本次课学习内容

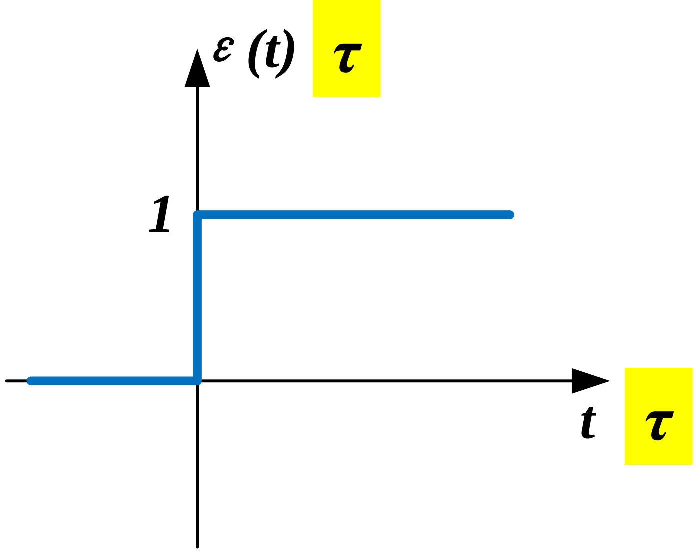
- 卷积积分性质及应用
- 正弦交流电基本概念
- 正弦量的相量表示

3.卷积的计算

（1）利用定义式求解

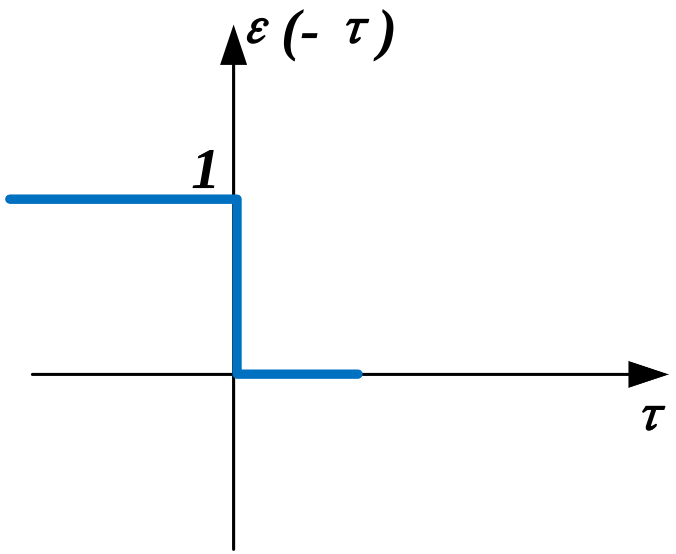
（2）利用性质求解

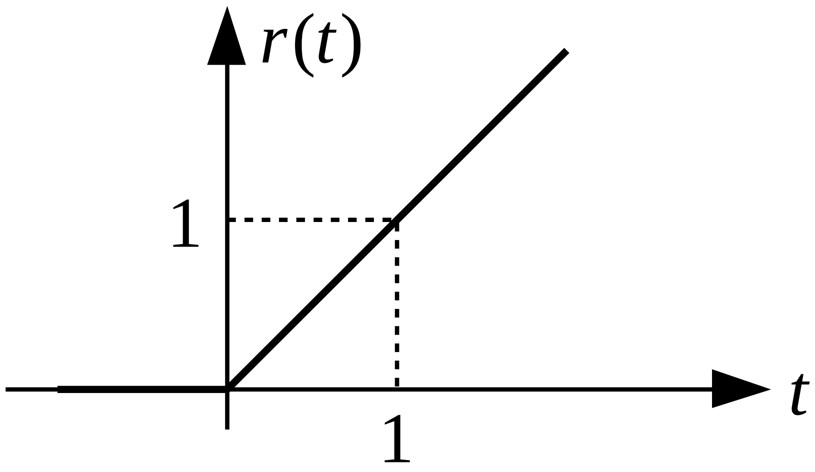
例：计算$r(t) = \varepsilon(t) * \varepsilon(t)$ 。



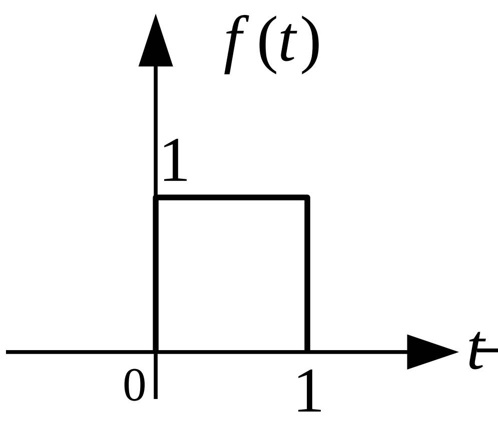
$$r(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \varepsilon(\tau)\varepsilon(t-\tau)d\tau$$

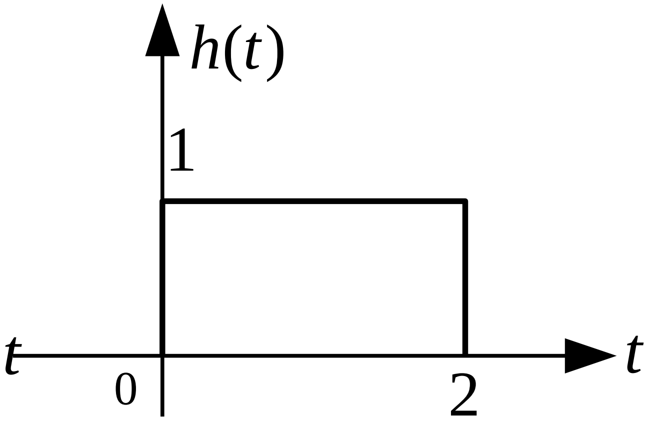
$$= \int_0^t d\tau = t, \quad t > 0$$

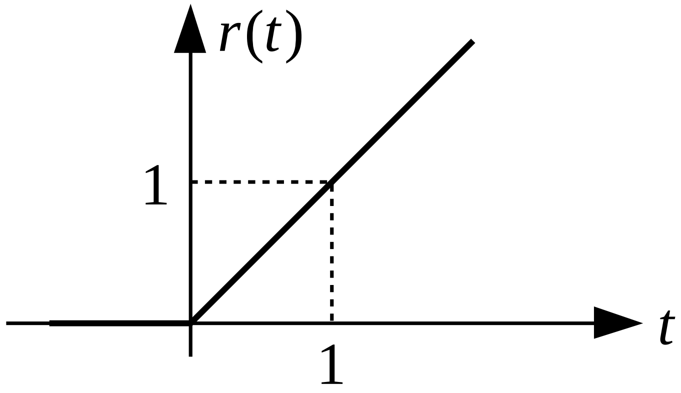




例：利用时移特性及$\varepsilon(t) * \varepsilon(t) = r(t)$，计算$y(t) = f(t) * h(t)$。



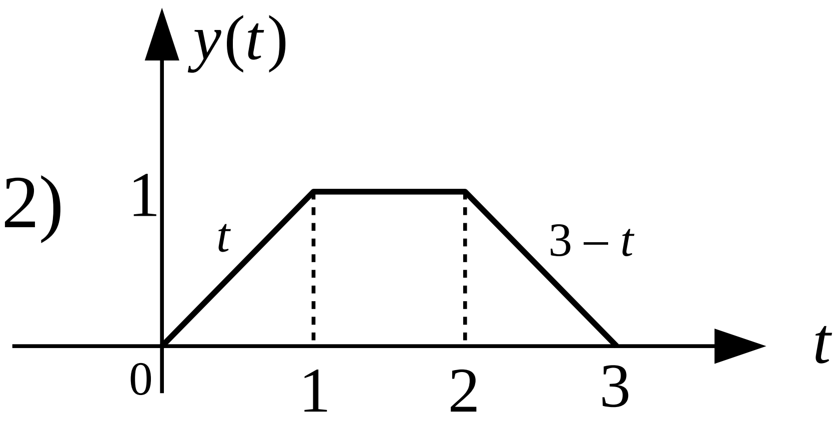




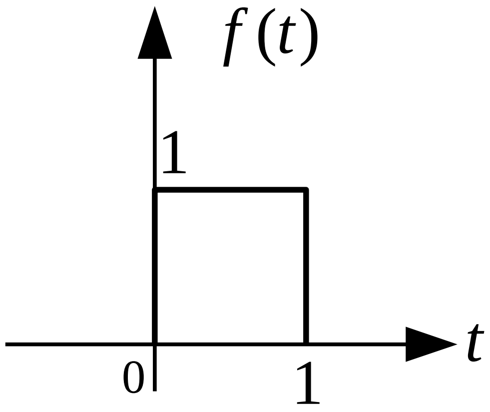
$$y(t) = f(t) * h(t) = [\varepsilon(t) - \varepsilon(t\text{-}1)\ ] * [\varepsilon(t) - \varepsilon(t\text{-}2)\ ]$$

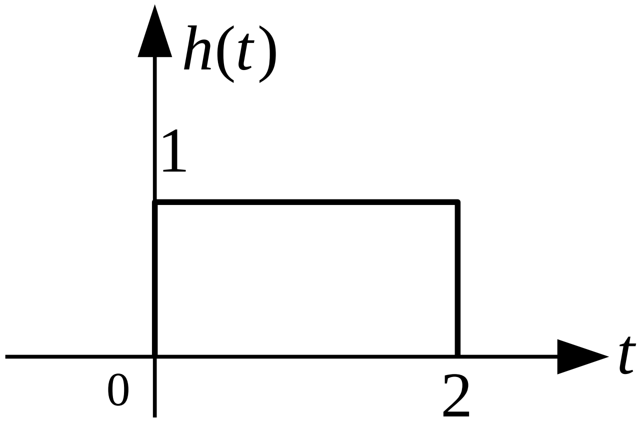
$$=\varepsilon(t)*\varepsilon(t) - \varepsilon\ (t\text{-}1)*\varepsilon(t) - \ \varepsilon(t)*\varepsilon(t\text{-}2) - \ \varepsilon(t\text{-}1)*\varepsilon(t\text{-}2)$$

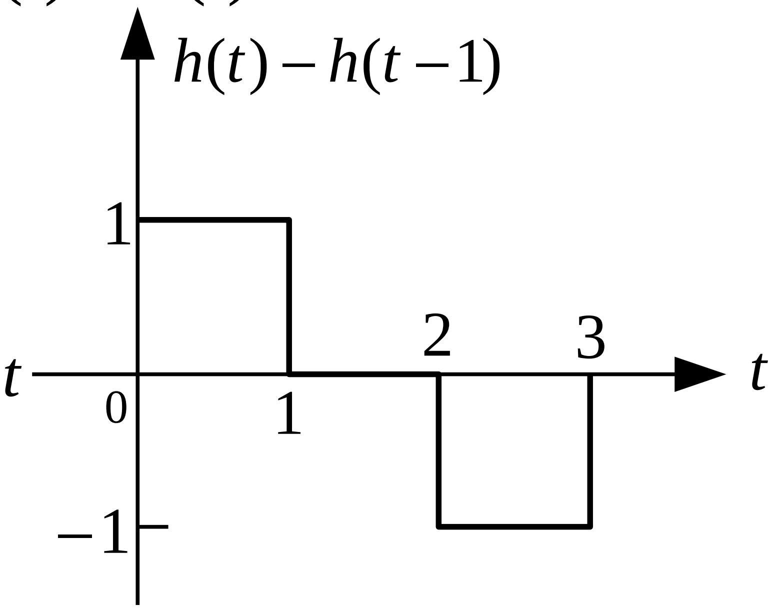
$$= r(t) - r(t\ \text{-}1) - r(t\text{-}2) + r(t\text{-}3)$$



例3：利用微积分特性，计算$y(t) = f(t) * h(t)$。



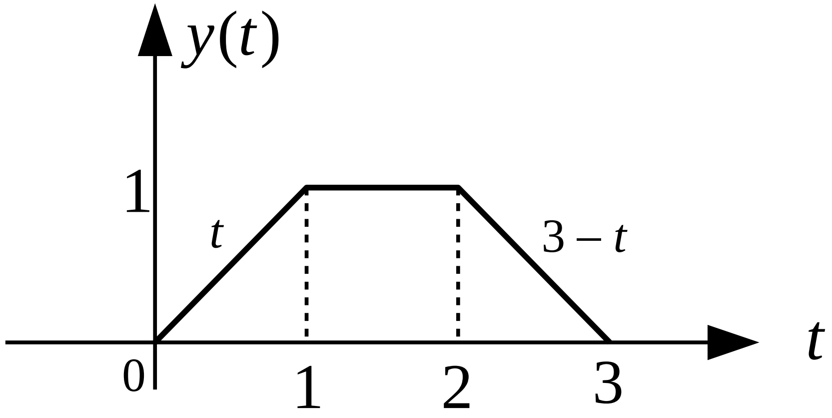




$$f'(t) = \delta(t) - \delta(t-1)$$

$$f'(t) * h^{(-1)}(t) = h^{(-1)}(t) - h^{(-1)}(t-1)$$

$$y(t) = \int_0^t [h(\tau) - h(\tau - 1)] d\tau$$

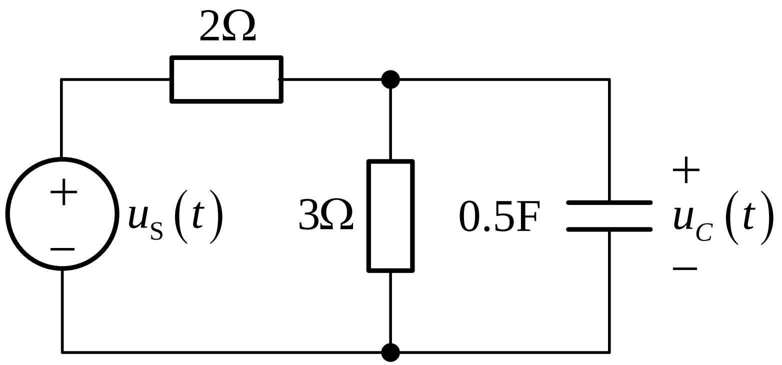


例3. 7−3 求例3.6-2所示电路在 $u_S(t)=e^{-2t}\varepsilon(t)$V 时的零状态响应

解 已在例3.6-2中求得该电路的冲激响应为 $h(t)=e^{-\frac{5}{3}t}\varepsilon(t)$V

因此，该电路在 $u_S(t)=e^{-2t}\varepsilon(t)$V 时的零状态响应为

$$
\begin{aligned}
u_{Czs}(t) &= u_S(t)*h(t) = e^{-2t}\varepsilon(t)*e^{-\frac{5}{3}t}\varepsilon(t) \\
&= \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-2\tau}\varepsilon(\tau)\cdot e^{-\frac{5}{3}(t-\tau)}\varepsilon(t-\tau)\,d\tau \\
&= e^{-\frac{5}{3}t}\int_0^t e^{-\frac{1}{3}\tau}\,d\tau\,\varepsilon(t) = -\frac{1}{3}e^{-\frac{5}{3}t}e^{-\frac{1}{3}\tau}\Big|_{\tau=0}^{t}\varepsilon(t) \\
&= -\frac{1}{3}e^{-\frac{5}{3}t}\left(e^{-\frac{1}{3}t}-1\right)\varepsilon(t) = \frac{1}{3}\left(e^{-\frac{5}{3}t}-e^{-2t}\right)\varepsilon(t)\text{V}
\end{aligned}
$$

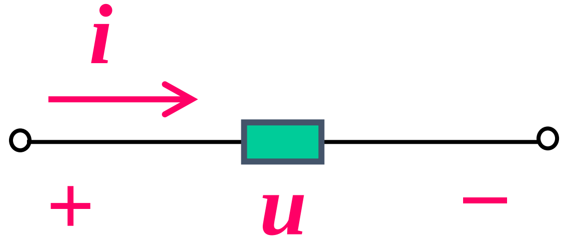


第四章 线性电路的正弦稳态分析

- 4.1 正弦交流电基本概念
- 4.2 正弦量的相量表示
- 4.3 基尔霍夫定律的相量形式
- 4.4 无源单口网络的阻抗、导纳及等效变换
- 4.5 正弦稳态电路的相量分析法
- 4.6正弦稳态电路的功率
- 4.7 磁耦合电路的正弦稳态分析

1 正弦量的基本概念

(1) 正弦量的三要素



$i(t)=I_m\cos(\omega t+\varphi)$ → 相位

(a) 幅值 (amplitude) (振幅、 最大值) I_m

(b) 角频率(angular frequency) ω

$$\omega = \frac{d(\omega t+\varphi)}{dt}$$

相位随时间的变化率

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

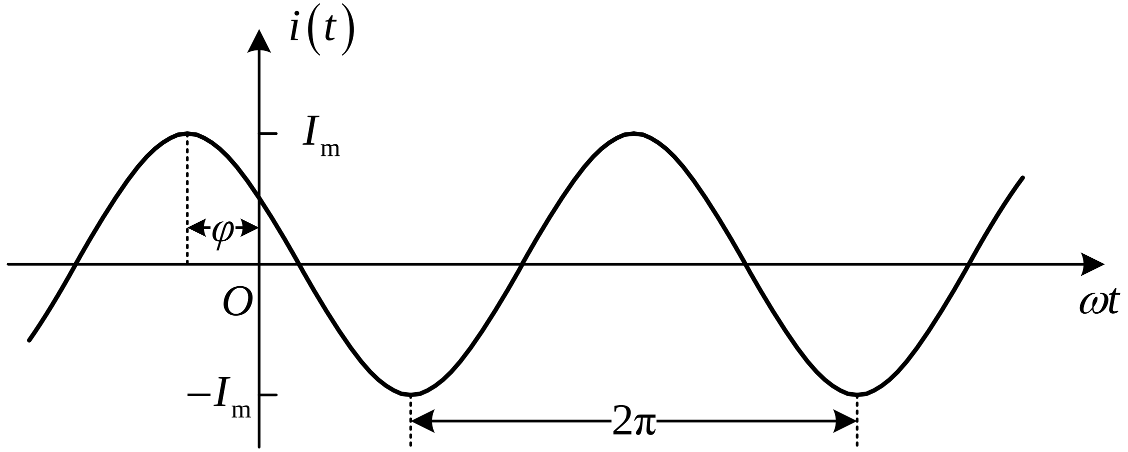
单位： rad/s

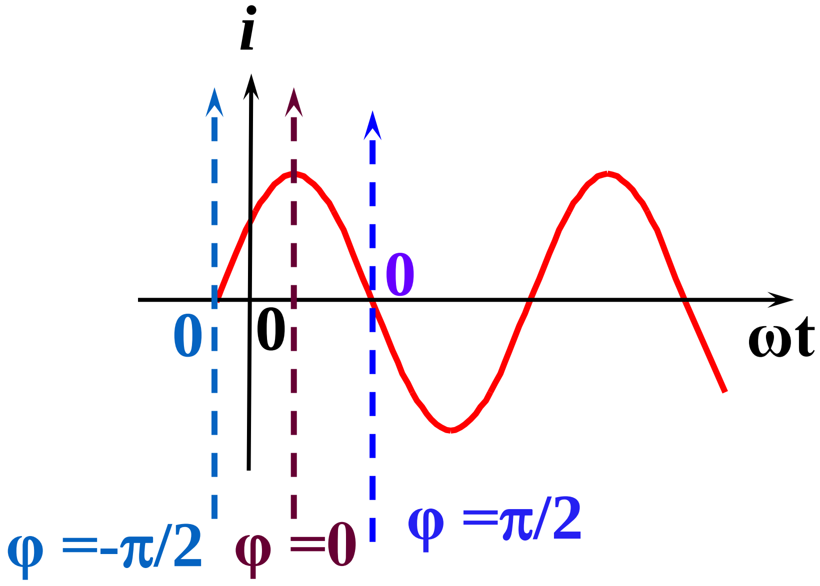
(c) 初相位/角(initial phase angle) φ

t = 0时的相位

$$i(t)|_{t=0}=I_m\cos\varphi$$

$$i(t) = I_m \cos(\omega t + \varphi)$$





一般 $|\varphi| \le \pi$

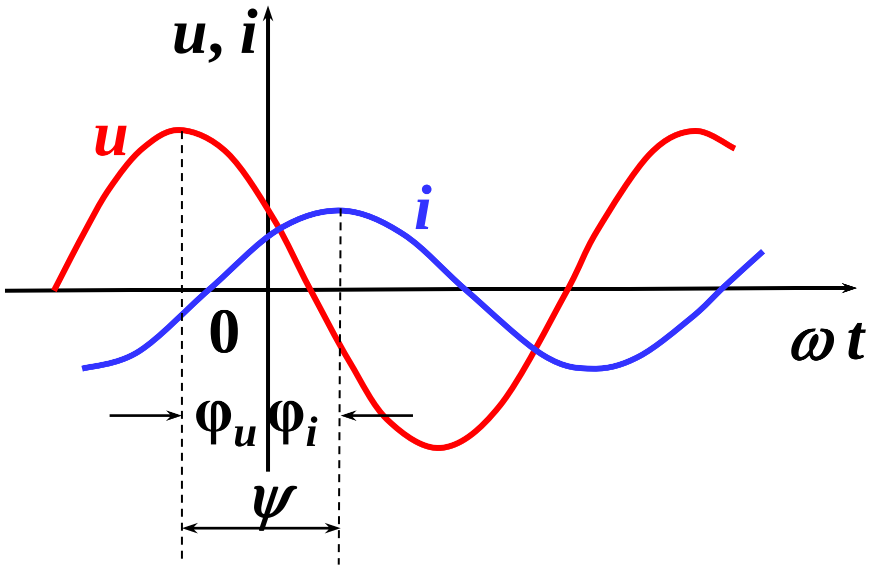
(2) 同频率正弦量的相位差 (phase difference)。

设 $u(t)=U_m\cos(\omega t+\varphi_u)$，$i(t)=I_m\cos(\omega t+\varphi_i)$

相位差 $\psi = (\omega t+\varphi_u) - (\omega t+\varphi_i) = \varphi_u - \varphi_i$

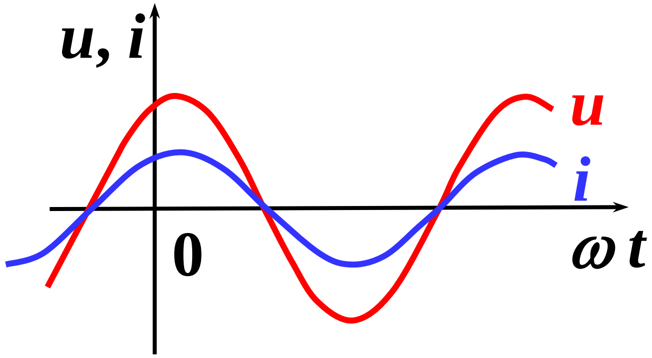
$\psi>0$， u 领先(lead)(超前)i，或i 落后(lag)(滞后) u

$\psi<0$， i 领先(超前) u，或u 落后(滞后) i

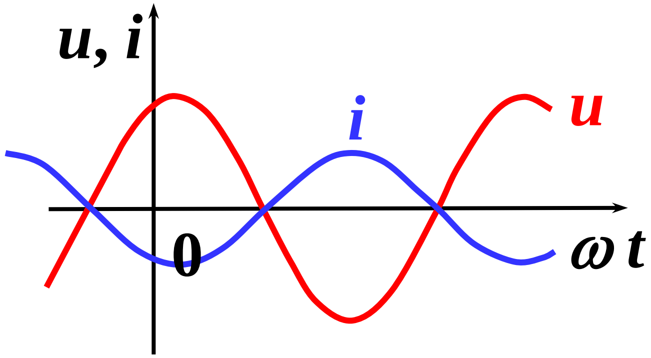


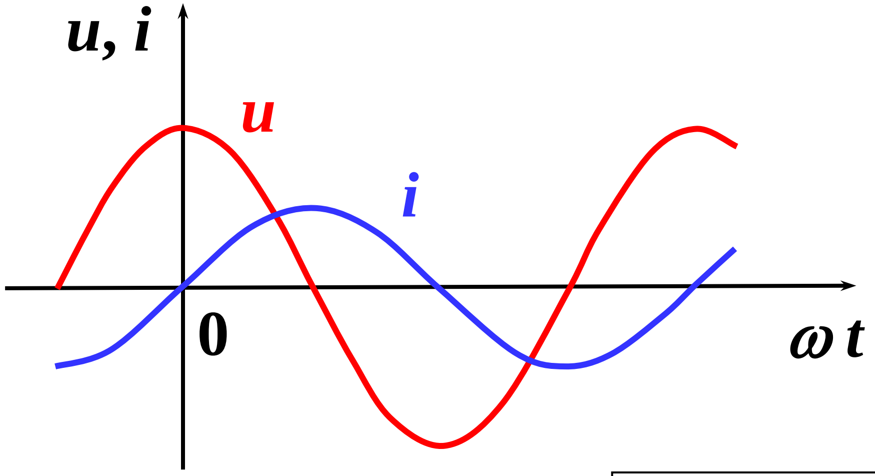
特殊相位关系

$\psi = 0$， 同相



$\psi = \pm\pi$ ($\pm 180^{\circ}$)，反相





$\psi = 90^{\circ}$

u 领先 i 90°

或 i 落后 u 90°

不说 u 落后 i 270°

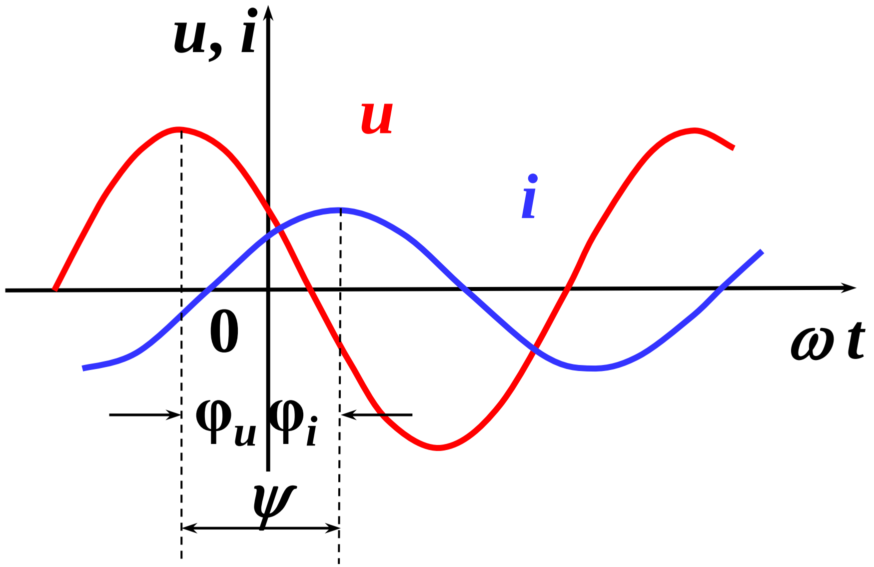
或 i 领先 u 270°

规定： $|\psi| \le \pi$ (180°)

单选题 1分

设置

图中u和i之间的相位关系是



A u 超前 i $|\varphi_u| - |\varphi_i|$

B u 滞后 i $|\varphi_u| - |\varphi_i|$

C u 超前 i $|\varphi_u| + |\varphi_i|$

D u 滞后 i $|\varphi_u| + |\varphi_i|$

提交

例4. 1-1 正弦电压

$$u_1(t)=5\sin(314t+15^\circ)\mathrm{V} \qquad u_2(t)=-4\cos(314t+45^\circ)\mathrm{V}$$

求相位差，并比较相位关系。

解 两正弦电压频率相同，因此可以进行相位比较。将 u_1 和 u_2

化成标准形式，可得

$$u_1(t)=5\sin(314t+15^\circ)=5\cos(314t+15^\circ-90^\circ)=5\cos(314t-75^\circ)\mathrm{V}$$

$$u_2(t)=-4\cos(314t+45^\circ)=4\cos(314t+45^\circ-180^\circ)=4\cos(314t-135^\circ)\mathrm{V}$$

相位差为 $\psi=-75^\circ-(-135^\circ)=60^\circ$

u_1 超前 u_2 60°，或者 u_2 滞后 u_1 60°

$$\sin\alpha=\cos(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\cos(\alpha-\frac{\pi}{2})$$

$$-\cos\alpha=\cos(\pi-\alpha)=\cos(\alpha-\pi)$$

$$-\sin\alpha=-\cos(\frac{\pi}{2}-\alpha)=\cos(\alpha+\frac{\pi}{2})$$

(3) 周期量的有效值(effective value)

(a) 定义 周期交流电信号的有效值是根据相同平均热效应来定义的，对同一电阻分别通过交流电流$i(t)$和直流电流I，若一个周期内电阻消耗的能量相等，则把 I 称为$i(t)$的有效值

$$I = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T i^2(t)\mathrm{d}t} \qquad U \overset{\text{def}}{=} \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T u^2(t)\mathrm{d}t}$$

有效值也称**均方根值**(Root-Mean-Square，简记为RMS)

(b) 正弦电流、电压的有效值

$$i(t) = I_m\cos(\omega t + \varphi) = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \varphi) \qquad I_m = \sqrt{2}I$$

$$u(t) = U_m\cos(\omega t + \phi) = \sqrt{2}\,U\cos(\omega t + \phi) \qquad U_m = \sqrt{2}U$$

单选题 1分

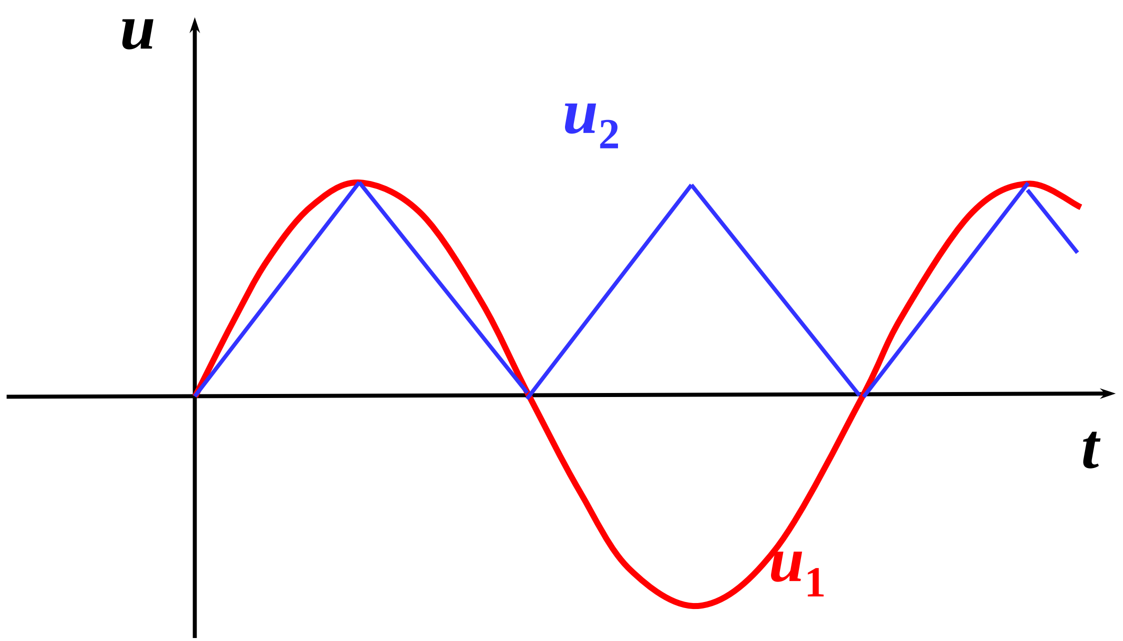
设置

标准正弦波电压信号u_1和整流三角波电压信号u_2之间的有效值大小关系是( )

A $U_1 > U_2$

B $U_1 = U_2$

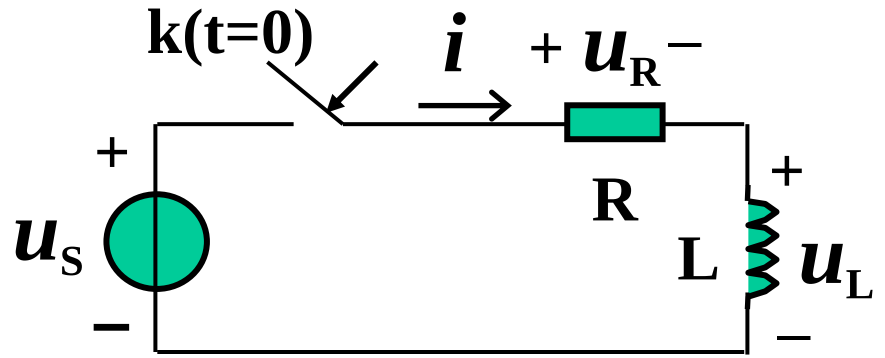
C $U_1 < U_2$



提交

2 正弦稳态分析的关键→相量(phasor)

(1) 问题



$$u_S = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$$

求：$i(t), u_L(t), u_R(t)$的稳态解。

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + Ri = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$$

一阶常系数线性微分方程

$$i = i' + i''$$

i'：强制分量（非齐次特解）；t→∞：稳态

i''：自由分量（齐次通解）

$$i'' = Ae^{-\frac{t}{\tau}}$$

t→∞：0

求特解/稳态解　　　查表寻找特解的函数类型

激励　　　　特解类型

$$\cos\omega t \xrightarrow[\text{查表}]{} C_1\sin\omega t + C_2\cos\omega t \quad \text{或} \quad A\cos(\omega t + B)$$

$$L\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t} + Ri = U_\mathrm{m}\cos(\omega t + \varphi_u) \xrightarrow{\text{设特解为}} i = A\cos(\omega t + B)$$

代入

$$-LA\omega\sin(\omega t + B) + RA\cos(\omega t + B) = U_\mathrm{m}\cos(\omega t + \varphi_u)$$

$$A\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}\left(\frac{R}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}\cos(\omega t + B) - \frac{\omega L}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}}\sin(\omega t + B)\right)$$

$$= U_m\cos(\omega t + \varphi_u)$$

$$RA\cos(\omega t+B)-LA\omega\sin(\omega t+B)=U_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\varphi_u)$$

$$A\sqrt{R^2+(\omega L)^2}\left(\frac{R}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cos(\omega t+B)-\frac{\omega L}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\sin(\omega t+B)\right)$$

$$=U_{\mathrm{m}}\cos(\omega t+\varphi_u)$$

$$\cos(\arctan\frac{\omega L}{R}) \qquad \sin(\arctan\frac{\omega L}{R}) \qquad \cos(\omega t+B+\arctan\frac{\omega L}{R})$$

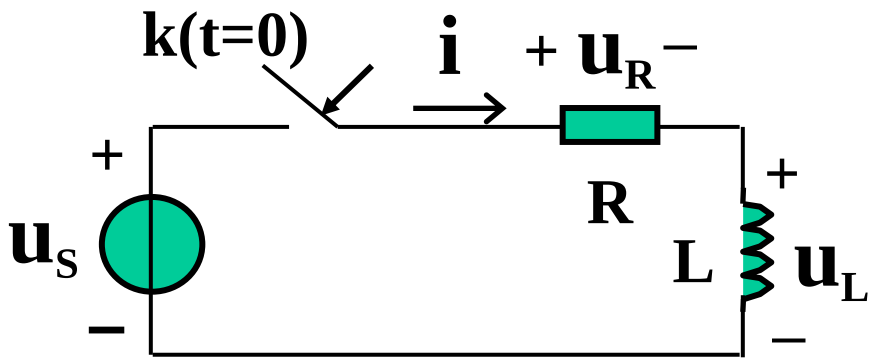
$$\begin{cases} A\sqrt{R^2+(\omega L)^2}=U_{\mathrm{m}} \\ B+\arctan(\frac{\omega L}{R})=\varphi_u \end{cases}$$

$$\Rightarrow \boxed{A=\frac{U_{\mathrm{m}}}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}=I_{\mathrm{m}}}$$

$$\Rightarrow \boxed{B=\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R}=\varphi_u-\psi}$$

$$i'(t)=\frac{U_{\mathrm{m}}}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cos(\omega t+\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

$$\cos(\alpha+\beta)=\cos\alpha\cdot\cos\beta-\sin\alpha\cdot\sin\beta$$



$$u_S = U_m \cos(\omega t + \varphi_u)$$

求：i(t), u_L(t) , u_R(t)的稳态解。

求微分方程特解

$$i'(t) = \frac{U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos(\omega t + \varphi_u - \arctan\frac{\omega L}{R})$$

麻烦1：求特解的待定系数

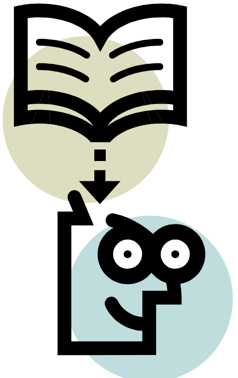
求导

$$u_L'(t) = L\frac{di'(t)}{dt} = \frac{\omega L U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos(\omega t + \varphi_u - \arctan\frac{\omega L}{R} + 90°)$$

KCL、KVL

元件约束

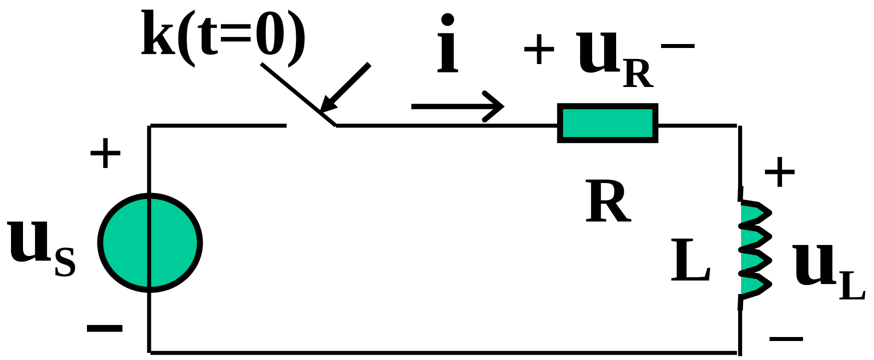
麻烦2：正弦量的微分/积分计算



$$u_R'(t) = u_S - u_L'(t) = \frac{R U_m}{\sqrt{R^2 + (\omega L)^2}} \cos(\omega t + \varphi_u - \arctan\frac{\omega L}{R})$$

搞定！！！

麻烦3：正弦量的±计算



$$i'(t)=\frac{U_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cos(\omega t+\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

$$u_L'(t)=\frac{\omega L U_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cos(\omega t+\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R}+90°)$$

$$u_R'(t)=\frac{R U_m}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}\cos(\omega t+\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

Charles Steinmetz

(1865-1923)

3个支路量有何特点?

所有支路电压电流均以相同频率变化!!

接下来……

$i(t)=I_m\cos(\omega t+\varphi)$

所有支路电压电流均以相同频率变化!!

(b) 幅值 (I_m)

(c) 初相角(φ)

用什么可以同时表示幅值和相位?

问题1：如何用它来表示正弦量?

问题2：

求微分方程特解

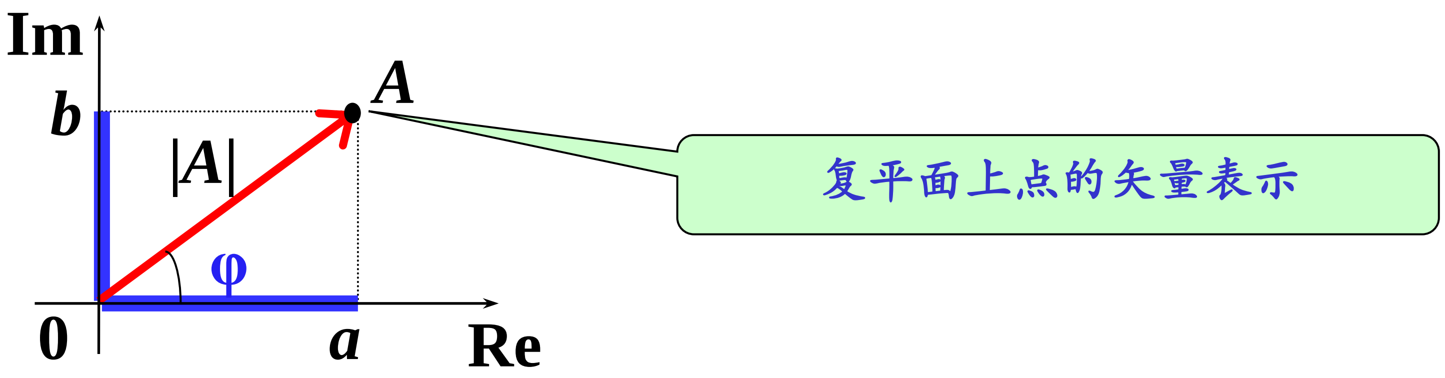
正弦量微分/积分

正弦量加减

$\longrightarrow$?

(2) 复数的复习

(a) 复数的表示形式



直角坐标 $A = a + \mathrm{j}b$

极坐标 $A = |A|\mathrm{e}^{\mathrm{j}\psi} = |A| \angle \varphi$

转换关系

$$a = |A|\cos\varphi \qquad b = |A|\sin\varphi$$

$$|A| = \sqrt{a^2 + b^2} \qquad \psi = \arctan\frac{b}{a}$$

(b) 复数的运算

加减运算——直角坐标 $A_1 \pm A_2 = (a_1 \pm a_2) + j(b_1 \pm b_2)$

乘除运算——极坐标 $A_1 \cdot A_2 = |A_1||A_2|\angle(\varphi_1 + \varphi_2)$

(c) 旋转因子

欧拉公式

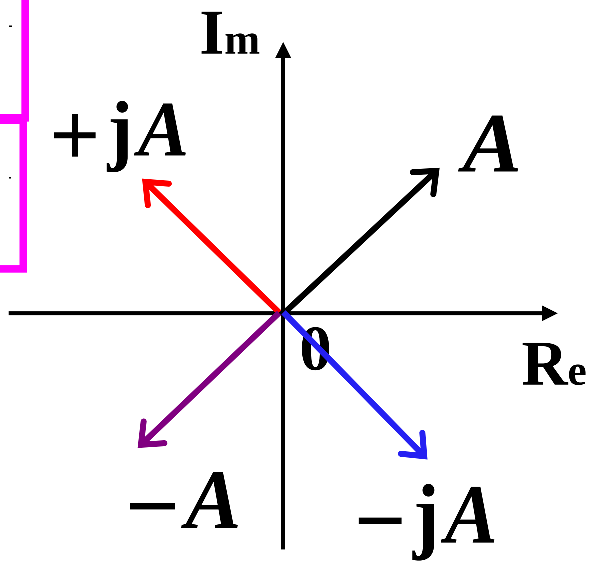
复数 $e^{j\varphi} = \cos\varphi + j\sin\varphi = 1\angle\varphi$

$$Ae^{j\psi} = |A|e^{j\theta}e^{j\varphi} = |A|e^{j(\theta+\varphi)}$$ ⟹ A逆时针旋转一个角度φ，模不变

$$e^{j\frac{\pi}{2}} = \cos\frac{\pi}{2} + j\sin\frac{\pi}{2} = +j$$ jA

$$e^{j(-\frac{\pi}{2})} = \cos(-\frac{\pi}{2}) + j\sin(-\frac{\pi}{2}) = -j$$ $-jA$

$$e^{j(\pm\pi)} = \cos(\pm\pi) + j\sin(\pm\pi) = -1$$ $-A$



+j，–j，–1 都可以看成旋转因子

“一乘(j/-j/-1)就转”

(3) 用复数来表示正弦量

复函数

$$A(t)=\sqrt{2}I\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t+\varphi)}$$

欧拉公式

$$\mathbf{e^{j\theta}=\cos\theta+j\sin\theta}$$

$$=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\varphi)+\mathrm{j}\sqrt{2}I\sin(\omega t+\varphi)$$

$$\mathrm{Re}[A(t)]=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\varphi)=i(t)$$

$$\boxed{\boldsymbol{i(t)=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\varphi)}} \Leftrightarrow A(t)=\sqrt{2}I\mathrm{e}^{\mathrm{j}(\omega t+\varphi)}$$

一一映射

一一映射

一一映射

$$\boxed{\boldsymbol{\dot{I}=I\angle\psi}}$$

$$A(t)=\sqrt{2}\,I\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}=\sqrt{2}\,\dot{I}\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}$$

相量Phasor
(phase vector)

也可以定义 $\dot{I}_{\mathrm{m}}=\sqrt{2}I\,\mathrm{e}^{\mathrm{j}\varphi}$

$$u(t)=\sqrt{2}U\cos(\omega t+\theta)\Leftrightarrow \dot{U}=U\angle\theta$$

例1 $i(t) = 141.4\cos(314t + 30^{\circ})\mathrm{A}$ 用相量表示 ***i***(t), ***u***(t)。

$u(t) = 311.1\cos(314t - 60^{\circ})\mathrm{V}$

解 $\dot{I} = 100\angle 30^{\circ}\ \mathrm{A}$ ， $\dot{U} = 220\angle -60^{\circ}\ \mathrm{V}$

例2 $\dot{I} = 50\angle 15^{\circ}\ \mathrm{A}$ ， $f = 50\mathrm{Hz}$

写出该相量对应的时间表达式。

解 $i(t) = 50\sqrt{2}\cos(314t + 15^{\circ})\ \mathrm{A}$

单选题 1分

设置

已知 $u(t)=311\cos(314t-60^{\circ})\mathrm{V}$

求电压相量 $\dot{U}$

A $\dot{U}=311\angle 60^{\circ}\ \mathrm{V}$

B $\dot{U}=311\angle -60^{\circ}\ \mathrm{V}$

C $\dot{U}=220\angle -60^{\circ}\ \mathrm{V}$

D $\dot{U}=220\angle 30^{\circ}\ \mathrm{V}$

提交

(4) 相量的计算

正弦量+、－ $\Longrightarrow$ 复数+、－

(a) 同频正弦量的“＋”和 “－”

$$u_1(t)=\sqrt{2}\,U_1\cos(\omega t+\varphi_1)=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{U}_1\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})$$

$$u_2(t)=\sqrt{2}\,U_2\cos(\omega t+\varphi_2)=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{U}_2\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})$$

$$u(t)=u_1(t)+u_2(t)=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{U}_1\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})+\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{U}_2\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})$$

$$=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{U}_1\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}+\sqrt{2}\dot{U}_2\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})=\mathrm{Re}[\sqrt{2}\underbrace{(\dot{U}_1+\dot{U}_2)}_{\dot{U}}\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t}]$$

$$\dot{U}=\dot{U}_1+\dot{U}_2$$

时间域	$u_1(t)\pm u_2(t)=u_3(t)$	$x^{1.5}=4$ $\qquad$ $x=2.52$
变换域	$\downarrow$ 映射 $\downarrow$ $\quad\uparrow$	类比 $\quad\Downarrow \qquad \Uparrow$
相量域	$\dot{U}_1\pm\dot{U}_2=\dot{U}_3$	$1.5*\lg x=\lg 4 \Longrightarrow \lg x=0.40$

(2) 正弦量的微分和积分

时间域 微分/积分 关系 $\Rightarrow$ 相量域 代数关系

$$i(t)=\sqrt{2}I\cos(\omega t+\psi_i)=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{I}\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})$$

微分

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}=\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}\left(\mathrm{Re}(\sqrt{2}\dot{I}\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})\right)$$

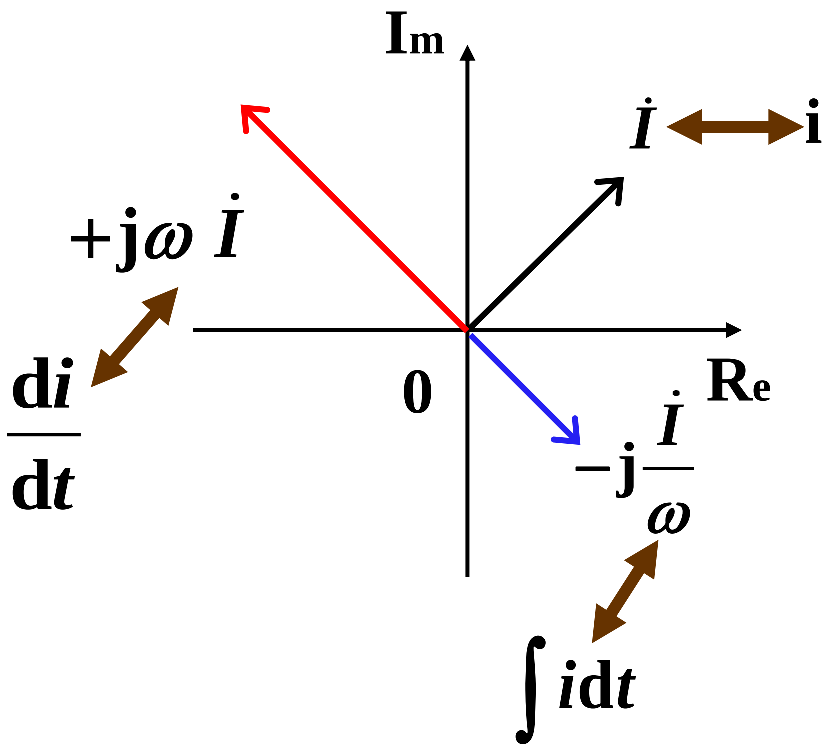
$$=\mathrm{Re}\left(\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}(\sqrt{2}\dot{I}\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})\right)$$

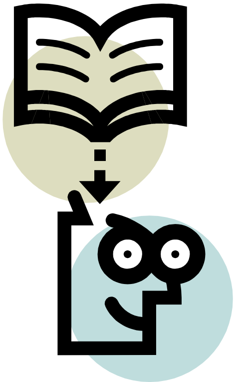
$$=\mathrm{Re}(\sqrt{2}\,\mathrm{j}\omega\dot{I}\mathrm{e}^{\mathrm{j}\omega t})$$

$$\frac{\mathrm{d}i}{\mathrm{d}t}\rightarrow \mathrm{j}\omega\dot{I}$$

积分

$$\int i\mathrm{d}t\rightarrow\frac{\dot{I}}{\mathrm{j}\omega}$$





“一乘就转”

例4. 2-1 已知 $u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)\mathrm{V}$ $u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\mathrm{V}$

求 $2u_1(t)+u_2(t)$，$u_1(t)-u_2(t)$，$\dfrac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_1(t)+u_2(t)$，并画出各相量图

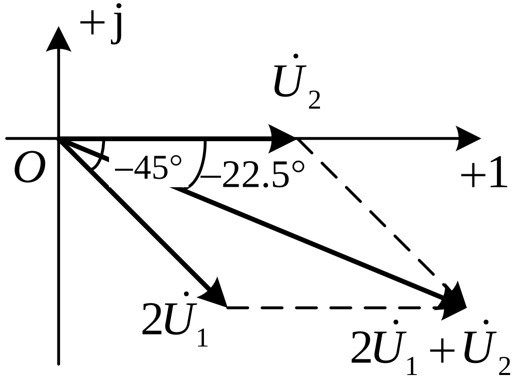
解 u_1 和 u_2 为同频率正弦量，因此可以采用相量法进行分析

$$u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)=\sqrt{2}\cos(2t-45°)\mathrm{V}\leftrightarrow\dot{U}_1=1\angle-45°\mathrm{V}$$

$$u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\mathrm{V}\leftrightarrow\dot{U}_2=2\angle 0°\mathrm{V}$$

(1) $$2u_1+u_2\leftrightarrow 2\dot{U}_1+\dot{U}_2=2\angle-45°\mathrm{V}+2\angle 0°$$
$$=3.414-\mathrm{j}1.414=3.695\angle-22.5°\mathrm{V}$$

$$2u_1+u_2=3.695\sqrt{2}\cos(2t-22.5°)\mathrm{V}$$



例4. 2−1 已知 $u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)\text{V}$　$u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\text{V}$

求 $2u_1(t)+u_2(t)$，$u_1(t)-u_2(t)$，$\frac{\text{d}}{\text{d}t}u_1(t)+u_2(t)$，并画出各相量图

解　u_1 和 u_2 为同频率正弦量，因此可以采用相量法进行分析

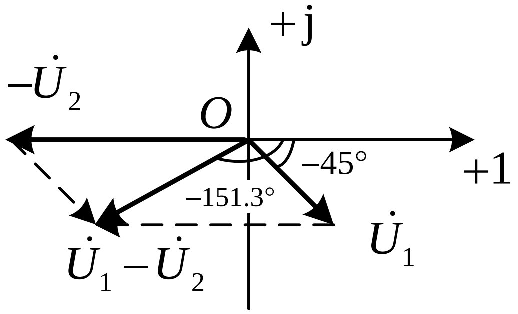
$$u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)=\sqrt{2}\cos(2t-45°)\text{V}\leftrightarrow\dot{U}_1=1\angle-45°\text{V}$$

$$u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\text{V}\leftrightarrow\dot{U}_2=2\angle0°\text{V}$$

(2)

$$u_1-u_2\leftrightarrow\dot{U}_1-\dot{U}_2=1\angle-45°-2\angle0°=-1.293-\text{j}0.707=1.474\angle\text{-}151.3°\text{V}$$

$$u_1-u_2=1.474\sqrt{2}\cos(2t-151.325°)\text{V}$$



例4. 2-1 已知 $u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)\mathrm{V}$ $u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\mathrm{V}$

求 $2u_1(t)+u_2(t)$，$u_1(t)-u_2(t)$，$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_1(t)+u_2(t)$，并画出各相量图

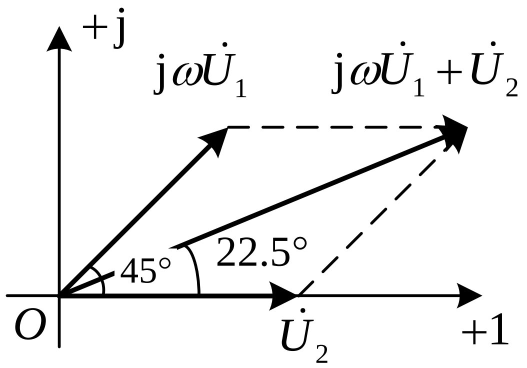
解 u_1 和 u_2 为同频率正弦量，因此可以采用相量法进行分析

$$u_1(t)=\sqrt{2}\sin(2t+45°)=\sqrt{2}\cos(2t-45°)\mathrm{V}\leftrightarrow\dot{U}_1=1\angle-45°\mathrm{V}$$

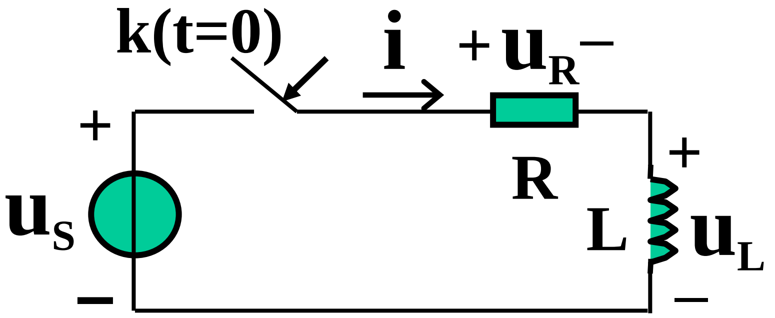
$$u_2(t)=2\sqrt{2}\cos(2t)\mathrm{V}\leftrightarrow\dot{U}_2=2\angle0°\mathrm{V}$$

(3) $$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_1+u_2\leftrightarrow \mathrm{j}\omega\dot{U}_1+\dot{U}_2=\mathrm{j}2\times1\angle-45°+2\angle0°=3.695\angle22.5°\mathrm{V}$$

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}t}u_1+u_2=3.695\sqrt{2}\cos(2t+22.5°)\mathrm{V}$$



(5) 相量的应用



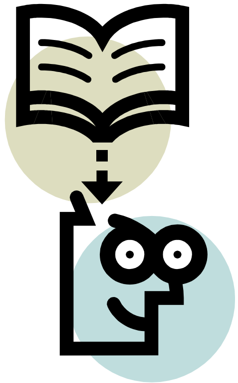
$$u_S=\sqrt{2}U\cos(\omega t+\varphi_u)$$

求：$i(t)$, $u_L(t)$, $u_R(t)$的稳态解。

$$u_S(t)=Ri(t)+L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t} \Rightarrow \dot{U}=R\dot{I}+\mathrm{j}\omega L\dot{I}$$

$$\dot{I}=\frac{\dot{U}}{R+\mathrm{j}\omega L}=\frac{U\angle\varphi_u}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}\angle\arctan\frac{\omega L}{R}}=\frac{U}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\angle(\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

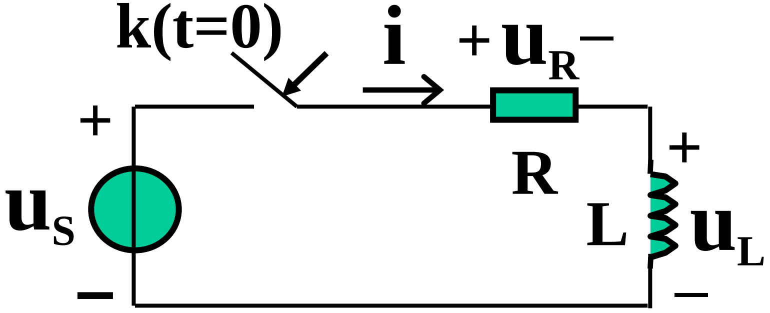
$$u_L=L\frac{\mathrm{d}i_L}{\mathrm{d}t} \Rightarrow \dot{U}_L=\mathrm{j}\omega L\dot{I}=\frac{\omega LU}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\angle(\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R}+90^\circ)$$



$$u_R=Ri_L \Rightarrow \dot{U}_R=R\dot{I}=\frac{RU}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\angle(\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

搞定！！！

单选题 1分



已知$u_S(t) = \cos 2t$ V

L=0.5H, R=1Ω

求$i(t)$ 的稳态解。

A $i(t) = \cos 2t$ A

B $i(t) = \cos(2t - 45°)$ A

C $i(t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t - 45°)$ A

D $i(t) = \frac{1}{\sqrt{2}}\cos(2t + 45°)$ A

设置

提交

求解顺序

- 列写 ODE
- 将ODE变换为复系数代数方程
- 求解复系数代数方程
- 反变换得到时间表达式

$$u(t)=Ri(t)+L\frac{\mathrm{d}i(t)}{\mathrm{d}t}$$

$$i(t)=\frac{\sqrt{2}U}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\cos(\omega t+\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

$$\dot{U}=R\dot{I}+\mathrm{j}\omega L\dot{I}$$

$$\dot{I}=\frac{\dot{U}}{R+\mathrm{j}\omega L}=\frac{U}{\sqrt{R^2+\omega^2L^2}}\angle(\varphi_u-\arctan\frac{\omega L}{R})$$

• 下节课讨论如何直接列写复系数代数方程！！

习题：4-1，4-2，4-3；提交截止时间：周五（4月30日）早8点