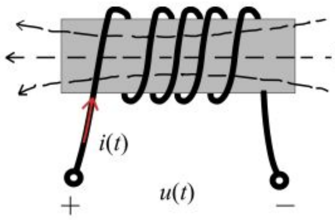
5-2 电感元件

1、电感线圈

把金属导线绕在一骨架上可构成一实际电感线圈。



当电流通过线圈时，将产生磁通。

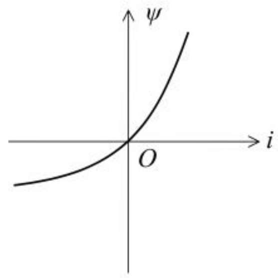
是一种抵抗电流变化、储存磁能的元件。

$$\Psi(t) = N\Phi(t)$$

2、电感元件定义

储存磁能的两端元件。

任何时刻，磁通链Ψ和流过的电流i的关系可用Ψ-i平面上的一条曲线来描述。



也可用函数表示为

$$f(\Psi, i) = 0$$

3、线性时不变电感元件

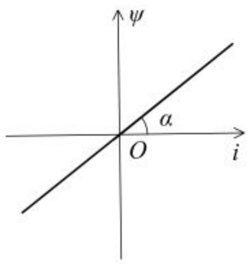
任何时刻，通过电感元件的电流 i 与其磁链 Ψ 成正比。

Ψ - i 特性为过原点的直线。

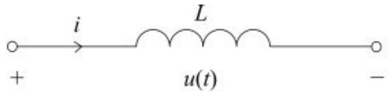
$$\Psi(t) = Li(t)$$

L 称为电感元件的电感，且

$$L = \frac{\Psi}{i} \propto \tan\alpha$$



电路符号：



单位

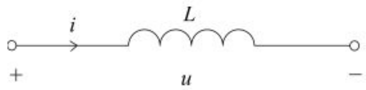
H(亨利)，常用 μH，mH 表示。

$1\text{H}=10^3\ \text{mH}$

$1\ \text{mH}=10^3\ \mu\text{H}$

4、电感的电压-电流关系

u、i 取关联参考方向



根据电磁感应定律与楞次定律

$$u(t) = \frac{d\Psi}{dt} = L\frac{di(t)}{dt}$$

电感元件 VCR 的微分形式

表明

某一时刻 u 的大小取决于 i 的变化率。而与该时刻电流 i 的大小无关。

电感是动态元件。

当 i 为常数(直流)时，u=0。

电感相当于短路。

实际电路中电感的电压 u 为有限值。则 i 必定是时间的连续函数。

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

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

电感元件 VCR 的积分形式

表明

① 某一时刻的 $i(t)$ 与-∞ 到该时刻的所有电压值有关。

电感元件有记忆电压的作用。

称电感元件为记忆元件。

② 研究某一 t_0 以后的 $i(t)$，需知道 t_0 时刻开始的电压 $u(t)$ 和 t_0 时刻电流 $i(t_0)$。

注意

① 当电感的 u，i 为非关联参考方向时，电感元件VCR表达式前要加负号。

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

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

② 上式中 $i(t_0)$ 称为电感电流的初始值，也称为初始状态。

5、电感的储能和功率

功率

$$p = ui = L\frac{di}{dt}i$$

当电流增大，$p>0$，电感吸收功率。

当电流减小，$p<0$，电感发出功率。

表明

电感能在一段时间内吸收能量并转化为磁场能量储存起来。

在另一段时间内将能量释放给电路。

因此电感元件是无源元件、储能元件。

电感的储能

$$W_L = \int_{-\infty}^{t} Li\frac{di}{d\xi}d\xi = \frac{1}{2}Li^2(\xi)|_{-\infty}^{t}$$

$$= \frac{1}{2}Li^2(t) - \frac{1}{2}Li^2(-\infty)$$

$$= \frac{1}{2}Li^2(t)$$

表明

① 电感的储能只与当时的电流值有关，电流不能跃变，反映了储能不能跃变。

② 电感储存的能量一定大于或等于零。

从t_0到t电感储能的变化量为

$$W_L = \frac{1}{2}Li^2(t) - \frac{1}{2}Li^2(t_0)$$