



石家莊鐵道大學
SHIJIAZHUANG TIEDAO UNIVERSITY

在线开放课程

暂态电路

换路定则及初始值的确定

主讲：薛强

本节内容



在线开放课程

- 动态电路的概念
- 动态电路的方程
- 动态电路的初始条件

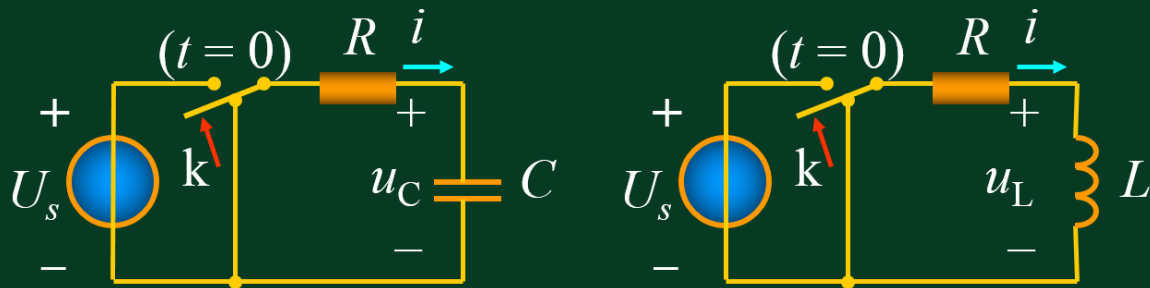


一. 动态电路的概念

含有动态元件电容和电感的电路称动态电路。



当动态电路状态发生改变时（换路）需要经历一个变化过程才能达到新的稳定状态。这个变化过程称为电路的过渡过程。



一. 动态电路的概念

换路

电路结构、状态发生变化

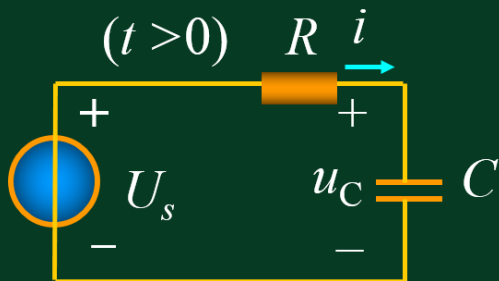
{ 支路接入或断开
{ 电路参数变化

过渡过程产生的原因

电路内部含有储能元件 L 、 C ，电路在换路时能量发生变化，而能量的储存和释放都需要一定的时间来完成。

二. 动态电路的方程

例 RC电路



应用KVL和电容的VCR得：

$$\begin{cases} Ri + u_C = u_s(t) \\ i = C \frac{du_C}{dt} \end{cases}$$

$$\rightarrow RC \frac{du_C}{dt} + u_C = u_s(t)$$

二. 动态电路的方程



结论



含有一个动态元件电容或电感的线性电路，其电路方程为一阶线性常微分方程，称一阶电路。

三. 电路的初始条件

① $t = 0_+$ 与 $t = 0_-$ 的概念

认为换路在 $t=0$ 时刻进行

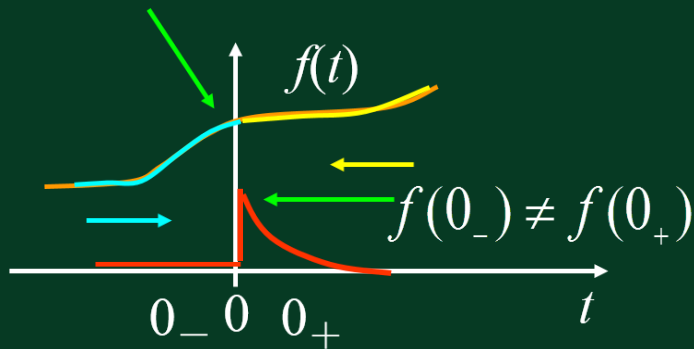
0_- 换路前一瞬间

$$f(0_-) = \lim_{\substack{t \rightarrow 0 \\ t < 0}} f(t)$$

0_+ 换路后一瞬间

$$f(0_+) = \lim_{\substack{t \rightarrow 0 \\ t > 0}} f(t)$$

$$f(0_-) = f(0_+)$$



注意 初始条件为 $t = 0_+$ 时 u , i 及其各阶导数的值。

三. 电路的初始条件

② 电容的初始条件

$$u_C(t) = \frac{1}{C} \int_{-\infty}^t i(\xi) d\xi$$

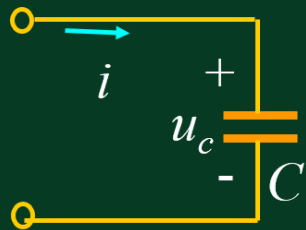
$$= \frac{1}{C} \int_{-\infty}^{0_-} i(\xi) d\xi + \frac{1}{C} \int_{0_-}^t i(\xi) d\xi$$

$$= u_C(0_-) + \frac{1}{C} \int_{0_-}^t i(\xi) d\xi$$

$t = 0_+$ 时刻 当 $i(\xi)$ 为有限值时

$$u_C(0_+) = u_C(0_-) + \frac{1}{C} \int_{0_-}^{0_+} i(\xi) d\xi$$

(Note: The integral term is crossed out with a red arrow pointing to a red '0', indicating it is zero for finite current.)



三. 电路的初始条件

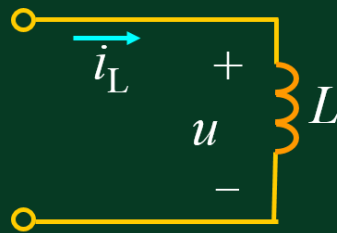
$$u_C(0_+) = u_C(0_-)$$

结论

换路瞬间，若电容电流保持为有限值，
则电容电压换路前后保持不变。

三. 电路的初始条件

③ 电感的初始条件



$$\begin{aligned} i_L(t) &= \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(\xi) d\xi \\ &= \frac{1}{L} \int_{-\infty}^{0_-} u(\xi) d\xi + \frac{1}{L} \int_{0_-}^t u(\xi) d\xi \\ &= i_L(0_-) + \frac{1}{L} \int_{0_-}^t u(\xi) d\xi \end{aligned}$$

$t = 0_+$ 时刻 当 u 为有限值时

$$i_L(0_+) = i_L(0_-) + \frac{1}{L} \int_{0_-}^{0_+} u(\xi) d\xi$$

(Note: The integral term is crossed out with a red arrow pointing to a red '0', indicating it is zero.)

三. 电路的初始条件

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



换路瞬间，若电感电压保持为有限值，
则电感电流换路前后保持不变。

三. 电路的初始条件

④换路定则

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

换路瞬间，若电容电流保持为有限值，则电容电压换路前后保持不变。

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

换路瞬间，若电感电压保持为有限值，则电感电流换路前后保持不变。



- ①电容电流和电感电压为有限值是换路定律成立的条件。
- ②换路定则反映了能量不能跃变。

三. 电路的初始条件

⑤ 电路初始值的确定

1. 由换路前电路（稳定状态）求 $u_C(0_-)$ 和 $i_L(0_-)$;

2. 由换路定则得 $u_C(0_+)$ 和 $i_L(0_+)$ 。

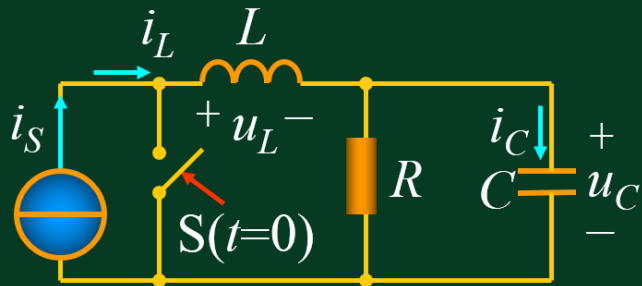
3. 画 0_+ 等效电路。

- a. 换路后的电路
- b. 电容（电感）用电压源（电流源）替代。

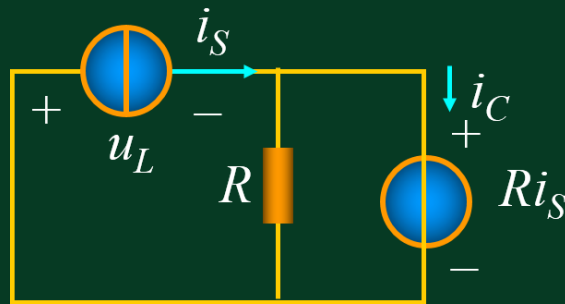
4. 由 0_+ 电路求所需各变量的 0_+ 值。

三. 电路的初始条件

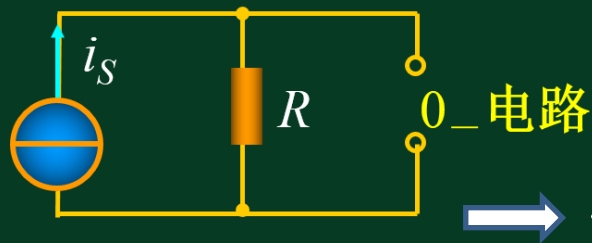
例3 求 $i_C(0_+)$, $u_L(0_+)$



得 0_+ 电路:



解 由 0_- 电路得:



$$\begin{cases} i_C(0_+) = i_s - \frac{Ri_s}{R} = 0 \\ u_L(0_+) = -Ri_s \end{cases}$$

$$\begin{cases} i_L(0_+) = i_L(0_-) = i_s \\ u_C(0_+) = u_C(0_-) = Ri_s \end{cases}$$

小结

- 动态电路的概念
- 动态电路的方程
- 动态电路的初始条件
(重点掌握换路定则和初始条件的确定)

