

Qui trình PP tích phân kinh điển

❖ Giải mạch khi $t < 0$: Chỉ tìm $u_C(0^-)$ và $i_L(0^-)$

❖ Giải mạch khi $t > 0$:

a) Tìm nghiệm xác lập : $y_{xl}(t)$.

b) Tìm nghiệm tự do:

▪ Tìm PTĐT.

▪ Giải PTĐT và suy ra $y_{td}(t)$.

$$y(t) = y_{td}(t) + y_{xl}(t)$$

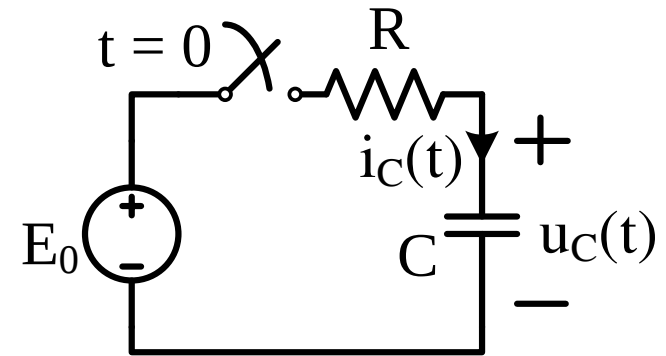
❖ Sơ kiện : Tìm đủ số sơ kiện cho bài toán

❖ Xác định K_i : Dựa vào $y(t)$ và sơ kiện , tính các hệ số K_i .

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

➤ Mạch cấp 1 R-C

- Bài toán: Đóng nguồn áp DC vào mạch R-C (*tụ chưa tích điện*)
 - Tìm đáp ứng quá độ $u_C(t)$, $i_C(t)$
 - Vẽ dạng $u_C(t)$, $i_C(t)$

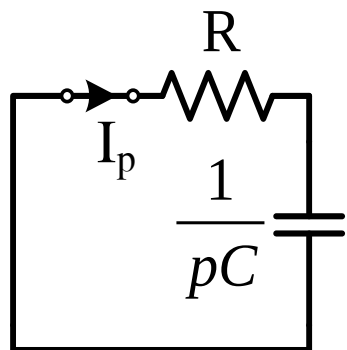


Giải

- ❖ $t < 0 \rightarrow u_C(0^-) = 0$
- ❖ $t > 0 \rightarrow u_C(t) = u_{td}(t) + u_{xl}(t)$
 - Khóa đóng, mạch xác lập DC $\rightarrow$ tụ hờ mạch: $\rightarrow u_{xl}(t) = E_0$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

- Dùng sơ đồ đại số tìm nghiệm p $\rightarrow$ dạng nghiệm tự do



$$\rightarrow I_p \left(R + \frac{1}{pC} \right) = 0$$

$$R + \frac{1}{pC} = 0 \rightarrow p = \frac{-1}{RC}$$

$$u_{td}(t) = K e^{\frac{-t}{RC}}$$

$$\rightarrow u_C(t) = E_0 + K e^{\frac{-t}{RC}} \quad (*)$$

❖ Sơ kiện $u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0 \quad (*) \rightarrow K = -E_0$

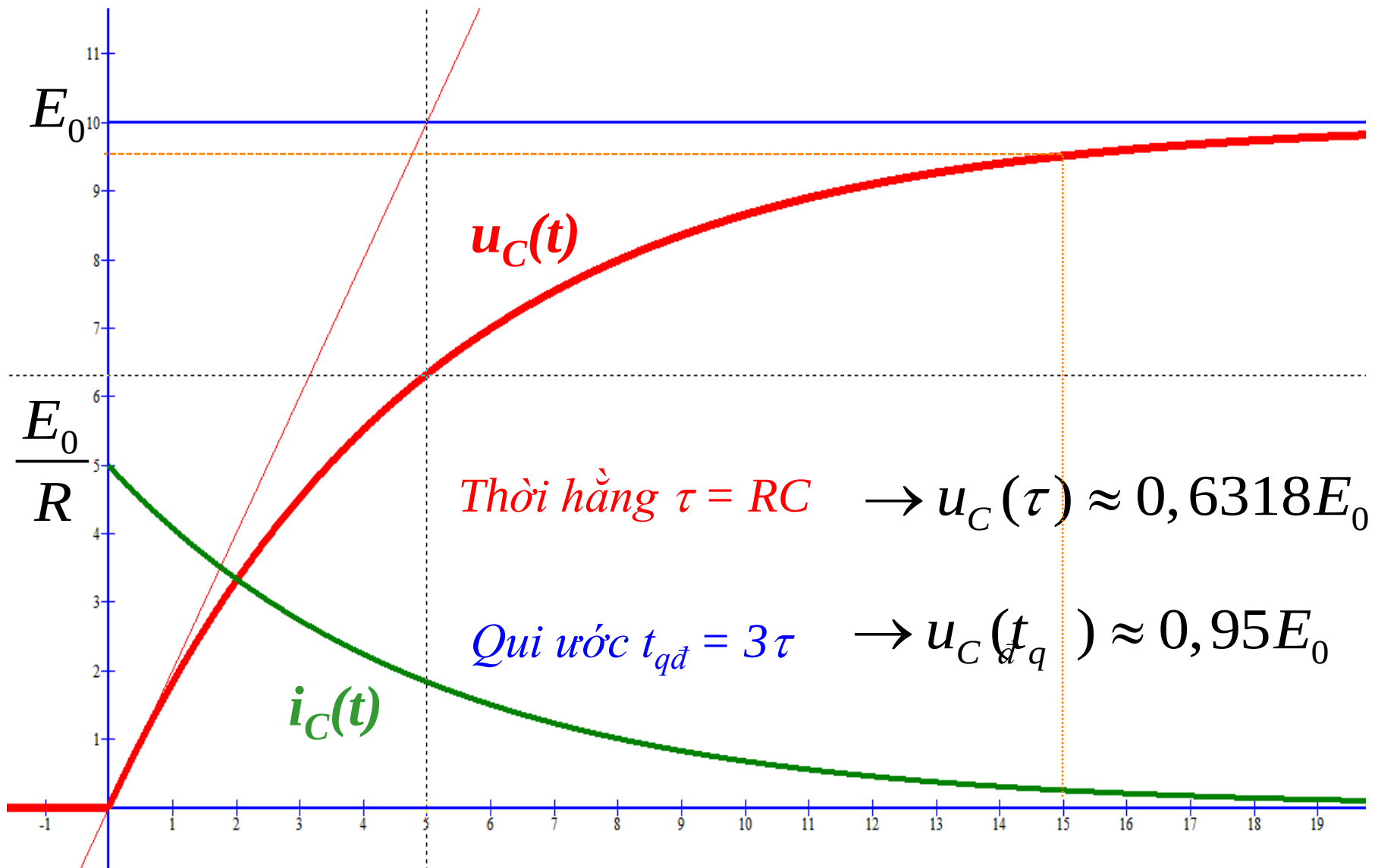
❖ Nghiệm quá độ $\left\{ \begin{array}{l} u_C(t) = E_0(1 - e^{\frac{-t}{RC}}) \\ i_C(t) = C \frac{du_C}{dt} = \frac{E_0}{R} e^{\frac{-t}{RC}} \end{array} \right.$

Thời hằng $\tau = RC$

Vẽ đồ thị, xác định thời hằng

Qui ước $t_{qđ} = 3\tau$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1



4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

➤ Mạch cấp 1 R-C

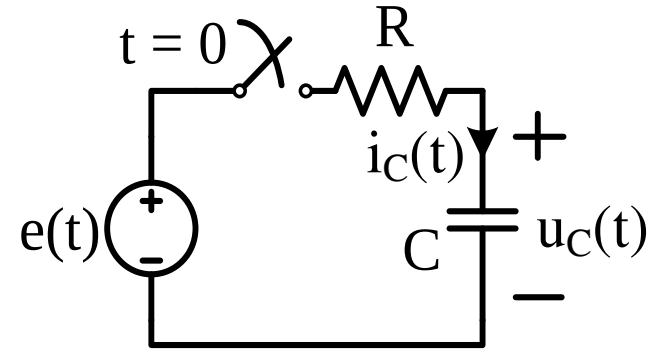
- Bài toán: Đóng nguồn áp AC vào mạch R-C (*tụ chưa tích điện*)
 - Tìm đáp ứng quá độ $u_C(t)$, $i_C(t)$
 - Vẽ dạng $u_C(t)$, $i_C(t)$ $-\infty < t < +\infty$

Giải

❖ $t < 0$ do tụ chưa tích điện nên $u_C = 0 \rightarrow u_C(0^-) = 0$

❖ $t > 0 \rightarrow u_C(t) = u_{td}(t) + u_{xl}(t)$

- Khóa đóng, mạch xác lập AC $\rightarrow$ giải mạch phức



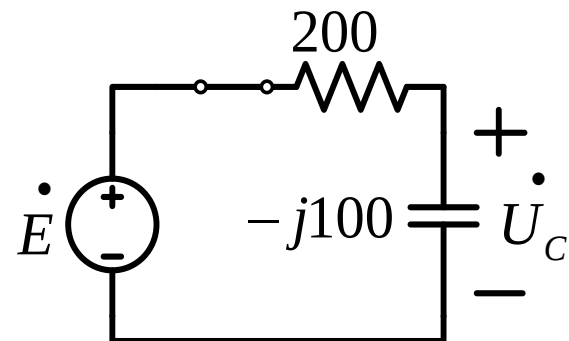
$$e(t) = 20 \cos(1000t + 45^\circ) \text{ [V]}$$

$$R = 200\Omega \quad ; C = 10\mu F$$

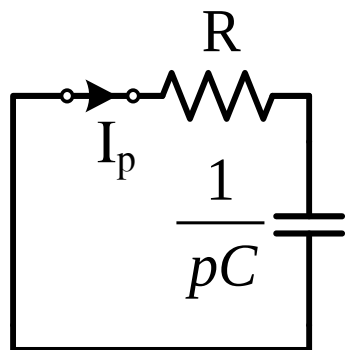
4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

$$\begin{aligned}\dot{U}_c &= \frac{1}{j\omega CR + 1} \dot{E} = \frac{20\angle 45^\circ}{j2 + 1} \\ &= \frac{20}{\sqrt{5}} \angle (45^\circ - \tan^{-1} 2) = 4\sqrt{5} \angle -18,43^\circ\end{aligned}$$

$$u_{Cx1}(t) = 4\sqrt{5} \cos(1000t - 18,43^\circ)$$



- Dùng sơ đồ đại số tìm nghiệm p $\rightarrow$ dạng nghiệm tự do



$$\rightarrow I_p \left(R + \frac{1}{pC} \right) = 0$$

$$R + \frac{1}{pC} = 0 \rightarrow p = \frac{-1}{RC}$$

$$u_{td}(t) = Ke^{\frac{-t}{RC}} = Ke^{-500t}$$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

$$u_C(t) = Ke^{-500t} + 4\sqrt{5} \cos(1000t - 18,43^\circ) \quad (*)$$

❖ Sơ kiện $u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0$

$$(*) \rightarrow K = -4\sqrt{5} \cos(-18,43) = -8,49$$

Thời hằng $\tau = RC$

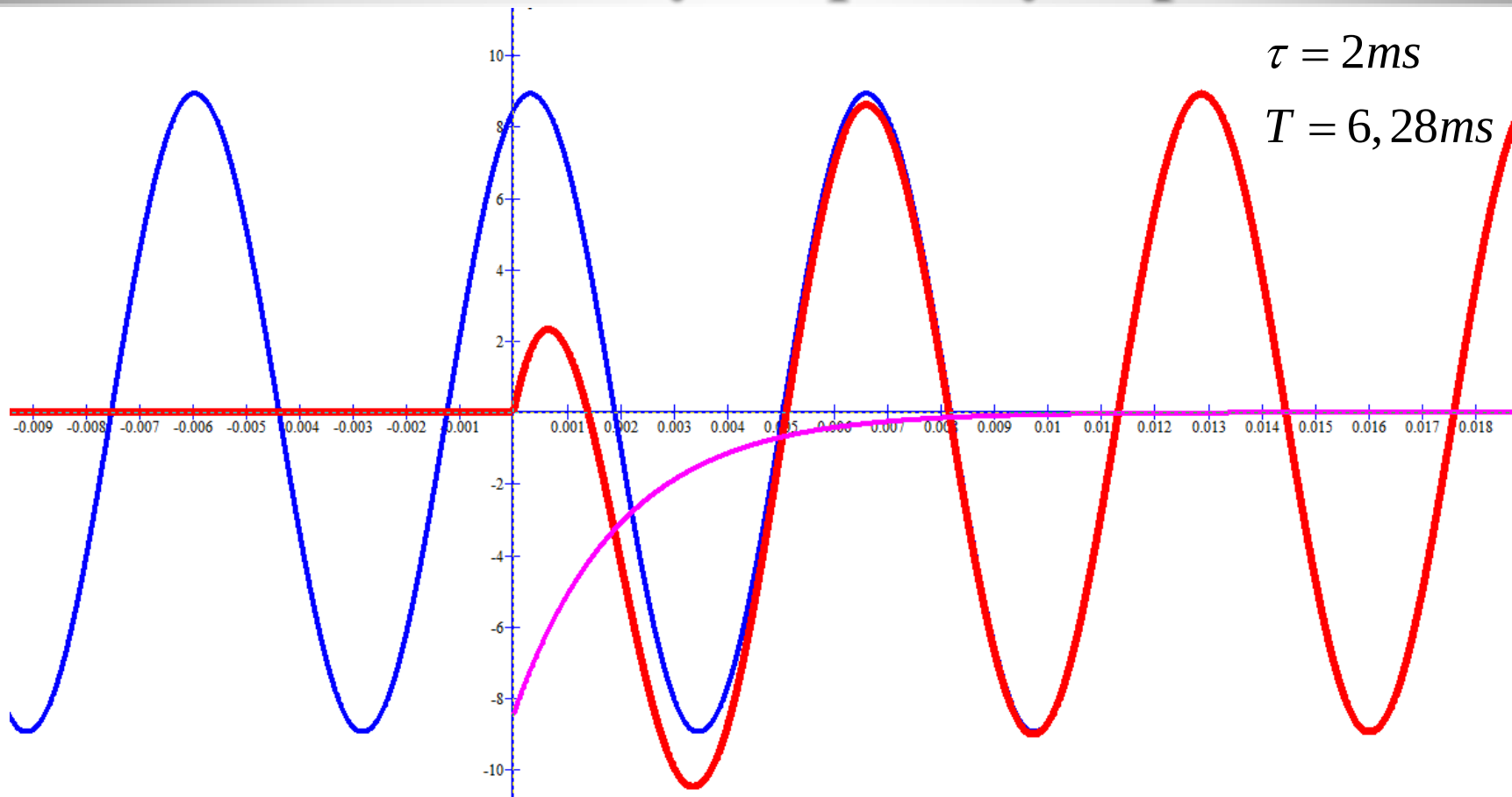
Vẽ đồ thị, xác định thời hằng

❖ Nghiệm quá độ

Qui ước $t_{qd} = 3\tau$

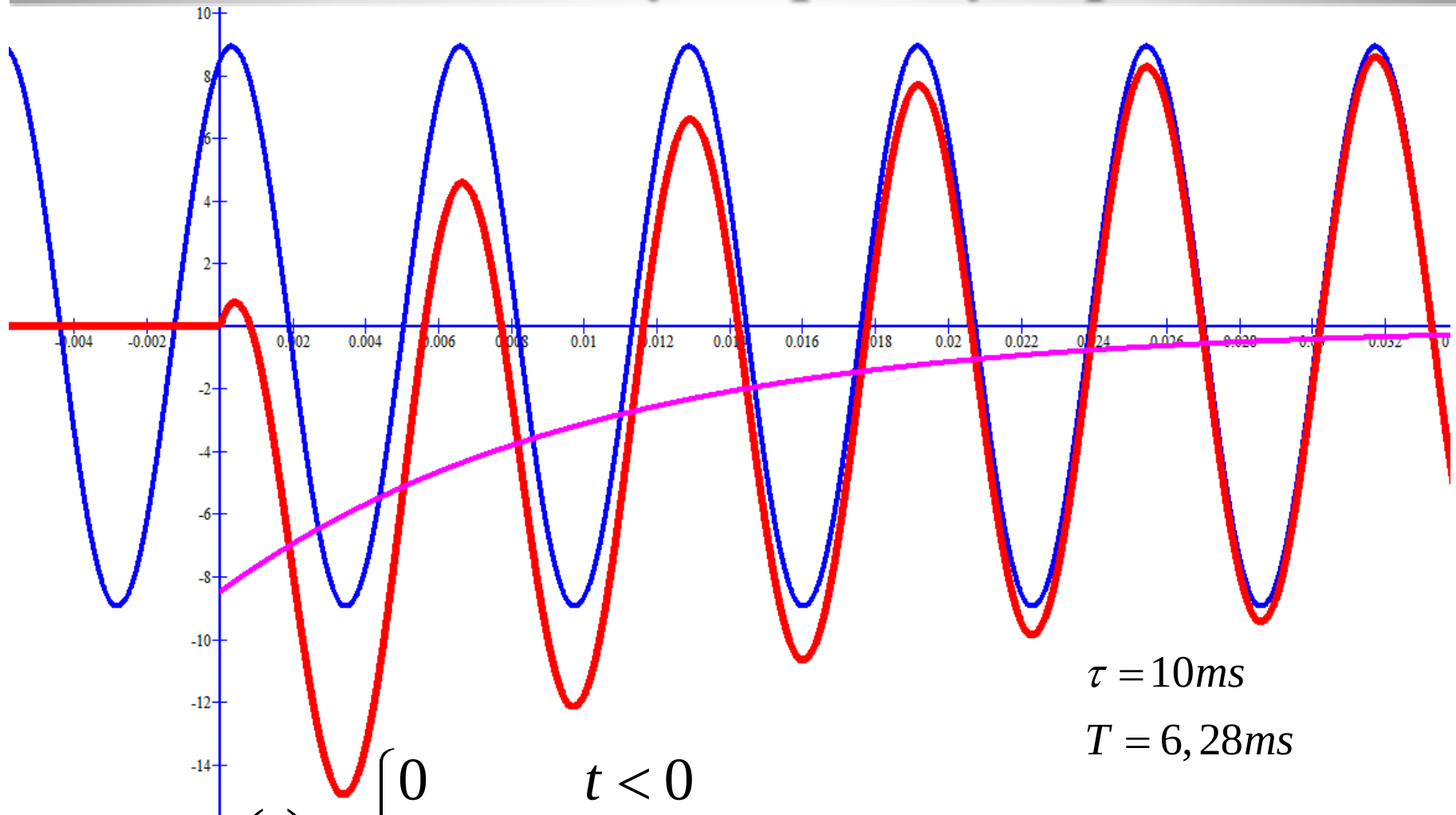
$$\left\{ \begin{array}{l} u_C(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ -8,49e^{-500t} + 4\sqrt{5} \cos(1000t - 18,43) & t > 0 \end{cases} \\ [V] \end{array} \right.$$
$$\left\{ \begin{array}{l} i_C(t) = C \frac{du_C}{dt} = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 42,45e^{-500t} - 40\sqrt{5} \sin(1000t - 18,43^\circ) & t > 0 \end{cases} \\ [mA] \end{array} \right.$$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1



$$u_C(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 4\sqrt{5} \cos(1000t - 18,43^\circ) - 8,48e^{-500t} & t > 0 \end{cases}$$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1



$$u_C(t) = \begin{cases} 0 & t < 0 \\ 4\sqrt{5} \cos(1000t - 18,43^\circ) - 8,48e^{-1000t} & t > 0 \end{cases}$$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

➤ Mạch cấp 1 R-L

- Bài toán: Đóng nguồn áp DC vào mạch R-L
 - Tìm đáp ứng quá độ $u_L(t)$, $i_L(t)$
 - Vẽ dạng $u_L(t)$, $i_L(t)$

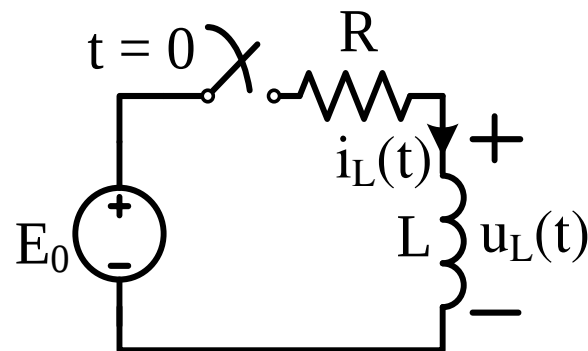
Giải

❖ $t < 0 \quad \rightarrow i_L(0^-) = 0$

❖ $t > 0 \quad \rightarrow i_L(t) = i_{td}(t) + i_{xl}(t)$

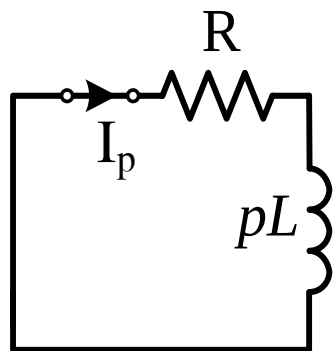
- Khóa đóng, mạch xác lập DC $\rightarrow$ L ngắn mạch:

$$\rightarrow i_{xl}(t) = \frac{E_0}{R}$$



4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

- Dùng sơ đồ đại số tìm nghiệm p $\rightarrow$ dạng nghiệm tự do



$$\rightarrow I_p(R + pL) = 0$$

$$R + pL = 0 \rightarrow p = \frac{-R}{L} \quad i_{td}(t) = Ke^{\frac{-R}{L}t}$$

$$\rightarrow i_L(t) = \frac{E_0}{R} + Ke^{\frac{-R}{L}t} \quad (*)$$

❖ Sơ kiện $i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0 \quad (*) \rightarrow K = -\frac{E_0}{R}$

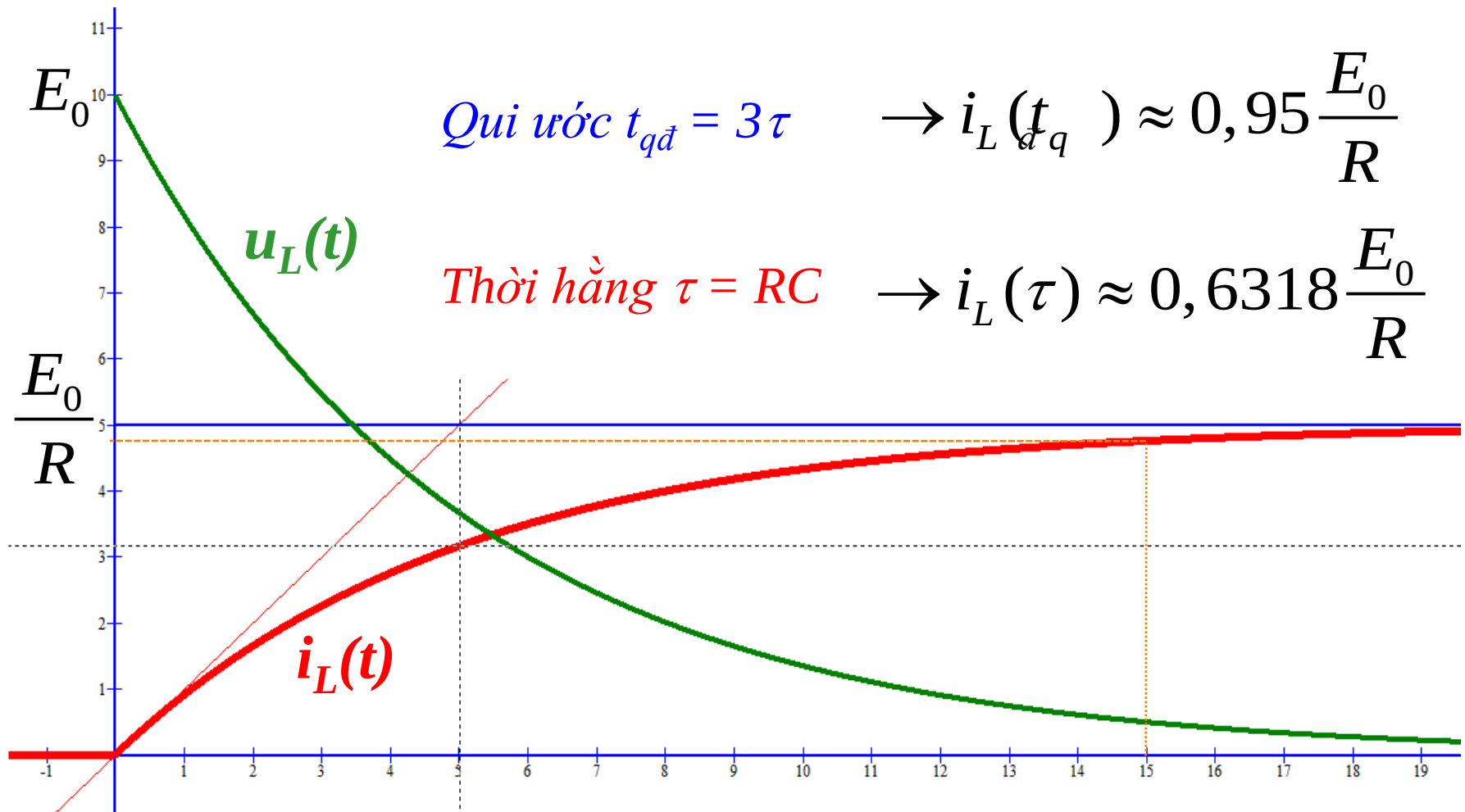
❖ Nghiệm quá độ $\left\{ \begin{array}{l} i_L(t) = \frac{E_0}{R}(1 - e^{\frac{-R}{L}t}) \\ u_L(t) = L \frac{di_L}{dt} = E_0 e^{\frac{-R}{L}t} \end{array} \right.$

Thời hằng $\tau = L/R$

Vẽ đồ thị, xác định thời hằng

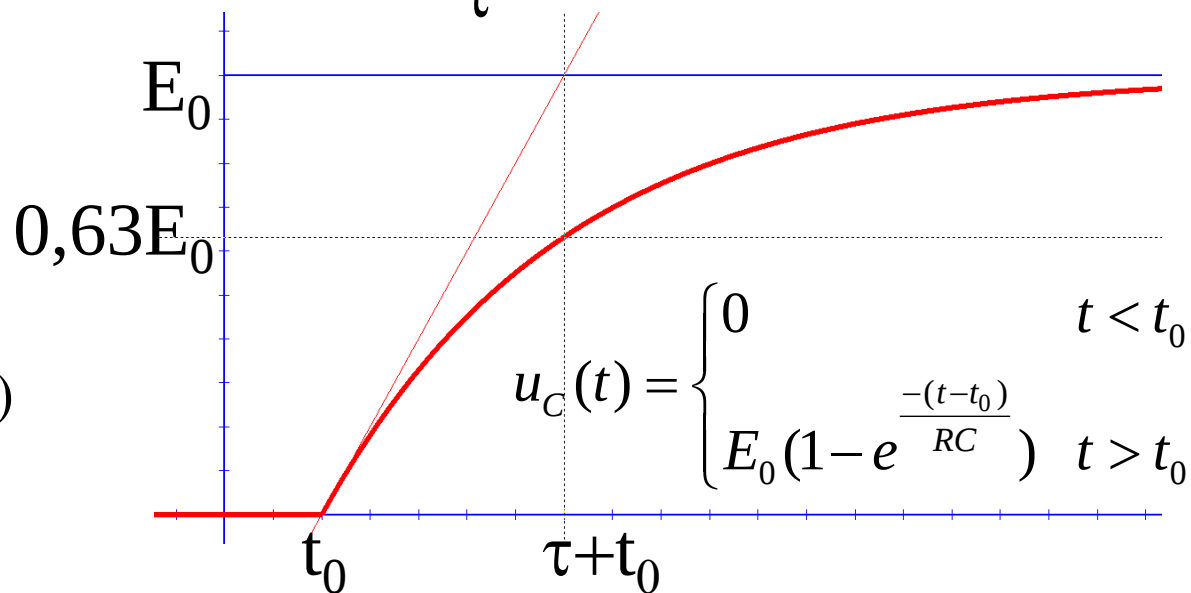
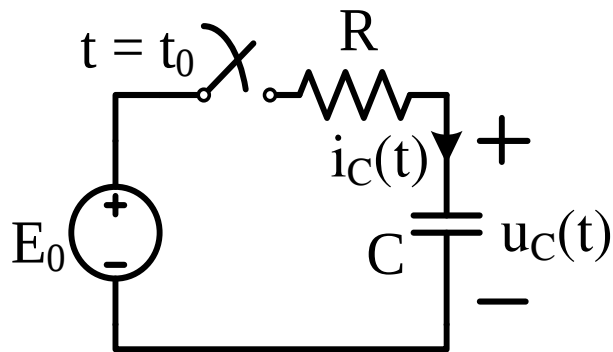
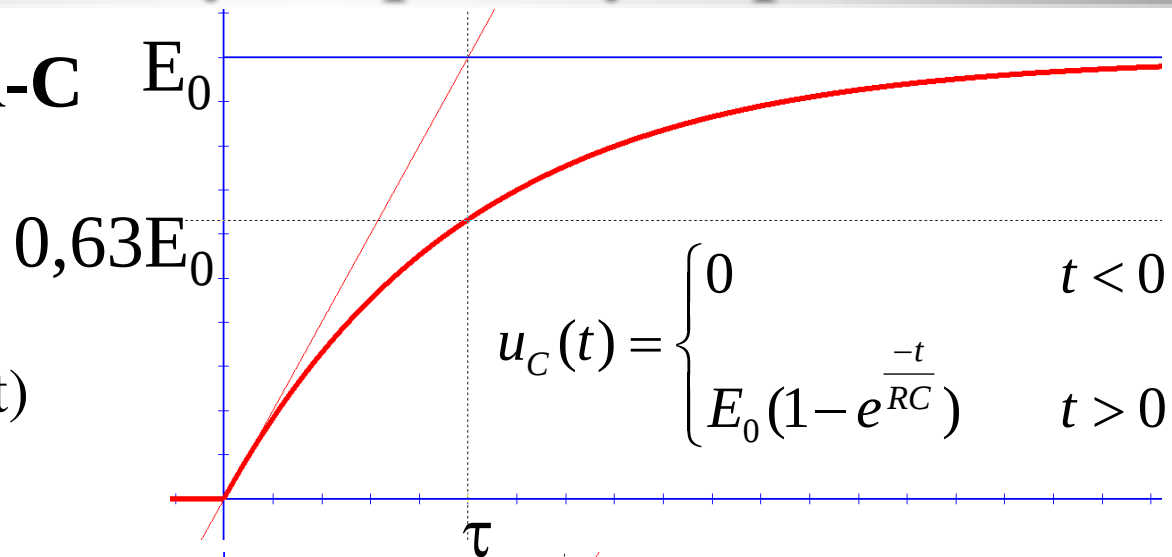
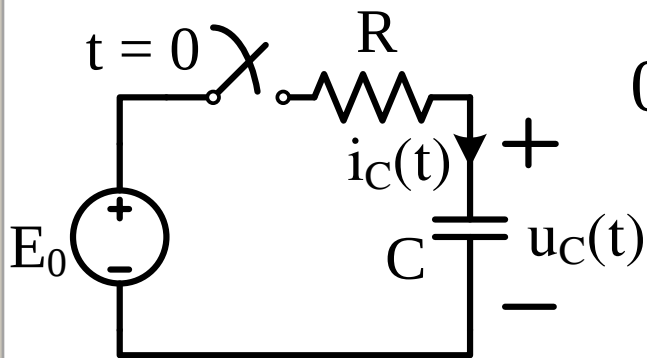
Qui ước $t_{qd} = 3\tau$

4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1



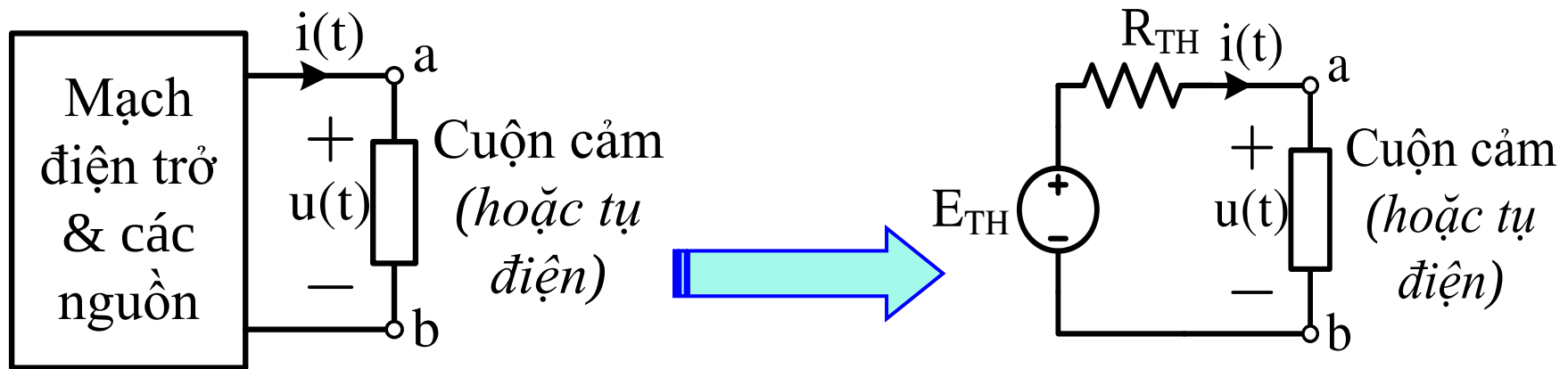
4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

➤ Mạch cấp 1 R-C



4.2.1 Phân tích mạch quá độ cấp 1

➤ Các bài toán phân tích như mạch cấp 1



- Thời hằng của mạch & nghiệm

- Điện dung $\tau = R_{TH} C$

- Điện cảm $\tau = \frac{L}{R_{TH}}$

$$\left\{ \begin{array}{l} u_C(t) = u_{xl} + K_C e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}} \\ i_L(t) = i_{xl} + K_L e^{\frac{-(t-t_0)}{\tau}} \end{array} \right.$$

4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

➤ Mạch cấp 2 R-L-C

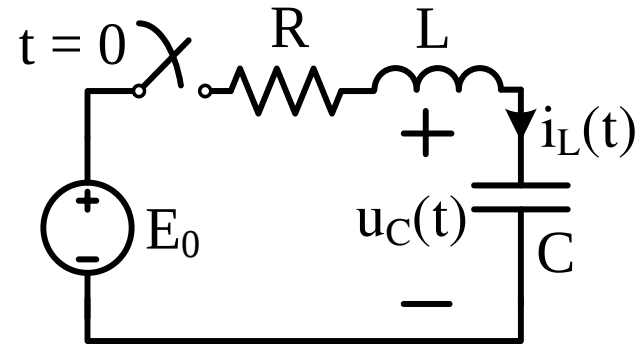
- Bài toán: Đóng nguồn áp DC vào mạch R-L-C (*tụ chưa tích điện*)
 - Tìm đáp ứng quá độ $u_C(t)$, $i_L(t)$
 - Vẽ dạng $u_C(t)$, $i_L(t)$

Giải

❖ $t < 0 \rightarrow i_L(0^-) = 0; u_C(0^-) = 0$

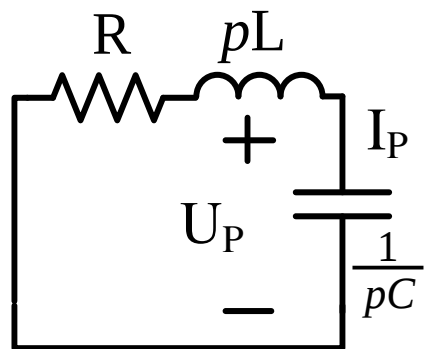
❖ $t > 0 \rightarrow u_C(t) = u_{xl}(t) + u_{td}(t)$

- Nghiệm xác lập DC $\rightarrow$ tụ hở mạch: $\rightarrow u_{xl}(t) = E_0$



4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

- Dùng sơ đồ đại số tìm nghiệm $p \rightarrow$ dạng nghiệm tự do



$$\rightarrow I_p \left(R + pL + \frac{1}{pC} \right) = 0$$

$$p^2 + \frac{R}{L} p + \frac{1}{LC} = 0 \quad \Delta' = \frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}$$

❖ $\Delta' > 0$ $p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm \sqrt{\Delta'}$ $\rightarrow u_{td}(t) = K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t}$

$$\rightarrow u_C(t) = E_0 + K_1 e^{p_1 t} + K_2 e^{p_2 t} \quad (*)$$

❖ Sơ kiện $(*) \rightarrow E_0 + K_1 + K_2 = 0$

$$\left. \begin{array}{l} u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0 \\ i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0 \end{array} \right\} \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} u_C'(0^+) = p_1 K_1 + p_2 K_2 \\ u_C'(0^+) = \frac{1}{C} i_C(0^+) = \frac{1}{C} i_L(0^+) \end{array} \right. \\ \rightarrow p_1 K_1 + p_2 K_2 = 0 \end{array}$$

$$K_1 = \frac{E_0 p_2}{2\sqrt{\Delta'}}$$

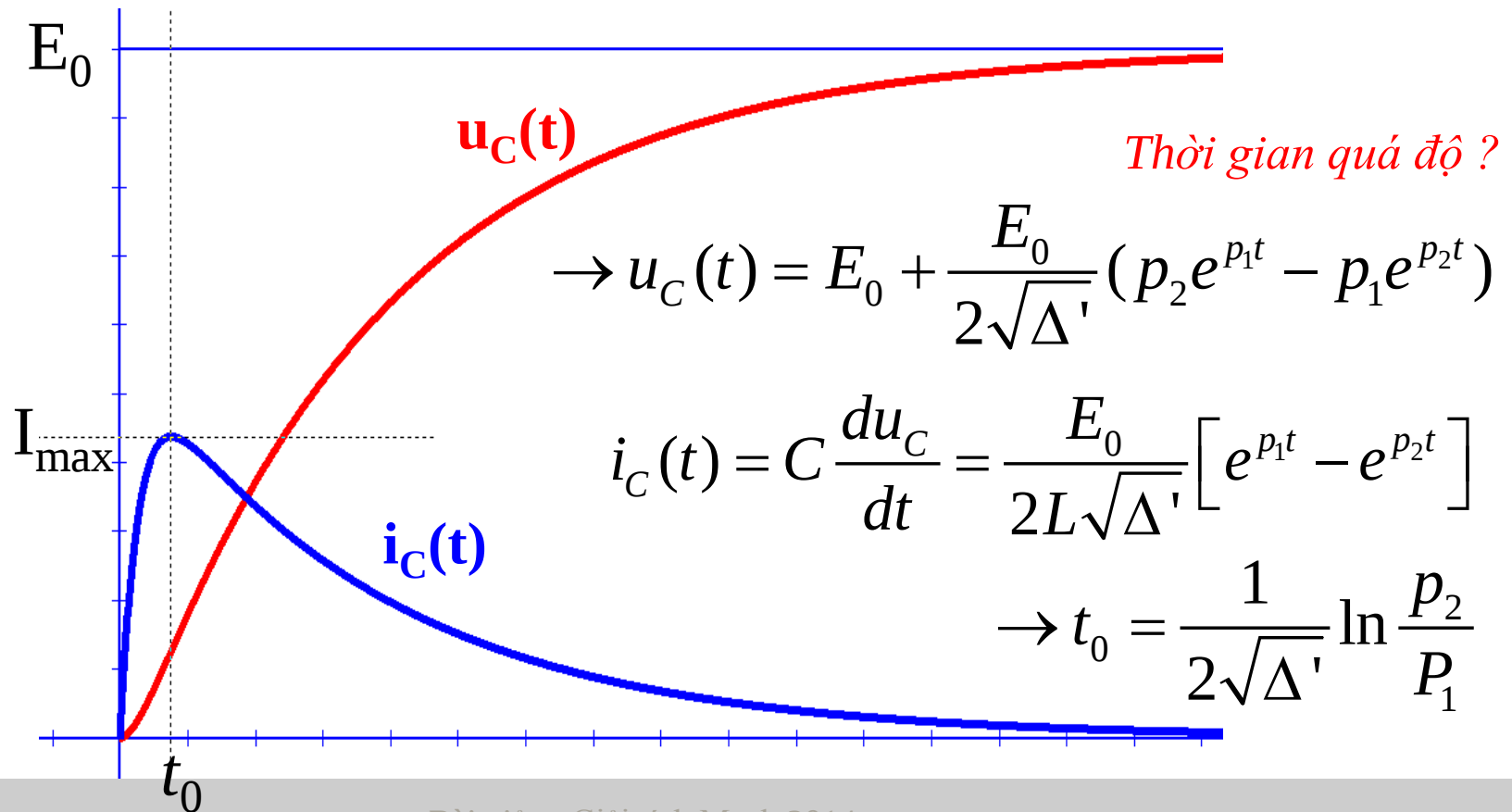
$$K_2 = -\frac{E_0 p_1}{2\sqrt{\Delta'}}$$

4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

➤ Mạch cấp 2 R-L-C

- Nghiệm quá độ

$$R > R_{th} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$



4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

$$\diamond \underline{\Delta' = 0} \quad p_1 = p_2 = -\frac{R}{2L} \rightarrow u_{td}(t) = (K_1 + K_2 t)e^{p_1 t}$$

$$\rightarrow u_C(t) = E_0 + (K_1 + K_2 t)e^{p_1 t} \quad (*)$$

$$\diamond \text{Sơ kiện} \quad (*) \rightarrow E_0 + K_1 = 0$$

$$u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} u_C'(0^+) = p_1 K_1 + K_2 \\ u_C'(0^+) = \frac{1}{C} i_C(0^+) = \frac{1}{C} i_L(0^+) \end{array} \right.$$

$$i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0 \quad \left\{ \begin{array}{l} u_C'(0^+) = \frac{1}{C} i_C(0^+) = \frac{1}{C} i_L(0^+) \\ \rightarrow p_1 K_1 + K_2 = 0 \end{array} \right.$$

$$K_1 = -E_0$$

$$K_2 = -\frac{RE_0}{2L}$$

$$\rightarrow u_C(t) = E_0 - E_0 \left(1 + \frac{R}{2L} t\right) e^{\frac{-R}{2L} t} \quad (*)$$

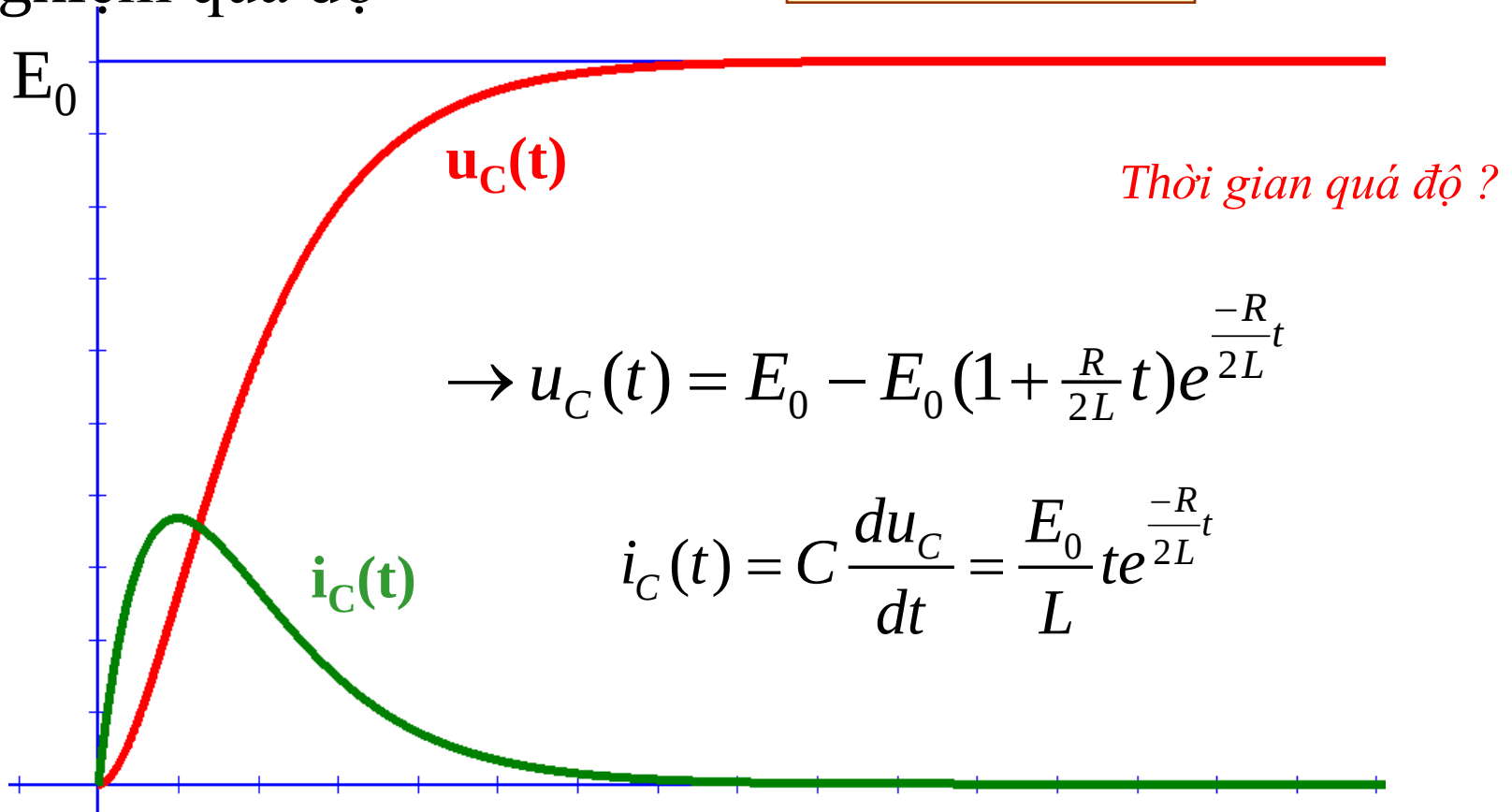
$$i_C(t) = C \frac{du_C}{dt} = \frac{E_0}{L} t e^{\frac{-R}{2L} t}$$

4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

➤ Mạch cấp 2 R-L-C

- Nghiệm quá độ

$$R = R_{th} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$



4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

$$\diamond \underline{\Delta' < 0} \quad p_{1,2} = -\frac{R}{2L} \pm j\sqrt{-\Delta'} = -\alpha \pm j\beta$$

$$\rightarrow u_{td}(t) = Ke^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi)$$

$$\rightarrow u_C(t) = E_0 + Ke^{-\alpha t} \cos(\beta t + \varphi) \quad (*)$$

$$(*) \rightarrow E_0 + K \cos \varphi = 0$$

❖ Sơ kiện

$$u_C(0^+) = u_C(0^-) = 0$$

$$i_L(0^+) = i_L(0^-) = 0$$

$$\begin{cases} u_C'(0^+) = -\alpha K \cos \varphi - \beta K \sin \varphi \end{cases}$$

$$\begin{cases} u_C'(0^+) = \frac{1}{C} i_C(0^+) = \frac{1}{C} i_L(0^+) \end{cases}$$

$$\rightarrow -\alpha \cos \varphi - \beta \sin \varphi = 0$$

$$\begin{cases} K \cos \varphi = -E_0 \\ K \sin \varphi = \frac{\alpha}{\beta} E_0 \end{cases}$$

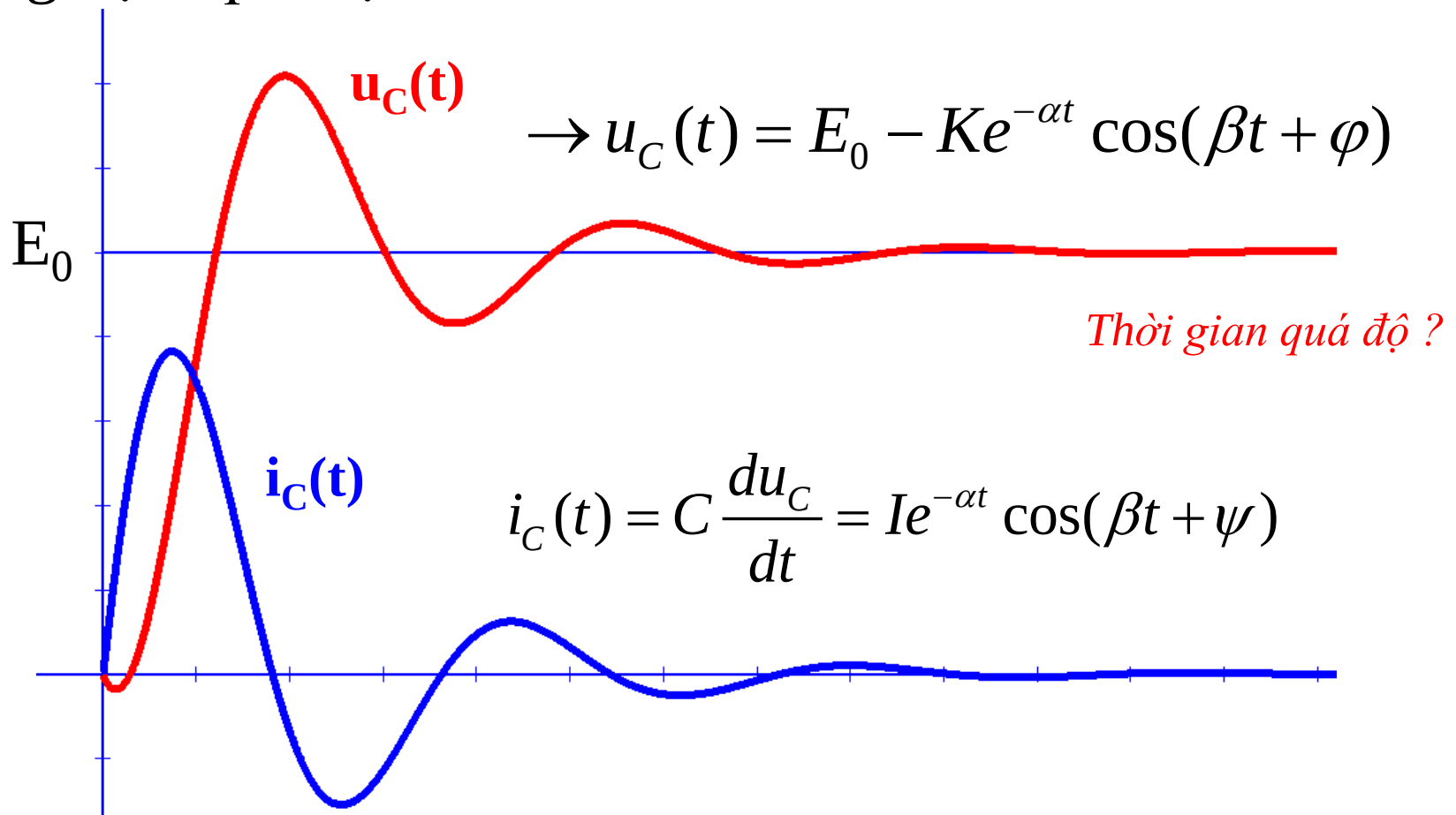
$$\begin{cases} \varphi = -\tan^{-1} \frac{\alpha}{\beta} \\ K = \frac{-E_0}{\cos \varphi} \end{cases}$$

4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

➤ Mạch cấp 2 R-L-C

- Nghiệm quá độ

$$R < R_{th} = 2\sqrt{\frac{L}{C}}$$



4.2.2 Phân tích mạch quá độ cấp 2

➤ Mạch cấp 2 R-L-C

➤ Điện trở tới hạn R_{th} (Ω):

$$R_{th} = 2\sqrt{\frac{L}{C}} \text{ (}\Omega\text{)}$$

➤ Các chế độ của mạch cấp II

- i. Không dao động: ($R > R_{th}$)
- ii. Dao động: ($R < R_{th}$)
- iii. Tới hạn: ($R = R_{th}$)

