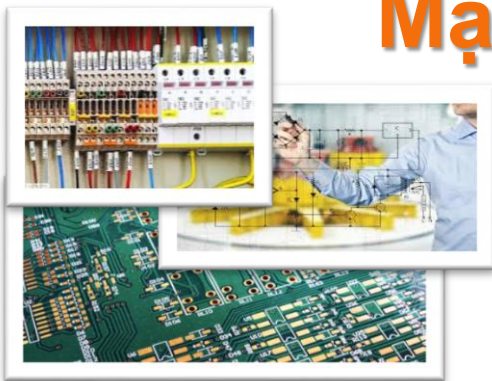


Mạch điện Phi tuyến



Chương 2. Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

- 2.1. Giới thiệu chung
- 2.2. Phương pháp đồ thị
- 2.3. Phương pháp dò
- 2.4. Phương pháp lặp
- 2.5. Mạch từ

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.1. Giới thiệu chung

+ Bài toán: **kích thích** mạch điện phi tuyến bằng tín hiệu **hằng**

+ Hai trạng thái **đáp ứng** của mạch phi tuyến dưới kích thích hằng:

→ **Trạng thái dao động chu kỳ**: **tự dao động** (do kích thích hằng, đáp ứng có dao động)

→ **Trạng thái dừng**: đáp ứng không có dao động (các biến đều là hằng số)

+ Chương này xét **trạng thái dừng ở mạch điện phi tuyến**:

$$u_L = L \frac{di_L}{dt} = 0 \qquad i_C = C \frac{du_C}{dt} = 0$$

→ Hệ phương trình mô tả mạch là **hệ đại số phi tuyến**

→ Các phần tử L, C không xuất hiện trong sơ đồ tính toán, **chỉ có các điện trở phi tuyến**

+ Các phương pháp phân tích: **đồ thị, dò, lặp**

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.2. Phương pháp đồ thị

2.2.1. Nguyên tắc chung

- + Thực hiện các phép đại số (cộng, trừ, nhân, chia) trên đồ thị để tìm nghiệm
 - Viết phương trình (HPT) Kirchhoff mô tả mạch
 - Sử dụng các quan hệ đã biết như $u(i)$ hay kích thích hằng E làm đường cơ sở cân bằng đồ thị (1 vế của phương trình mô tả mạch)
 - Thực hiện các phép cộng, trừ trên đồ thị ở vế khác của phương trình để có đường đồ thị so sánh
 - Xác định giao điểm của đường cơ sở và đường so sánh (cân bằng 2 vế của phương trình)
 - Từ giao điểm suy ra nghiệm

2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.2. Phương pháp đồ thị

2.2.2. Các phép đại số trên đồ thị

+ Cộng – trừ đồ thị

$$y(x) = y_1(x) \pm y_2(x)$$

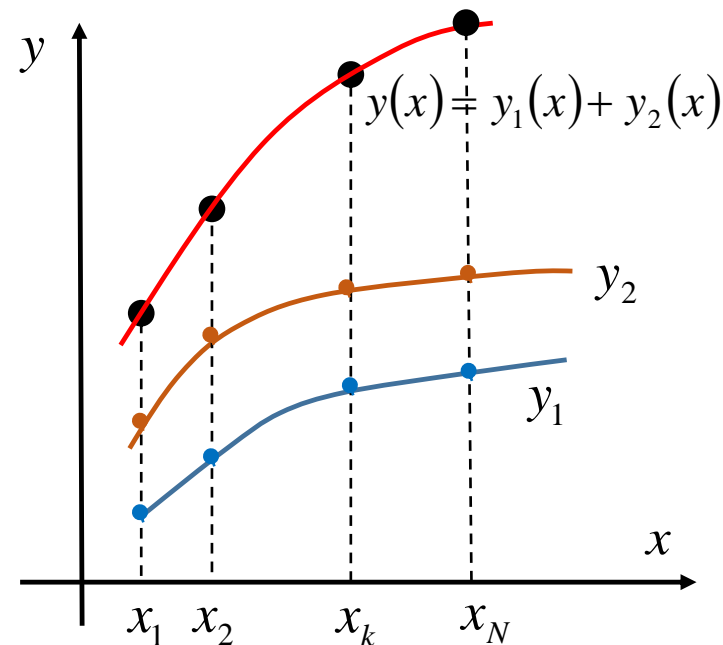
+ Cho 1 đối số x , từ đồ thị có $y_1(x)$, $y_2(x) \rightarrow$ lấy tổng đại số của y_1 , y_2 được 1 điểm $y(x)$

+ Nối tập các điểm $y(x) \rightarrow$ đường $y(x)$ cần tìm

+ Nhân – chia đồ thị

+ Cho 1 đối số x , từ đồ thị có $y_1(x)$, $y_2(x) \rightarrow$ lấy tích/thương của y_1 , y_2 được 1 điểm $y(x)$

+ Nối tập các điểm $y(x) \rightarrow$ đường $y(x)$ cần tìm



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

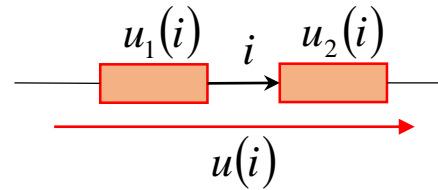
2.2. Phương pháp đồ thị

2.2.3. Đặc tính $u(i)$ của các phần tử mạch mắc nối tiếp – song song

+ Các phần tử mắc nối tiếp:

$$u(i) = u_1(i) + u_2(i) + \dots + u_n(i)$$

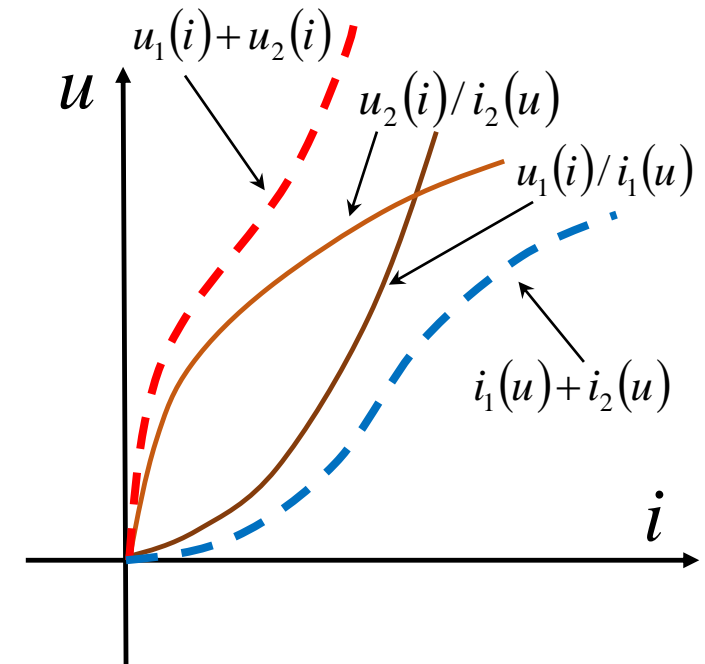
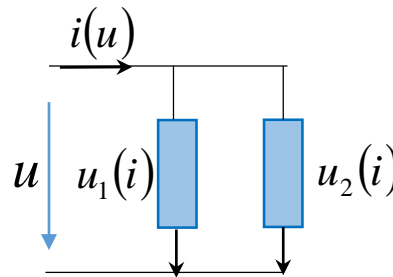
→ Cộng áp theo dòng



+ Các phần tử mắc song song:

$$i(u) = i_1(u) + i_2(u) + \dots + i_n(u)$$

→ Cộng dòng theo áp



+ Các hàm hai đối số độc lập $y(x_1, x_2)$: → sử dụng **họ đặc tính** (cố định 1 đối số, xét biến thiên của đối số còn lại)

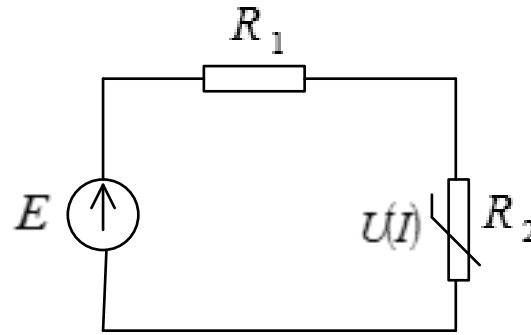
Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.2. Phương pháp đồ thị

2.2.4. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 phi tuyến có đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?



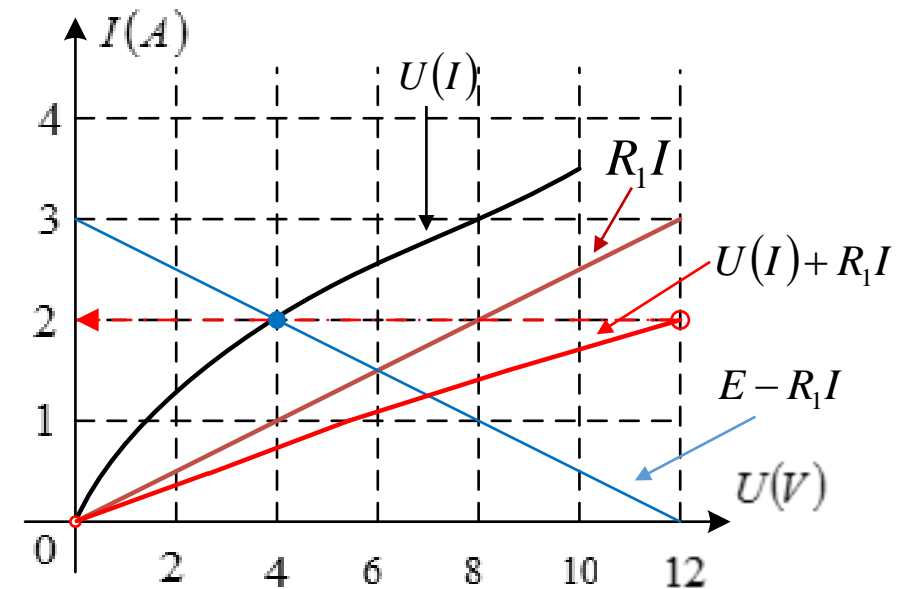
Giải

+ Cộng đồ thị:

- Vẽ đường cong $U(I) + R_1 I$
- Từ giao điểm với đường $E = 12V$, dóng xuống trục $I \rightarrow$ nghiệm

+ Trừ đồ thị:

- Vẽ đường thẳng $E - R_1 I$
- Từ giao điểm với đường $U(I)$, dóng xuống trục $I \rightarrow$ nghiệm



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.2. Phương pháp đồ thị

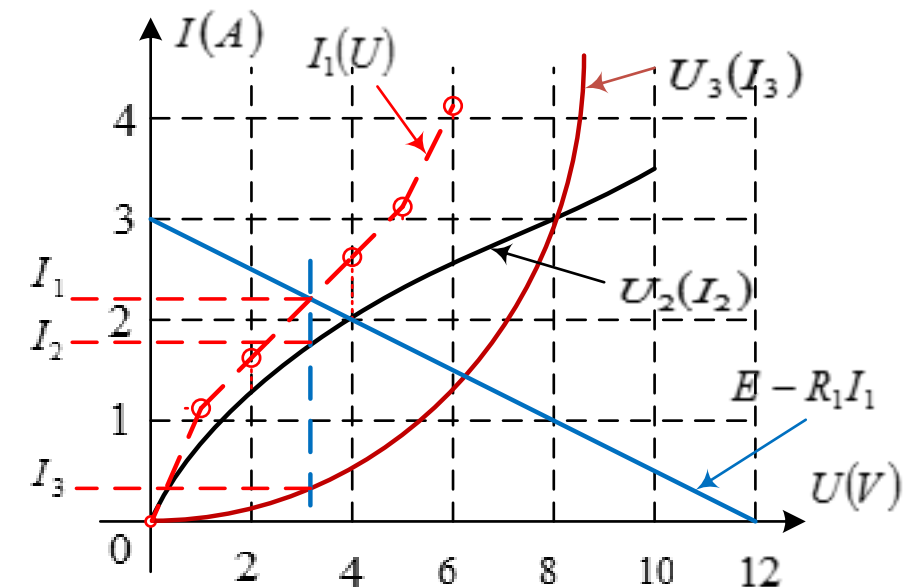
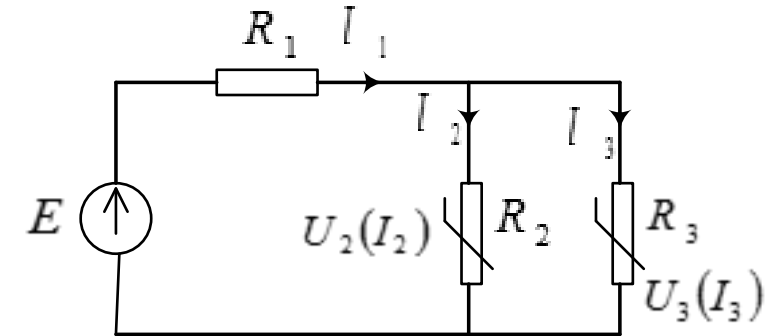
2.2.4. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 2

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?

Giải

- Vẽ đường cong $I_1(U) = I_2(U) + I_3(U)$
- Vẽ đường thẳng $E - R_1 I_1$
- Từ giao điểm giữa $E - R_1 I_1$ với đường $I_1(U)$, dóng sang trục I \rightarrow nghiệm I_1
- Từ giao điểm giữa $E - R_1 I_1$ với đường $I_1(U)$, dóng xuống trục U , cắt các đường $I_2(U)$ và $I_3(U)$ \rightarrow nghiệm I_2 và I_3



Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.1. Phạm vi áp dụng và nội dung

Phạm vi áp dụng:

- + Cho các mạch mà có thể tìm lại kích thích từ một đáp ứng bất kỳ biết trước
- + Với mạch Kirchhoff: trạng thái dừng ở mạch phi tuyến có cấu trúc dạng móc xích

Nội dung:

- + Lập phương trình/ hệ phương trình Kirchhoff mô tả mạch
- + Chọn 1 biến x_n thích hợp
- + Cho trước giá trị của x_n , dựa vào HPT mô tả mạch đưa ra chu trình tìm kích thích f
- + Khi kích thích tính được bằng giá trị kích thích đã cho: $\rightarrow x_n$ là nghiệm

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.2. Các bước thực hiện

Bước 1:

- + Lập phương trình/ hệ phương trình Kirchhoff mô tả mạch
- + Đưa ra chu trình dò nghiệm

Bước dò thứ k :

- + Tùy ý chọn giá trị $x_n^{(k)}$
- + Tính giá trị kích thích $f^{(k)}$ từ HPT mô tả mạch và $x_n^{(k)}$ theo chu trình dò đã có
- + So sánh $f^{(k)}$ với kích thích f đã cho để chọn giá trị $x_n^{(k+1)}$ thích hợp

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.2. Các bước thực hiện

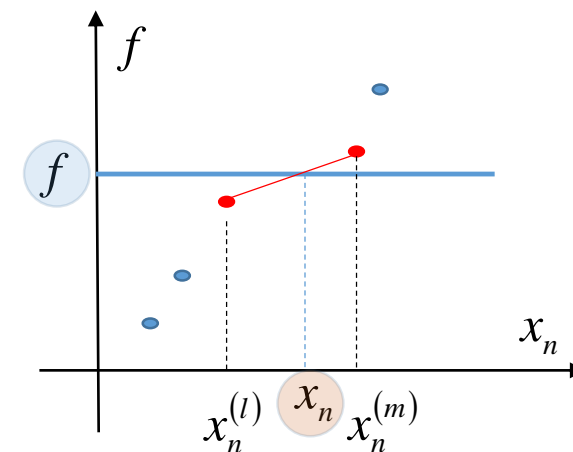
Bước cuối:

- + Chọn một giá trị $x_n^{(l)}$ mà $f^{(l)} < f$ nhưng gần f nhất trong số các giá trị cùng kiểu
- + Chọn một giá trị $x_n^{(m)}$ mà $f^{(m)} > f$ nhưng gần f nhất trong số các giá trị cùng kiểu
- + Nội suy tuyến tính để thu được giá trị gần đúng của x_n :

$$\frac{x_n - x_n^{(l)}}{x_n^{(m)} - x_n^{(l)}} = \frac{f - f^{(l)}}{f^{(m)} - f^{(l)}}$$

- + Từ quy trình dò và giá trị đáp ứng vừa tìm, tính các đáp ứng khác của mạch theo yêu cầu
- + **Lưu ý:** Có thể dừng dò khi sai số thỏa mãn yêu cầu cho trước

$$\frac{|f - f^{(k)}|}{f} \cdot 100 \leq \varepsilon(\%)$$



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?

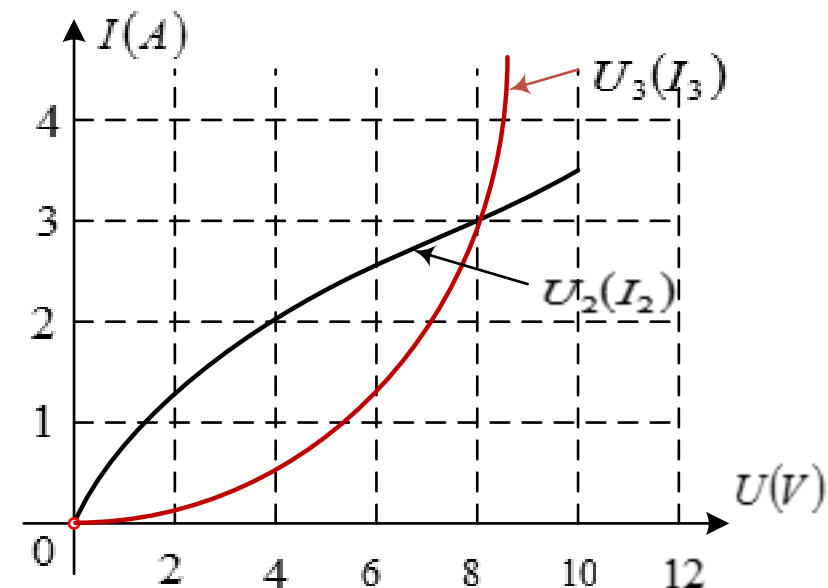
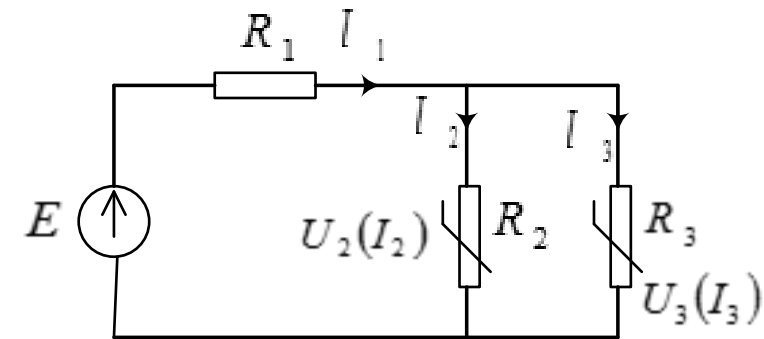
Giải

Hệ phương trình Kirchhoff mô tả mạch:

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_3 = 0 \\ R_1 I_1 + U_2(I_2) = E \\ U_2(I_2) = U_3(I_3) \end{cases}$$

Chu trình dò:

$$I_3^{(k)} \rightarrow U_3^{(k)} \rightarrow I_2^{(k)} \rightarrow I_1^{(k)} \rightarrow E_t^{(k)} = R_1 I_1^{(k)} + U_3^{(k)}$$



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?

Giải

Chu trình dò:

$$I_3^{(k)} \rightarrow U_3^{(k)} \rightarrow I_2^{(k)} \rightarrow I_1^{(k)} \rightarrow E_u^{(k)} = R_1 I_1^{(k)} + U_3^{(k)}$$

Các bước dò:

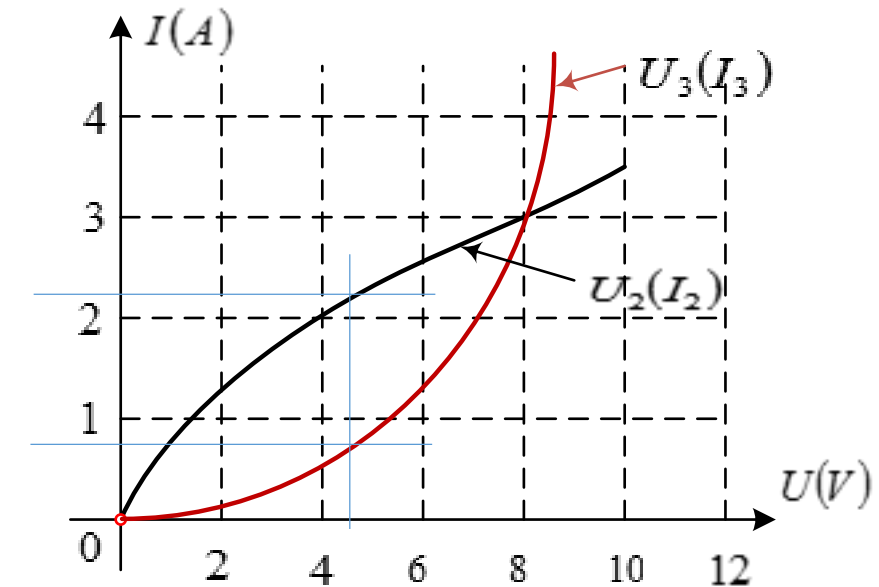
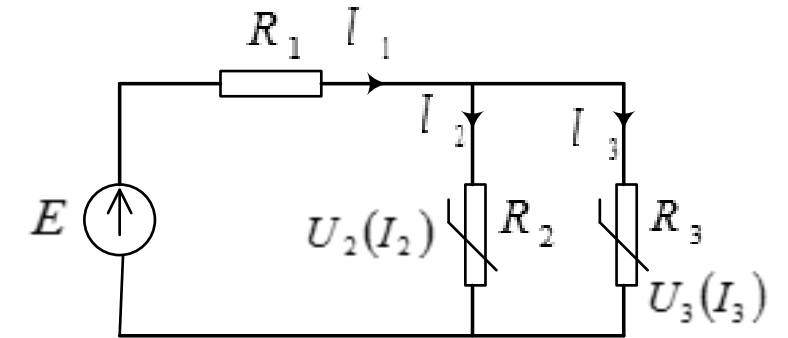
$$I_3^{(1)} = 1A \rightarrow U_3^{(1)} = 5,4V \rightarrow I_2^{(1)} = 2,45A$$

$$\rightarrow I_1^{(1)} = 3,45A \rightarrow E_u^{(1)} = R_1 I_1^{(1)} + U_3^{(1)} = 19,2V > E = 12V$$

$$I_3^{(2)} = 0,8A \rightarrow U_3^{(2)} = 4,6V \rightarrow I_2^{(2)} = 2,2A$$

$$\rightarrow I_1^{(1)} = 3,0A \rightarrow E_u^{(1)} = R_1 I_1^{(1)} + U_3^{(1)} = 16,6V > E = 12V$$

Cung Thành Long



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?

Giải

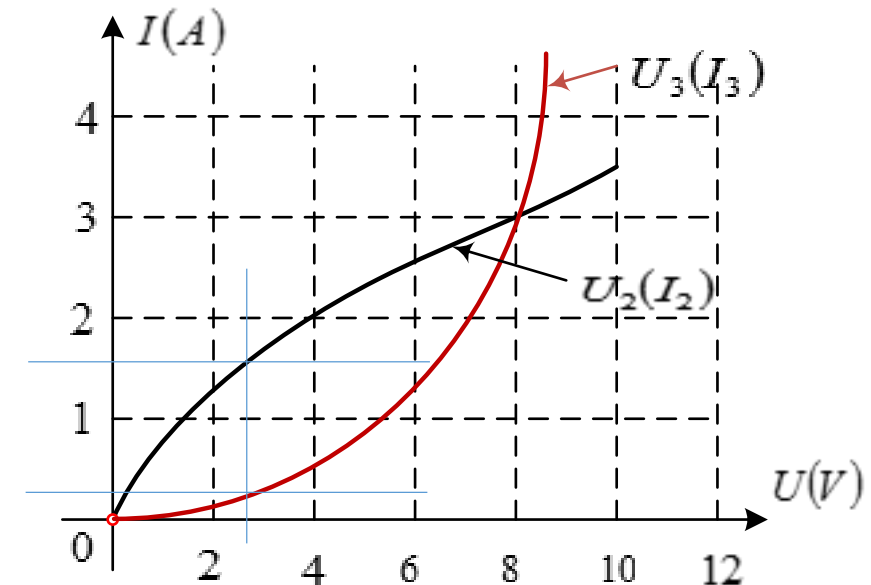
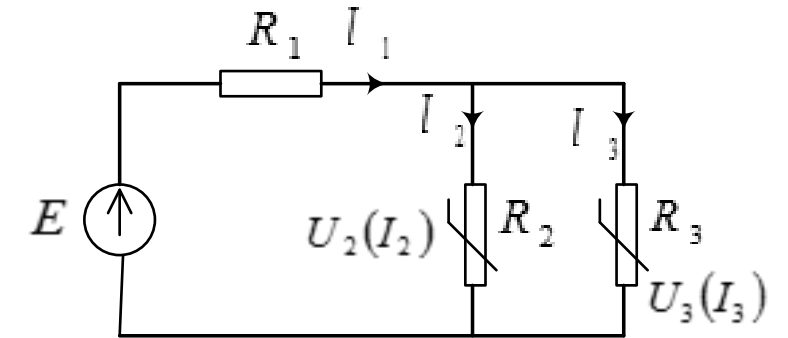
Chu trình dò:

$$I_3^{(k)} \rightarrow U_3^{(k)} \rightarrow I_2^{(k)} \rightarrow I_1^{(k)} \rightarrow E_{tt}^{(k)} = R_1 I_1^{(k)} + U_3^{(k)}$$

Các bước dò:

$$I_3^{(3)} = 0,2A \rightarrow U_3^{(3)} = 2,8V \rightarrow I_2^{(3)} = 1,6A$$

$$\rightarrow I_1^{(3)} = 1,8A \rightarrow E_{tt}^{(3)} = R_1 I_1^{(3)} + U_3^{(3)} = 10V < E = 12V$$



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?

Giải

Chu trình dò:

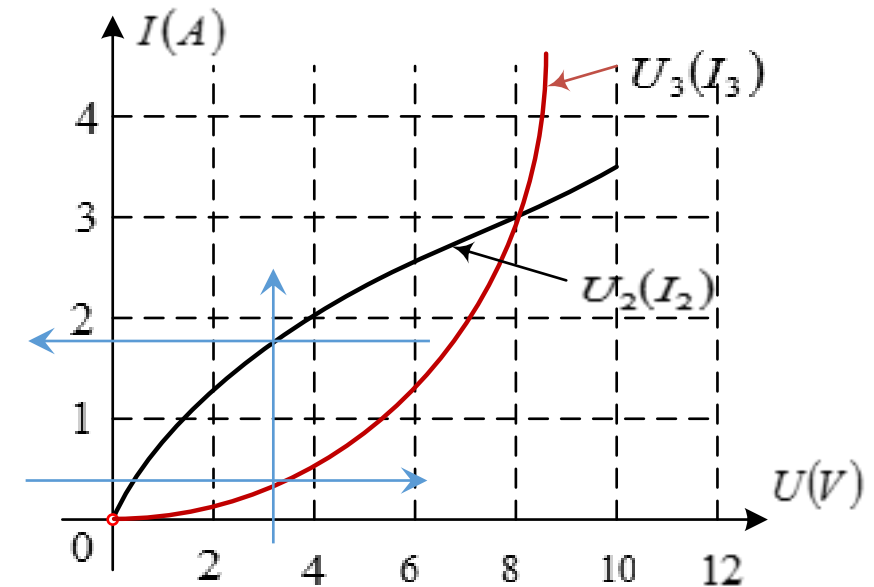
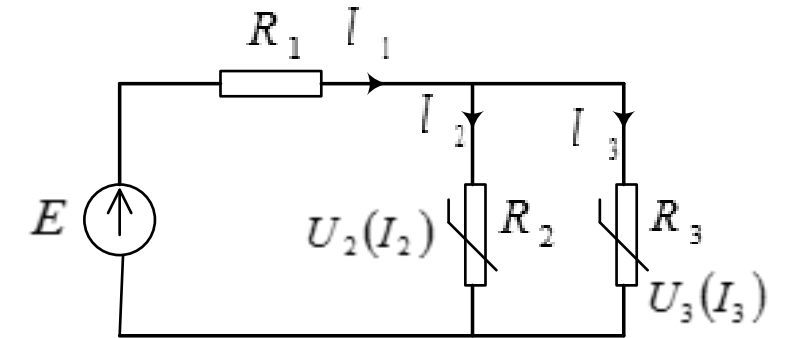
$$I_3^{(k)} \rightarrow U_3^{(k)} \rightarrow I_2^{(k)} \rightarrow I_1^{(k)} \rightarrow E_{tt}^{(k)} = R_1 I_1^{(k)} + U_3^{(k)}$$

Nội suy tuyến tính tìm nghiệm:

$$\frac{I_3 - I_3^{(3)}}{I_3^{(2)} - I_3^{(3)}} = \frac{E - E_{tt}^{(3)}}{E_{tt}^{(2)} - E_{tt}^{(3)}} \Rightarrow I_3 = I_3^{(3)} + [I_3^{(2)} - I_3^{(3)}] \frac{E - E_{tt}^{(3)}}{E_{tt}^{(2)} - E_{tt}^{(3)}}$$

$$\rightarrow I_3 = 0,2 + (0,8 - 0,2) \cdot \frac{12 - 10}{16,6 - 10} \approx 0,3818A$$

$$\rightarrow U_3 \approx 3,2V \rightarrow I_2 \approx 1,8A \rightarrow I_1 \approx 2,1818A$$



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 2

Cho mạch điện như hình bên, biết $J = 15A$ (DC), $E = 20V$ (DC), $R = 30\Omega$. Mạng 2 cửa thuận trở có bộ số: $A_{11} = 1,1$; $A_{12} = 30$; $A_{21} = 0,5$; $A_{22} = 10$. Điện trở phi tuyến có đặc tính cho trong bảng dưới sơ đồ mạch điện

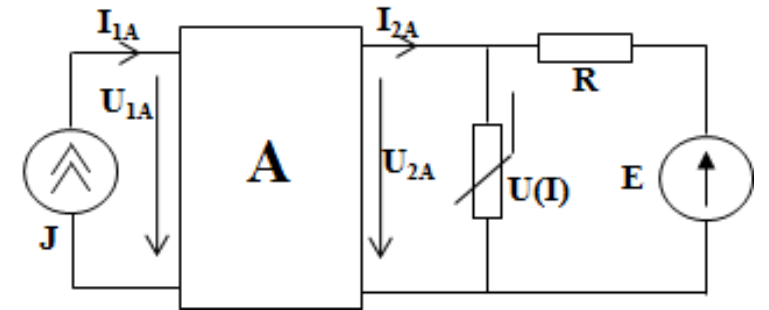
Tính dòng điện chảy qua điện trở phi tuyến và công suất tiêu tán trên mạng hai cửa?

Giải

Áp dụng phương pháp dò

+ Hệ phương trình mô tả mạch:

$$\begin{cases} U_{1A} = a_{11}U_{2A} + a_{12}I_{2A} \\ I_{1A} = a_{21}U_{2A} + a_{22}I_{2A} = J \\ U_{2A} = U(I) \\ RI_3 + E = U(I) \end{cases}$$



I(A)	0	0,5	1	1,5	2	2,2
U(V)	0	7	10	14	20	25

+ Chu trình dò:

$$\begin{aligned} U_{2A}^{(k)} \rightarrow I_3^{(k)} &= \frac{U_{2A}^{(k)} - E}{R} \rightarrow I_{2A}^{(k)} = I^{(k)}(U) + I_3^{(k)} \\ \rightarrow I_{1A}^{(k)} &= J_{tt}^{(k)} = a_{21}U_{2A}^{(k)} + a_{22}I_{2A}^{(k)} \end{aligned}$$

2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

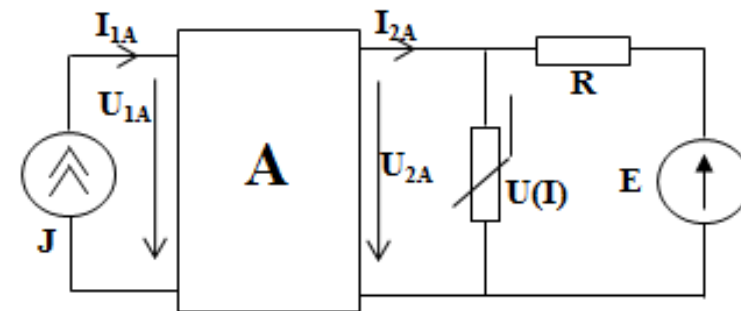
2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 2

Cho mạch điện như hình bên, biết $J = 15A$ (DC), $E = 20V$ (DC), $R = 30\Omega$. Mạng 2 cửa thuận trở có bộ số: $A_{11} = 1,1$; $A_{12} = 30$; $A_{21} = 0,5$; $A_{22} = 10$. Điện trở phi tuyến có đặc tính cho trong bảng dưới sơ đồ mạch điện

Tính dòng điện chảy qua điện trở phi tuyến và công suất tiêu tán trên mạng hai cửa?



Giải

+ Bảng kết quả dò:

k	U_{2A}	I_R	I_{2A}	J_{tinh}	So sánh với $J = 15A$
1	14V	0,2A	1,3A	20A	> 15A
2	10	0,3333A	0,6667A	11,67A	< 15 A

+ Nội suy tuyến tính tìm U_{2A} và dòng điện qua điện trở phi tuyến:

$$U_{2A} = 10 + (15 - 11,67) \frac{10 - 14}{11,67 - 20} = 11,6V \quad I(U) = 1 + (11,6 - 10) \frac{1 - 1,5}{10 - 14} = 1,2A \quad \text{Suy ra: } I_3 = -0,28A \rightarrow I_{2A} = 0,92A$$

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

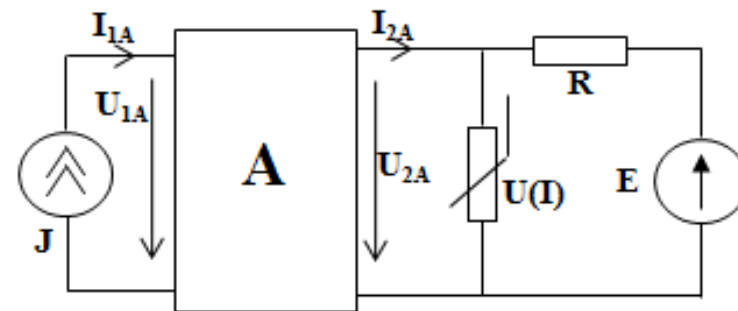
2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 2

Cho mạch điện như hình bên, biết $J = 15A$ (DC), $E = 20V$ (DC), $R = 30\Omega$. Mạng 2 cửa thuần trở có bộ số: $A_{11} = 1,1$; $A_{12} = 30$; $A_{21} = 0,5$; $A_{22} = 10$. Điện trở phi tuyến có đặc tính cho trong bảng dưới sơ đồ mạch điện

Tính dòng điện chảy qua điện trở phi tuyến và công suất tiêu tán trên mạng hai cửa?



Giải

+ Tính công suất tiêu tán trên mạng 2 cửa:

- Công suất tiêu tán trên điện trở: $P_R = RI_3^2 = 30(-0,28)^2 = 2,352W$ $P_{U(I)} = U.I = 11,6.1,2 = 13,92W$

- Công suất phát ra bởi nguồn: $P_E = EI_3 = 32(-0,28) = -8,92W$

$$U_{1A} = a_{11}U_{2A} + a_{12}I_{2A} = 40,36V \rightarrow P_J = U_{1A}(-J) = -605,4W$$

- Công suất tiêu tán trên M2C tính từ định lý bảo toàn công suất: $P_J + P_E + P_R + P_{U(I)} + P_{M2C} = 0 \rightarrow P_{M2C} = 629,488W$

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 3

Cho mạch điện như hình bên. Trong đó $E_1 = 50V$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, điện trở phi tuyến R_3 có đặc tính phi tuyến $u(i) = 9i^2 - 6i$ trong khoảng $0A \leq i \leq 4A$. Tính dòng điện qua R_3 ?

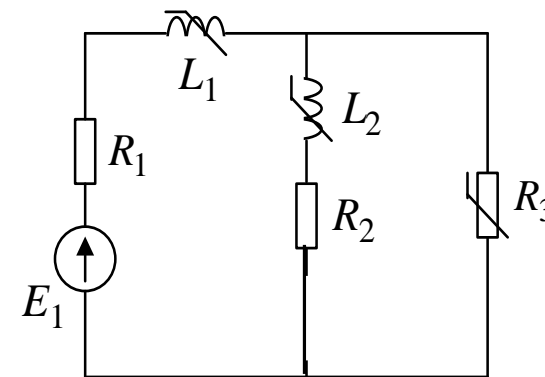
Giải

+ Hai điện cảm phi tuyến coi là ngắn mạch trong trạng thái dừng, áp dụng định lý Thévenin cho phần mạch tuyến tính nối với trở phi tuyến, ta có:

$$R_{td} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} = 8\Omega \quad E_{td} = \frac{E_1}{R_1 + R_2} R_2 = 40V$$

+ Sau phép biến đổi sơ đồ, phương trình mô tả mạch có dạng:

$$R_{td} I_0 + U_{R3}(I_0) = E_{td} \quad \Leftrightarrow \quad 8I_0 + 9I_0^2 - 6I_0 = 40$$



Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.3. Phương pháp dò

2.3.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 3

Cho mạch điện như hình bên. Trong đó $E_1 = 50V$, $R_1 = 10\Omega$, $R_2 = 40\Omega$, điện trở phi tuyến R_3 có đặc tính phi tuyến $u(i) = 9i^2 - 6i$ trong khoảng $0A \leq i \leq 4A$. Tính dòng điện qua R_3 và công suất tác dụng của nguồn áp?

Giải

+ Có thể dò hoặc giải phương trình bậc hai để tìm nghiệm:

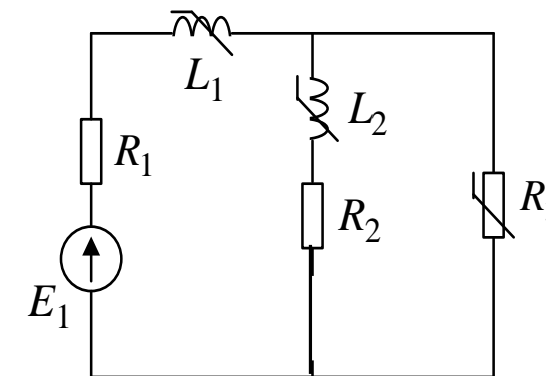
$$I_{01} = 2A \quad I_{02} = -2,22A \quad (\text{loại do ngoài khoảng } 0A \leq i \leq 4A)$$

Vậy ta có nghiệm:

$$I_{30} = I_{01} = 2A \Rightarrow U_{R3} = 9 \cdot 2^2 - 6 \cdot 2 = 24V \quad I_{20} = \frac{U_{R3}}{R_2} = \frac{24}{40} = 0,6A \quad I_{10} = I_{20} + I_{30} = 0,6 + 2 = 2,6A$$

Từ đó tính được công suất tác dụng của nguồn một chiều:

$$P_{E1} = E_1 I_{10} = 50 \cdot 2,6 = 130W$$



Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lặp

2.4.1. Phạm vi áp dụng và nội dung

Phạm vi áp dụng:

- + Cho các mạch mà có thể tiện viết (hệ) phương trình lặp mô tả mạch

Nội dung:

- + Đưa phương trình Kirchhoff mô tả mạch về dạng lặp: $x = \varphi(x)$
- + Chọn x^0 bất kỳ trong **miền hội tụ** của PT lặp, thay vào PT lặp ta có $x^1 = \varphi(x^0)$
- + Giá trị x^n là nghiệm khi: $x^{n+1} = \varphi(x^n) = x^n$
- + Thực tế, sẽ dừng lặp khi thỏa mãn sai số ε cho trước: $\frac{|x^k - x^{k-1}|}{x^k} \cdot 100 \leq \varepsilon(\%)$

Quan trọng:

→ Cần tìm được miền hội tụ của PT (HPT) lặp mô tả mạch

2

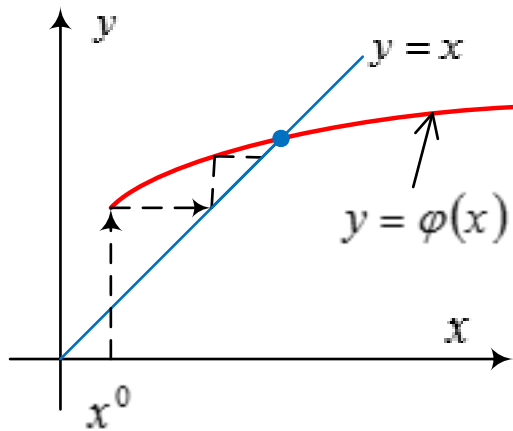
MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lặp

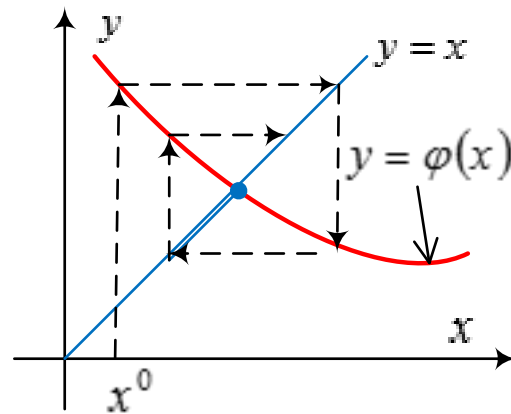
2.4.2. Điều kiện hội tụ của phương trình và hệ phương trình lặp

+ Xét phương trình lặp: $x = \varphi(x)$



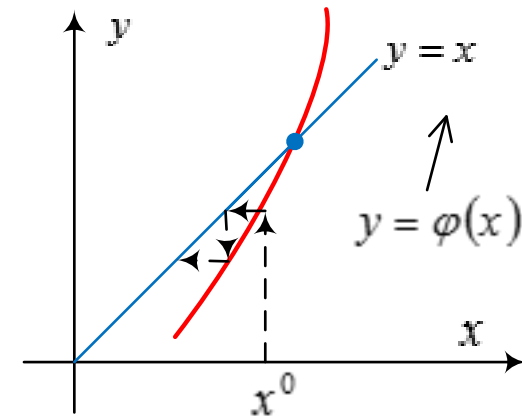
Hội tụ

$$\left| \frac{d\varphi}{dx} \right| < 1$$



Hội tụ

$$\left| \frac{d\varphi}{dx} \right| < 1$$



Không hội tụ

$$\left| \frac{d\varphi}{dx} \right| > 1$$

→ Độ dốc của đường cong $\varphi(x)$ nhỏ hơn 1 thì phương trình lặp hội tụ

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lặp

2.4.2. Điều kiện hội tụ của phương trình và hệ phương trình lặp

+ Xét phương trình lặp: $x = \varphi(x)$

Điều kiện hội tụ:

$$\left| \frac{d\varphi}{dx} \right| < 1$$

→ Từ điều kiện hội tụ, **xác định miền hội tụ** của phép lặp. Trong miền hội tụ, chọn tùy ý điểm xuất phát sẽ tìm được nghiệm của PT lặp

→ Chú ý các dạng viết khác nhau của PT lặp để **xác định miền hội tụ** của phép lặp

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lặp

2.4.2. Điều kiện hội tụ của phương trình và hệ phương trình lặp

+ Xét hệ phương trình lặp:

$$\begin{cases} x_1 = \varphi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ x_2 = \varphi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) \\ \dots \\ x_n = \varphi_n(x_1, x_2, \dots, x_n) \end{cases} \quad \text{Với: } x^0 = \begin{bmatrix} x_1^0 \\ x_2^0 \\ \dots \\ x_n^0 \end{bmatrix} \quad \begin{cases} x_1^1 = \varphi_1(x^0) \\ x_2^1 = \varphi_2(x^0) \\ \dots \\ x_n^1 = \varphi_n(x^0) \end{cases}$$

+ Điều kiện hội tụ của hệ phương trình lặp:

$$\max \left\{ \left| \sum_{j=1}^n \frac{\partial \varphi_1}{\partial x_j} \right|, \left| \sum_{j=1}^n \frac{\partial \varphi_2}{\partial x_j} \right|, \dots, \left| \sum_{j=1}^n \frac{\partial \varphi_n}{\partial x_j} \right| \right\} < 1$$

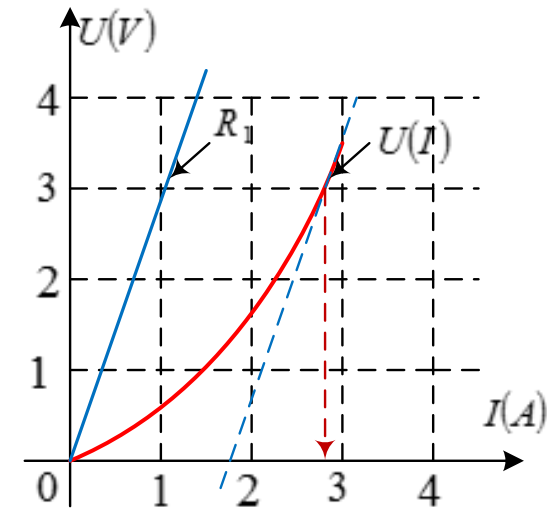
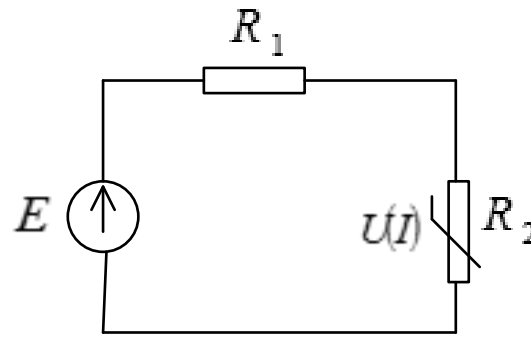
Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lập

2.4.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 3\Omega$, $E = 6V$, R_2 phi tuyến có đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở?



Giải

+ Phương trình mô tả mạch: $R_1 I + U(I) = E$

+ Phương trình lập có dạng: $I = \frac{E - U(I)}{R_1}$

+ Điều kiện hội tụ: $\left| \frac{d\varphi}{dI} \right| < 1 \Leftrightarrow \left| -\frac{1}{R_1} \cdot \frac{dU(I)}{dI} \right| < 1 \Rightarrow \frac{1}{R_1} \cdot \frac{\Delta U}{\Delta I} < 1 \rightarrow \boxed{\frac{\Delta U}{\Delta I} < R_1 = 3}$

2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

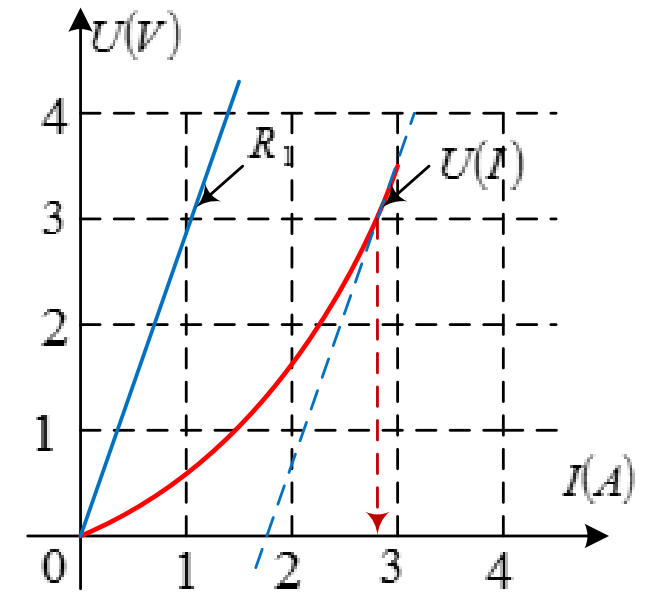
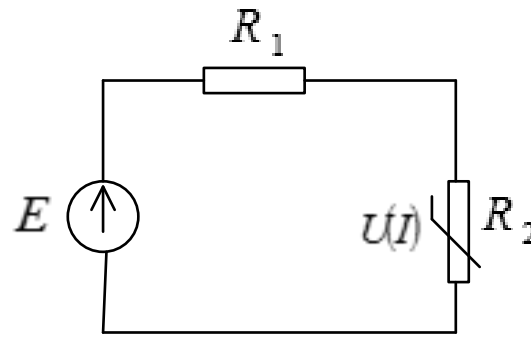
Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lặp

2.4.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 1

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 3\Omega$, $E = 6V$, R_2 phi tuyến có đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở với sai số nhỏ hơn 5%?



Giải

$$\frac{\Delta U}{\Delta I} < R_1 = 3 \rightarrow \text{Từ đồ thị có thể thấy miền hội tụ của phép lặp là: } \forall I < 2,7A$$

\rightarrow Chọn I^0 trong miền này để đảm bảo tìm được nghiệm

+ Chọn: $I = 2A$

$$+ \text{Ta có: } I^1 = \frac{6 - U(2)}{3} = \frac{6 - 1,7}{3} \approx 1,43A \quad I^2 = \frac{6 - U(1,43)}{3} = \frac{6 - 1}{3} \approx 1,67A \quad I^3 = \frac{6 - U(1,67)}{3} = \frac{6 - 1,2}{3} \approx 1,6A$$

$$+ \text{Kiểm tra điều kiện sai số cho phép: } \varepsilon = \left| \frac{1,6 - 1,67}{1,6} \right| \cdot 100 = 4,37\% \rightarrow \text{Có thể lấy nghiệm: } I = 1,6A$$

2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.4. Phương pháp lập

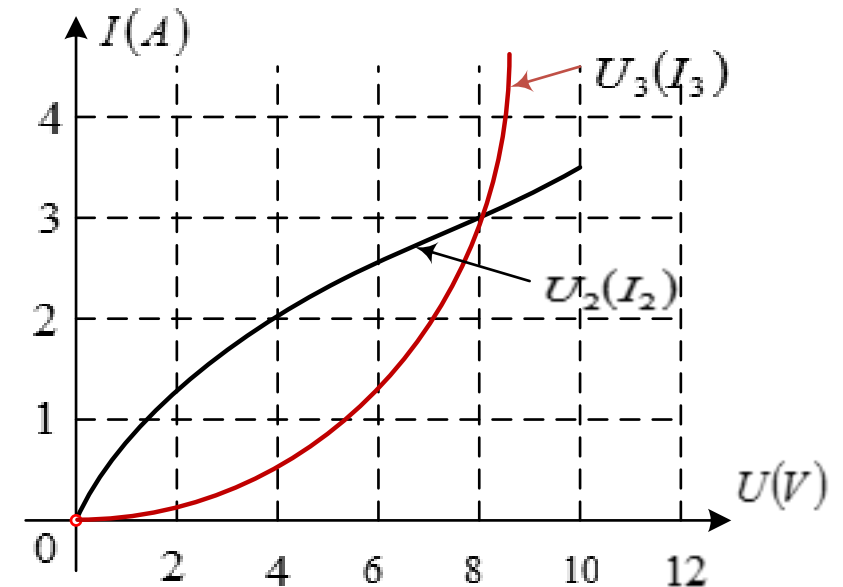
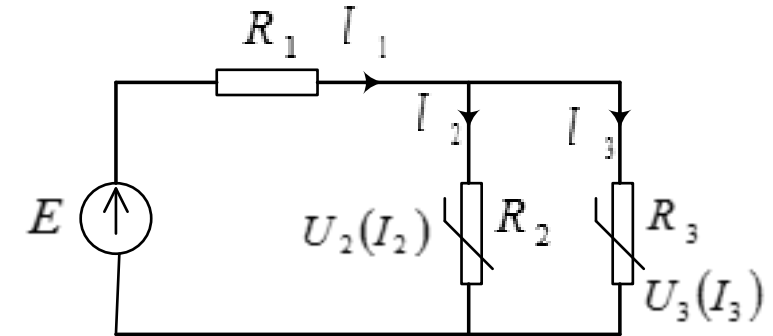
2.4.3. Ví dụ áp dụng

Ví dụ 2

Cho mạch điện như hình bên, trong đó $R_1 = 4\Omega$, $E = 12V$, R_2 và R_3 phi tuyến có các đặc tính $U(I)$ như trong đồ thị. Tính cường độ dòng điện qua các điện trở với sai số nhỏ hơn 5%?

Giải

- + Vẽ đường cong: $I_1(U_{AB})$
- + Phương trình mô tả mạch: $R_1 I_1 + U_{AB}(I_1) = E$
- + Phương trình lập có dạng: $I_1 = \frac{E - U_{AB}(I_1)}{R_1}$
- + Tìm I_1 tương tự như ở VD1, sau đó từ đồ thị $I_1(U_{AB})$, đóng xuống trục U , tìm I_2, I_3
- + Lưu ý: Hệ phương trình lập ?



2

MẠCH ĐIỆN PHI TUYẾN

Mạch điện phi tuyến ở trạng thái dừng

2.5. Mạch từ

2.5.3. Ví dụ áp dụng