

Ch1.4 电感元件

杨旭强

哈尔滨工业大学电气工程及自动化学院



1.4 电感元件

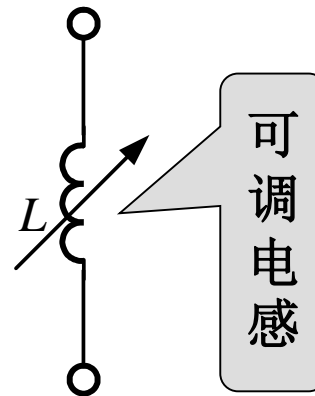
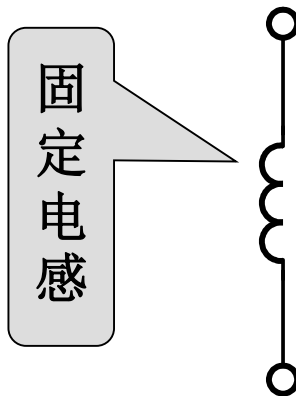
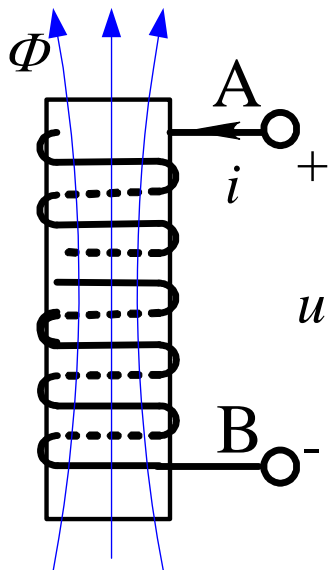
基本要求：熟练掌握电感元件符号、端口特性方程、能量计算。

几种实际的电感线圈如图所示。



1.4 电感元件

1. 电感的电路符号

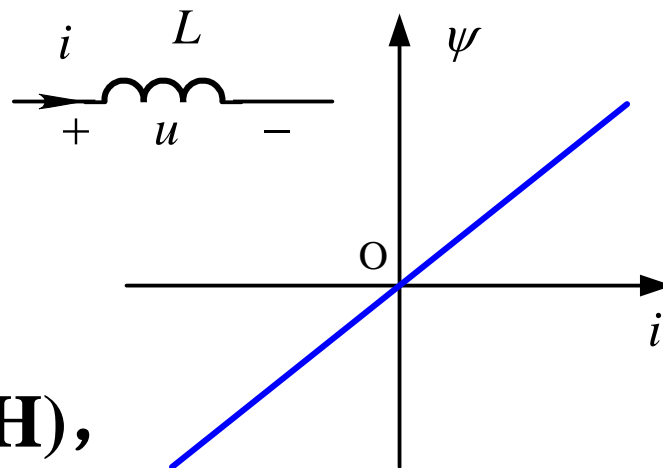


2. 电感的特性方程

1) 韦安特性

$$\psi = Li$$

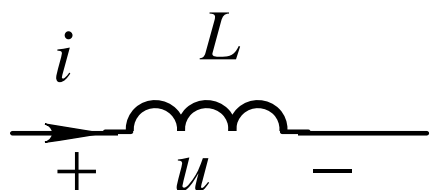
L : 电感, 单位是亨[利](符号H),
 Ψ : 磁链, 单位是韦[伯](符号Wb)。



1.4 电感元件

2) 伏安特性

根据电磁感应定律和楞茨定律，当电压、电流方向如下图所示，并且电流与磁通的参考方向遵循右螺旋法则时，端口电压 u 与感应电动势 e 关系如下



$$e = -\frac{d\Psi}{dt}$$

对线性电感，其端口特性方程

$$\left\{ \begin{array}{l} u = -e = \frac{d\Psi}{dt} = L \frac{di}{dt} \\ u = -L \frac{di}{dt} \quad (\text{非关联}) \end{array} \right.$$

1.4 电感元件

线性电感的伏安特性有如下特点：

- ◆ 电感元件上任一时刻的电压 u 取决于同一时刻电感电流 i 的**变化率**，而与该时刻电感电流的数值无关；
- ◆ 电感电流变化越快，电压越大**[阻碍交流]**。即使某时刻电流为零，也可能有电压；
- ◆ 当电感电流为恒定值时（直流电流），电感电压为零，电感相当于**短路[通直流]**；
- ◆ 若任一时刻电感电压为有限值，则电流 i **不能跃变**。

1.4 电感元件

如果从电压求磁链或电流，则须积分，即

$$\Psi(t) = \int_{-\infty}^t u(\xi) d\xi = \psi(t_0) + \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi$$

$$i(t) = \frac{1}{L} \int_{-\infty}^t u(\xi) d\xi = i(t_0) + \frac{1}{L} \int_{t_0}^t u(\xi) d\xi$$

$\psi(t_0)$ ：初始磁链 $i(t_0)$ ：初始电流

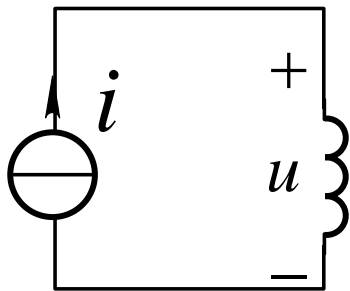
线性电感吸收的功率为 $p = ui = Li \frac{di}{dt}$

截止到 t 时刻电感吸收的能量为：

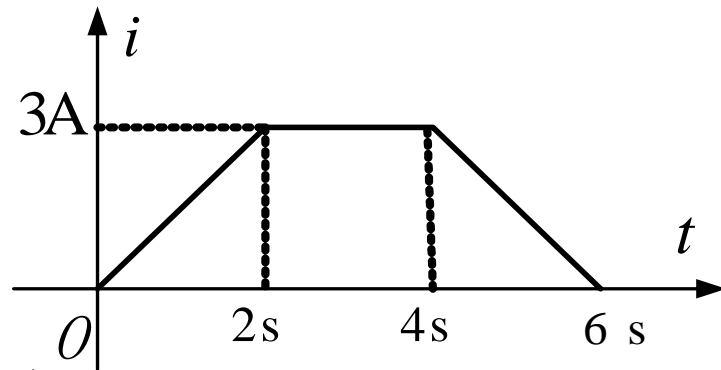
$$w_m = \int_{-\infty}^t p(\xi) d\xi = L \int_{i(-\infty)}^i i(\xi) di(\xi) = \frac{1}{2} Li^2 \bigg|_{i(-\infty)}^{i(t)} \quad w_m = \frac{1}{2} Li^2 = \frac{\psi^2}{2L}$$

1.4 电感元件

【例题1.2】电路如图 (a)所示，0.1H电感通以图 (b)所示的电流。求时间 $t>0$ 电感电压、吸收功率及储存能量的变化规律。



(a)



(b)

例题1.2图

解：根据电流的变化规律，分段计算如下

(1) $0 < t < 2s : i = 1.5t \text{ A}$

$$u = L \frac{di}{dt} = (0.1 \times 1.5) \text{ V} = 0.15 \text{ V}$$

$$p = ui = 0.225t \text{ W} \qquad w_m = \frac{1}{2} Li^2 = 0.1125t^2 \text{ J}$$

1.4 电感元件

(2) $2\text{s} < t < 4\text{s}$: $i = 3\text{ A}$

$$u = L \frac{di}{dt} = 0$$

$$p = ui = 0$$

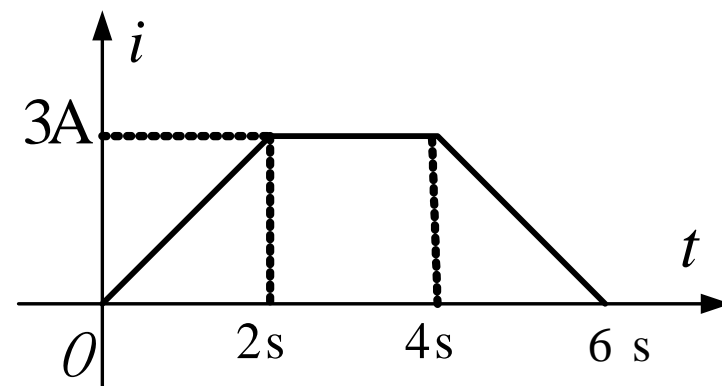
$$w_m = \frac{1}{2} Li^2 = 0.45\text{ J}$$

(3) $4\text{s} < t < 6\text{s}$: $i = (-1.5t + 9)\text{ A}$

$$u = L \frac{di}{dt} = -0.1 \times 1.5\text{ V} = -0.15\text{ V}$$

$$p = ui = (0.225t - 1.35)\text{ W}$$

$$w_m = \frac{1}{2} Li^2 = (0.1125t^2 - 1.35t + 0.45)\text{ J}$$



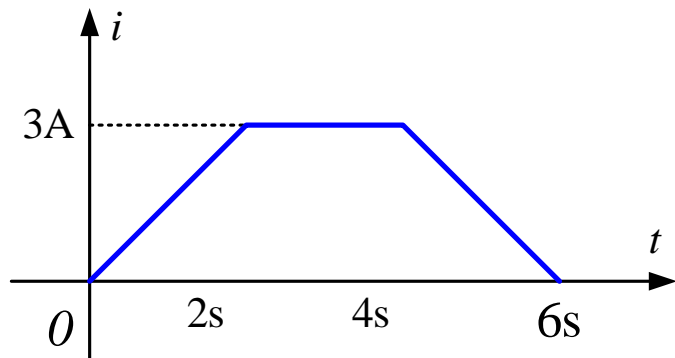
(b)

(4) $t > 6\text{s}$: $i = 0$

电压、功率及
能量均为零。

1.4 电感元件

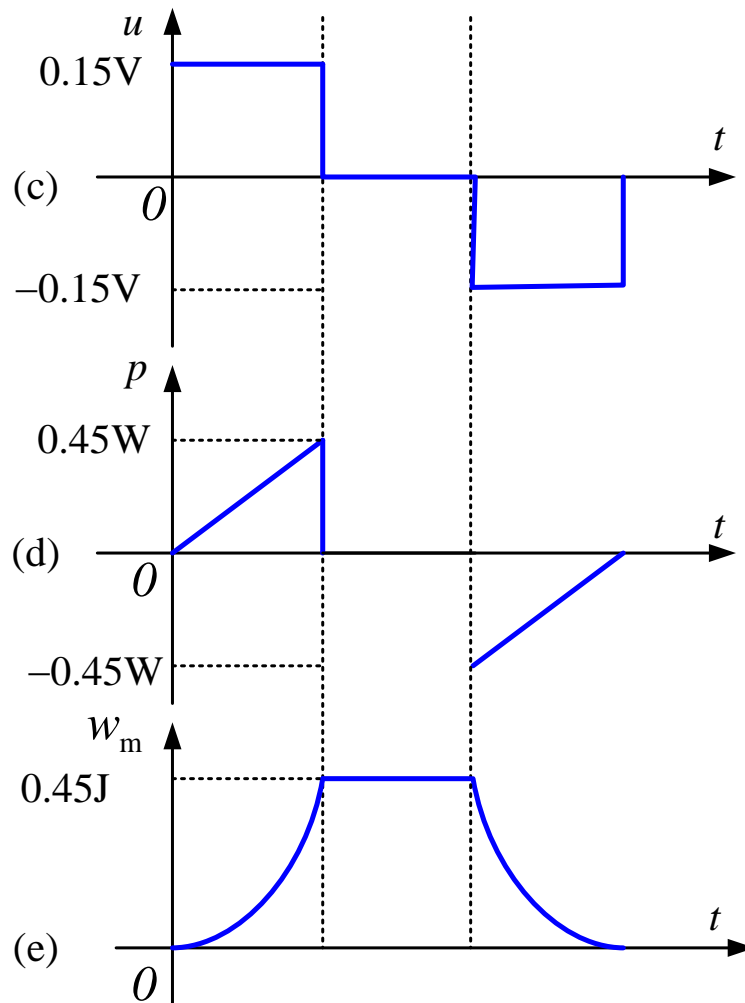
电压、功率及能量的变化规律如右图 (c)、(d)、(e) 所示。



小结：电感电压与电流的变化率成正比。因而当

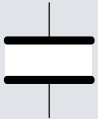

$$2\text{s} < t < 4\text{s}$$

时，虽然电流最大，电压却为零。



1.3和1.4 电容电感元件-小结

本节核心要点是符号、单位和端口特性

元件名	元件符号	变量符号	单位	端口特性	功率和能量	特点
电容		c/C	F μF	$q = C u$ $i = C \frac{du}{dt}$	$p = u i = C u \frac{du}{dt}$ $w_e(t) = \frac{1}{2} C u^2 = \frac{q^2}{2C}$	隔直通交 是动态、记忆、 储能、无损元件
电感		l/L	H mH	$\psi = L i$ $u = L \frac{di}{dt}$	$p = u i = L i \frac{di}{dt}$ $w_m = \frac{1}{2} L i^2 = \frac{\psi^2}{2L}$	阻交通直 是动态、记忆、 储能、无损元件