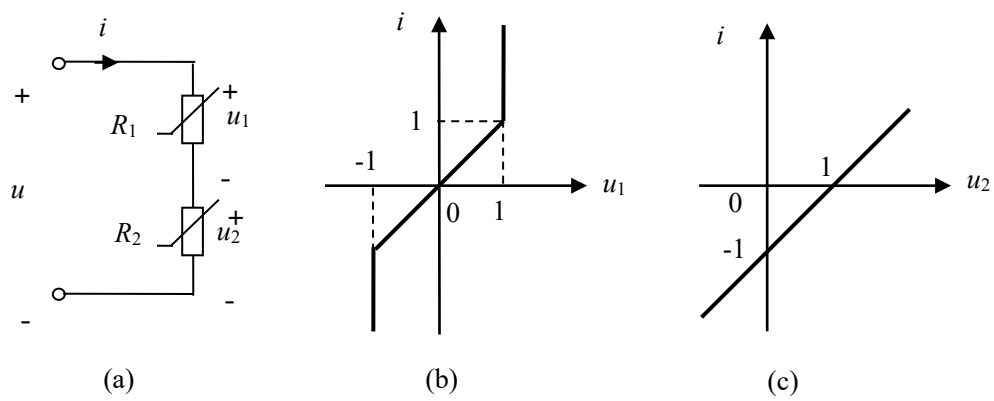


(5)



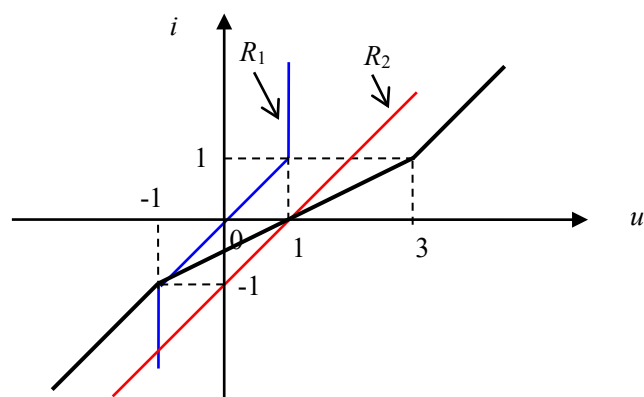
(6)

15-3 求非线性电阻 R_1 和 R_2 串联后的伏安特性。 R_1 和 R_2 的伏安特性如题 15-3 图 (b)和(c) 所示。

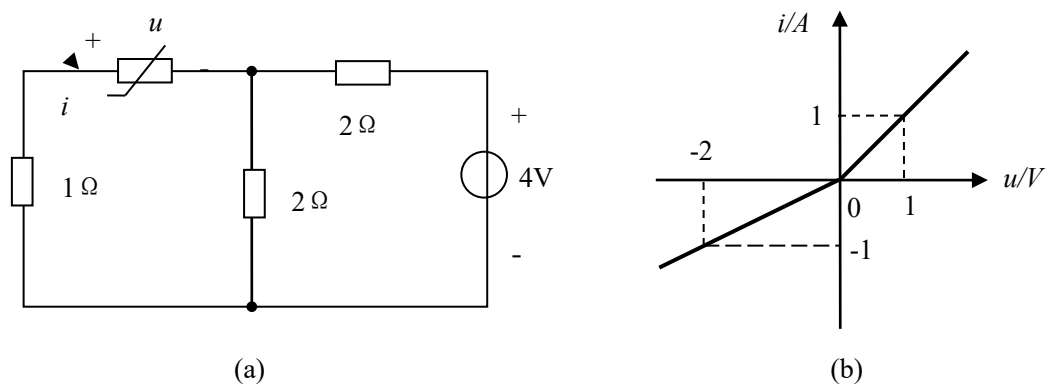


题 15-3 图

解：根据 KVL，非线性电阻 R_1 和 R_2 串联后的伏安特性如图中粗黑线所示。

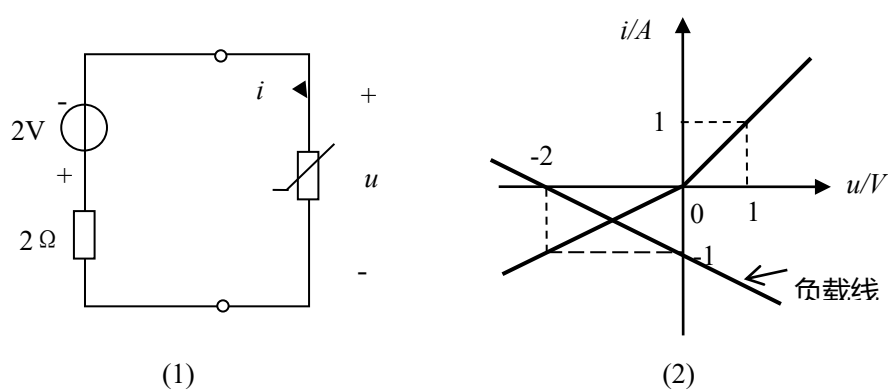


15-4 电路如题 15-4 图(a)所示。非线性电阻的伏安特性如图(b)所示。用图解法求 u 和 i 的值。



题 15-4 图

解：化简非线性电阻以外的电路，如图 (1)。



非线性电阻左侧电路 u 、 i 的关系为

$$u = -2 - 2i \quad (1)$$

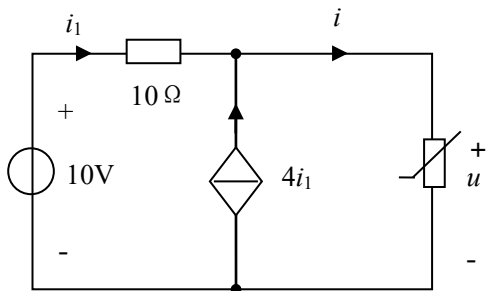
依此式画负载线如图 (2) 所示，与负载线相交的非线性电阻的 u 、 i 关系为

$$i = \frac{1}{2}u \quad (2)$$

联立求解式 (1)、(2) 得

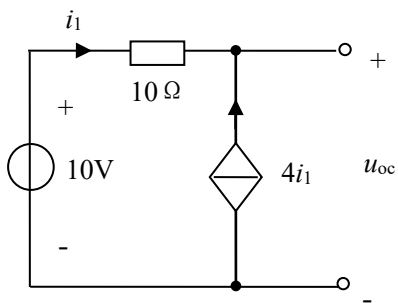
$$\begin{cases} u = -1V \\ i = -0.5A \end{cases}$$

15-5 电路如题 15-5 图(a)所示, 非线性电阻的伏安特性为 $u = i^2$ ($i > 0$)。求 u 和 i 的值。

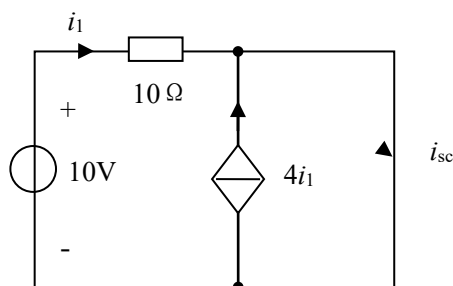


题 15-5 图

解: 先求非线性电阻左侧电路的戴维南等效电路。



(1)



(2)

求开路电压: 如图 (1)

$$\because i_1 = -4i_1$$

$$\therefore i_1 = 0$$

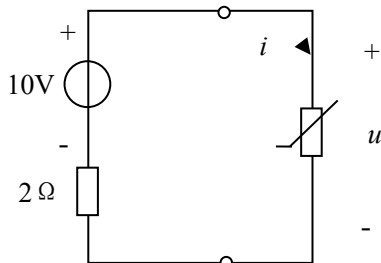
$$\text{故 } u_{oc} = 10V$$

开短路法求等效电阻: 求短路电流, 如图 (2)

$$\because i_1 = \frac{10}{10} = 1A$$

$$i_{sc} = i_1 + 4i_1 = 5A$$

$$\therefore R_0 = \frac{u_{oc}}{i_{sc}} = 2\Omega$$



(3)

等效电路如图 (3)

列 KVL 方程 $10 - 2i - u = 0$

将非线性电阻的伏安特性 $u = i^2$ 代入

$$i^2 + 2i - 10 = 0$$

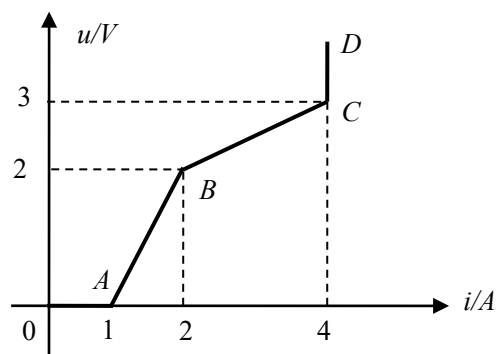
$$\text{解得} \quad i_{1,2} = \begin{cases} 2.32A \\ -4.32A \end{cases}$$

$$\because i > 0$$

$$\text{所以取} \quad i = 2.32A$$

$$u = i^2 = 5.38V$$

15-6 一个二端网络的伏安特性（关联）如题 15-6 图所示，画出各段的等效电路。

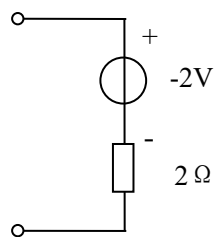


题 15-6 图

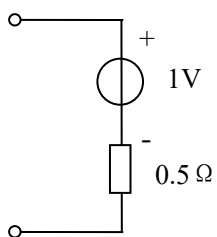
解：各段的等效电路如下图



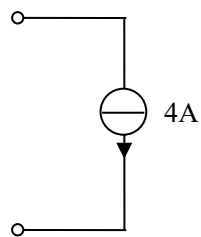
0A 段



AB 段

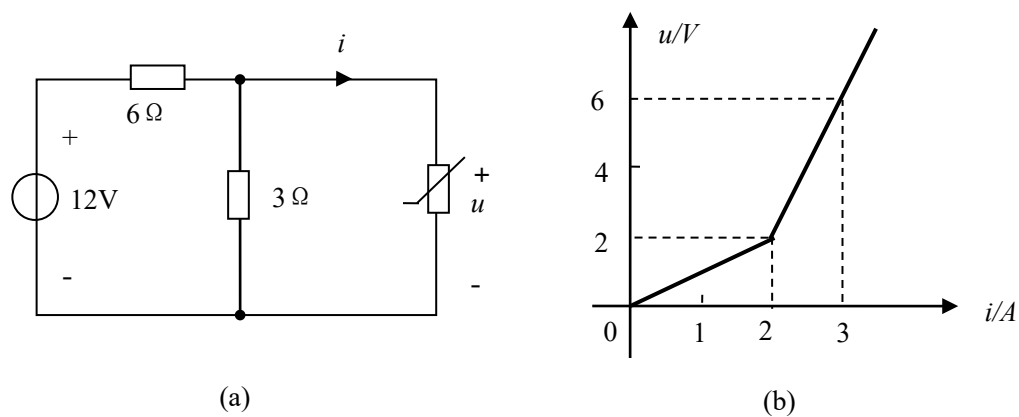


BC 段



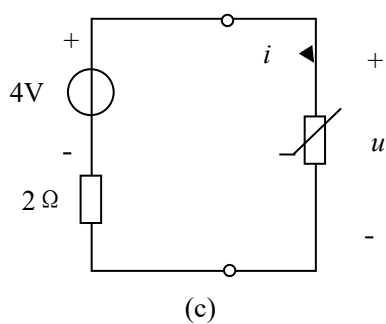
CD 段

15-7 题 15-7 图示电路。用分段线性化法求 u 和 i 的值。非线性电阻的伏安特性曲线如图(b)所示。

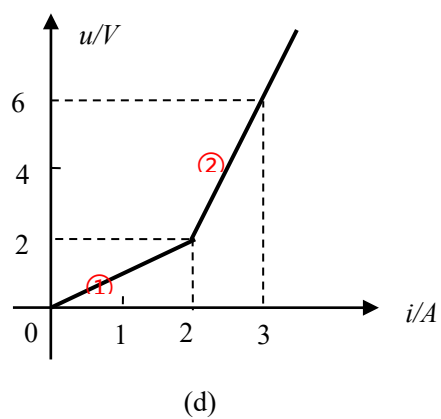


题 15-7 图

解：化简后的等效电路如图(c)所示。



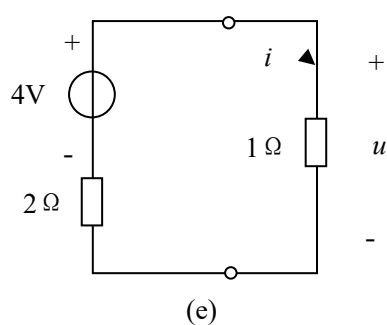
将非线性电阻工作区域分为 2 段，如图(d)。



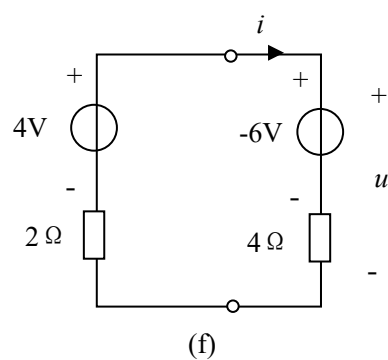
假设非线性电阻工作在第①段，其等效电路如图(e)所示。

由此解得

$$i = \frac{4}{3} A, \quad u = \frac{4}{3} V$$



由于该值落在了相应的线段上，所以是电路的解。



假设非线性电阻工作在第②段，其等效电路如图(f)所示。

$$i = \frac{4 - (-6)}{2 + 4} = \frac{5}{3} A$$

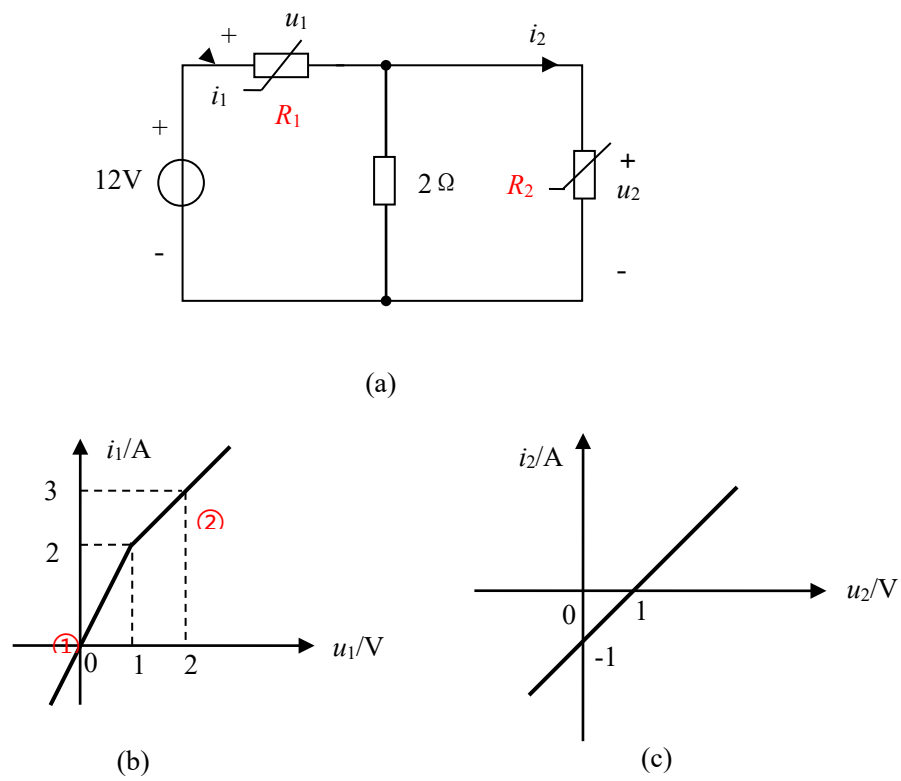
$$u = -6 + 4i = \frac{2}{3} V$$

由于该值没落在线段②上，所以不是电路的解。

综合以上分析，该电路的解为：

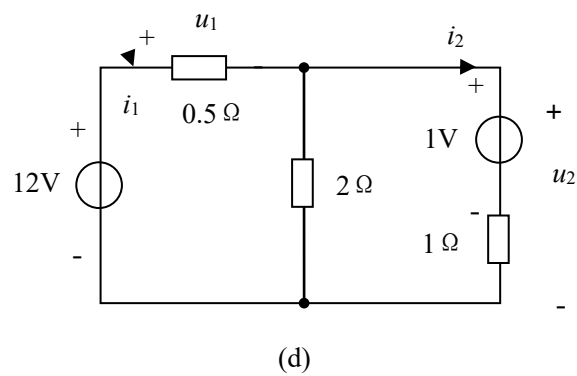
$$i = \frac{4}{3} A, \quad u = \frac{4}{3} V$$

15-8 题 15-8 图示电路中，两个非线性电阻的伏安特性曲线分别如图(b)和如图(c)所示，求 u_2 和 i_2 的值。



题 15-8 图

解：假设 R_1 工作在线段①，其等效电路如图(d)所示：



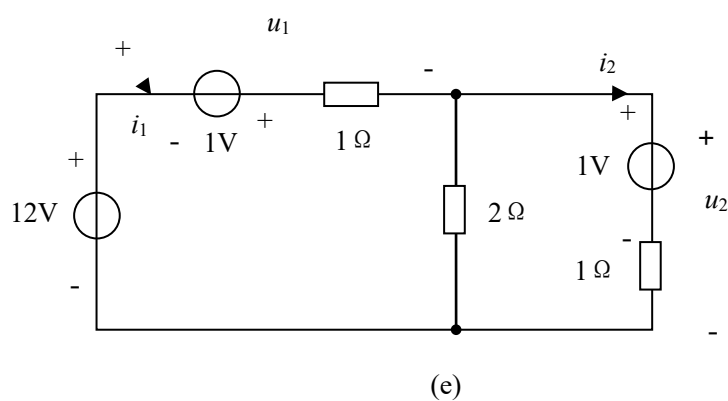
结点法: $(\frac{1}{0.5} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1})u_2 = \frac{12}{0.5} + \frac{1}{1}$

$$u_2 = 7.14V$$

$$u_1 = 12 - u_2 = 4.86V$$

由于电阻 R_1 的解没有落在相应的线段上，所以不是电路的解。

假设 R_1 工作在线段②，其等效电路如图(e)所示：



结点法: $(\frac{1}{1} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1})u_2 = \frac{12+1}{1} + \frac{1}{1}$

$$u_2 = 5.6V$$

$$u_1 = 12 - u_2 = 6.4V$$

$$i_1 = \frac{6.4+1}{1} = 7.4A$$

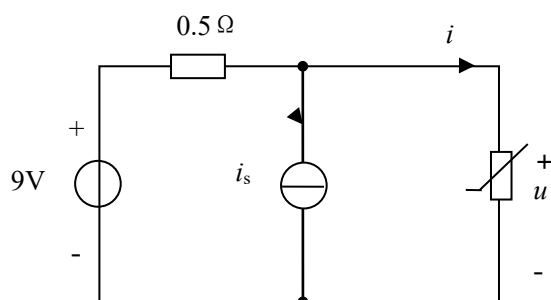
$$i_2 = \frac{u_2 - 1}{1} = 4.6A$$

由于解均落在了相应的线段上，所以是电路的解。

综合以上分析，该电路的解为：

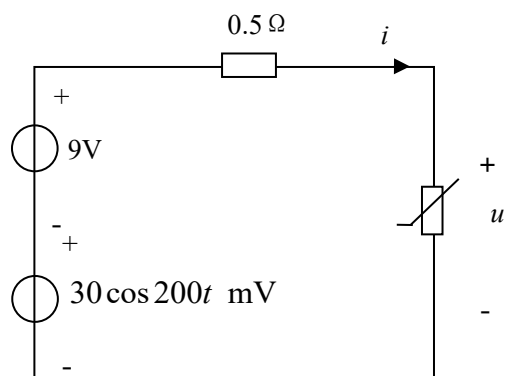
$$\begin{cases} u_2 = 5.6V \\ i_2 = 4.6A \end{cases}$$

15-9 题 15-9 图中，非线性电阻的伏安特性为 $i = (u + \frac{1}{3}u^3)$ A，交流激励源 $i_s(t) = 60\cos 200t$ mA，求 u 和 i 的值。



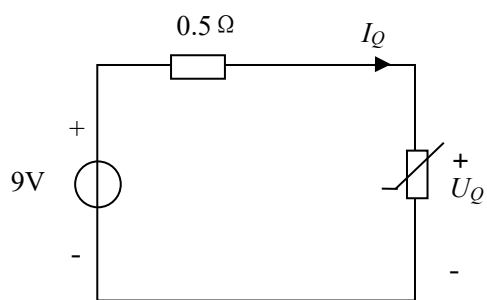
题 15-9 图

解：化简电路如图(a)



(a)

(1) 求直流工作点 I_Q 、 U_Q ：如图(b)



(b)

$$\begin{cases} 9 = 0.5I_Q + U_Q \\ I_Q = U_Q + \frac{1}{3}U_Q^3 \end{cases}$$

整理得

$$U_Q^3 + 9U_Q - 54 = 0$$

即

$$(U_Q - 3)(U_Q^2 + 3U_Q + 18) = 0$$

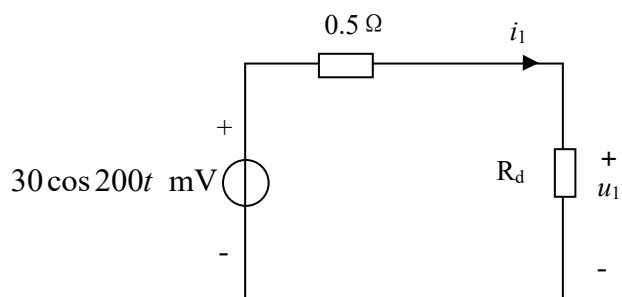
解得 $U_{Q1} = 3$, $U_{Q2,3} = \frac{-3 \pm \sqrt{-63}}{2}$

后两个根为非实根，不是电路的解。故

$$U_Q = 3$$

$$I_Q = 3 + \frac{1}{3} \times 3^3 = 12\text{A}$$

(2) 求交流作用下的响应：电路如图(c)



(c)

动态电阻

$$R_d = \frac{du}{di} = \frac{1}{1+u^2} \bigg|_{u=3} = 0.1\Omega$$

$$i_1 = \frac{30 \cos 200t}{0.5 + R_d} = 50 \cos 200t \quad mA$$

$$u_1 = \frac{R_d}{0.5 + R_d} 30 \cos 200t = 5 \cos 200t \quad mV$$

所以 $u = U_Q + u_1 = 3 + 0.005 \cos 200t \quad V$

$$i = I_Q + i_1 = 12 + 0.05 \cos 200t \quad A$$