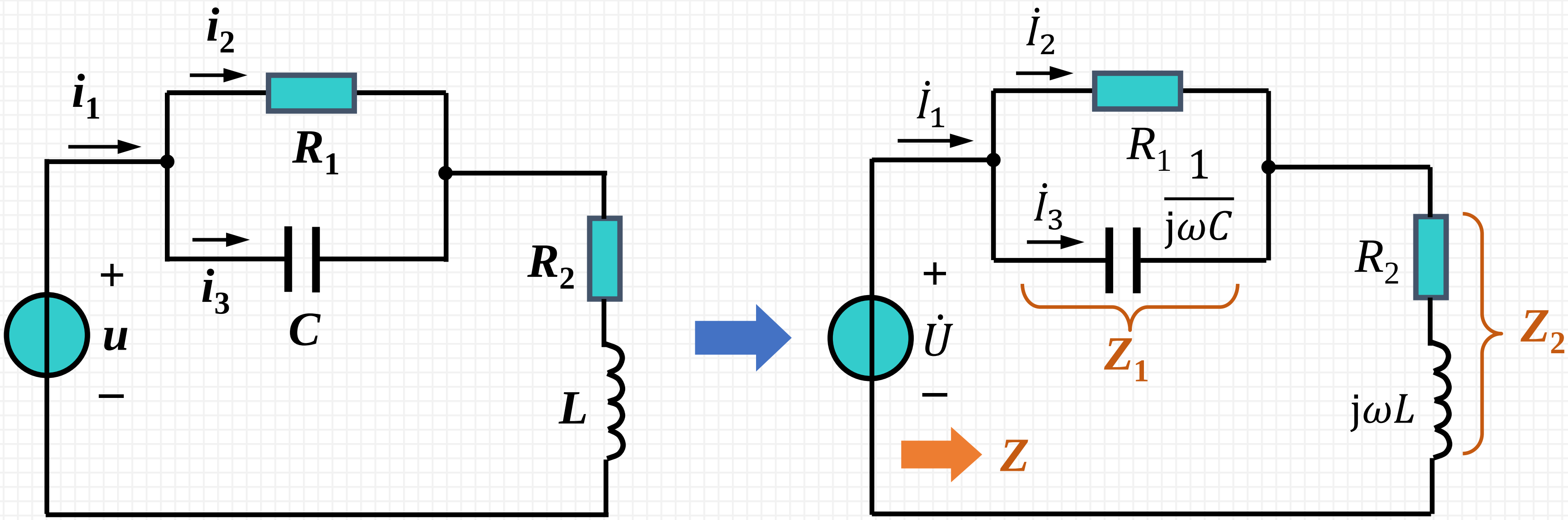
例2 **已知:** $R_1 = 1000\Omega$，$R_2 = 10\Omega$，$L = 500\text{mH}$，$C = 10\mu\text{F}$，

$U = 100\text{V}$，$\omega = 314\text{rad/s}$，**求各支路电流。**

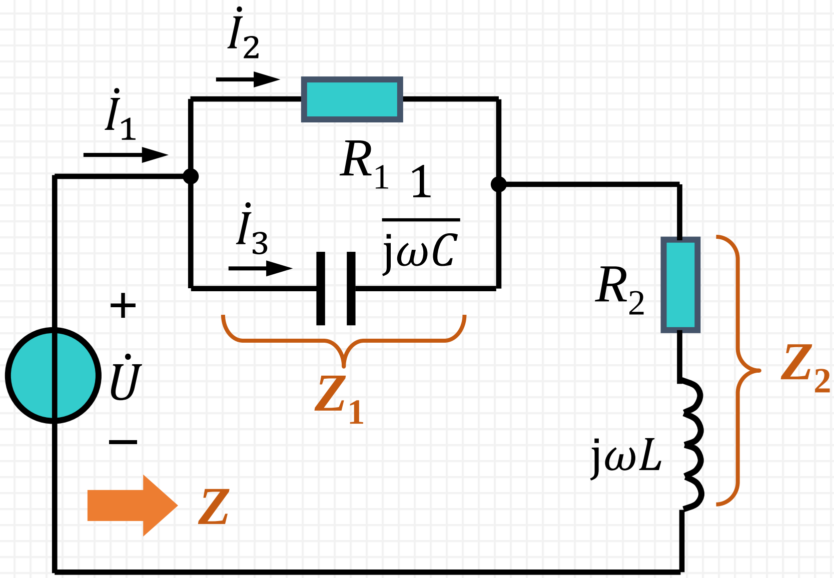


解：先画出电路的相量模型，再列写方程求解

$$Z_1 = \frac{R_1(-\mathrm{j}\frac{1}{\omega C})}{R_1 - \mathrm{j}\frac{1}{\omega C}} = (92.20 - \mathrm{j}289.3)\ \Omega$$

$$Z_2 = R_2 + \mathrm{j}\omega L = (10 + \mathrm{j}157)\ \Omega;$$

$$Z = Z_1 + Z_2 = (102.2 - \mathrm{j}132.3)\ \Omega$$



$Z =$ （102.2 − j132.3）Ω

设 $\dot{U} = 100\angle 0^{\circ}\text{V}$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{U}}{Z} = 0.598\angle 52.3^{\circ}\ \text{A}$$

$$\dot{I}_2 = \frac{-\mathrm{j}\dfrac{1}{\omega C}}{R_1 - \mathrm{j}\dfrac{1}{\omega C}}\dot{I}_1 = 0.182\angle -20.0^{\circ}\text{A}$$

$$\dot{I}_3 = \frac{R_1}{R_1 - \mathrm{j}\dfrac{1}{\omega C}}\dot{I}_1 = 0.570\angle 70.0^{\circ}\text{A}$$

各支路电流的时域表达式为：

$$i_1 = 0.598\sqrt{2}\sin(314t + 52.3^{\circ})\text{A}$$

$$i_2 = 0.182\sqrt{2}\sin(314t - 20^{\circ})\text{A}$$

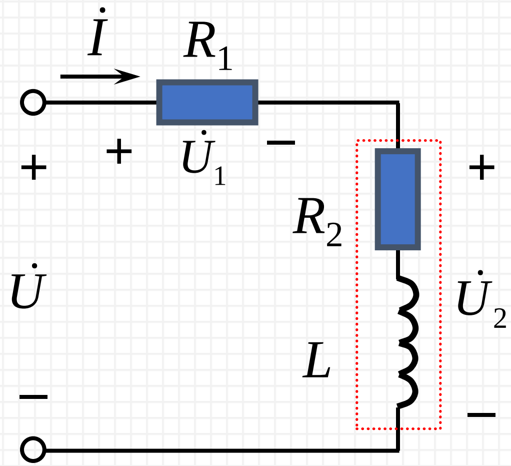
$$i_3 = 0.57\sqrt{2}\sin(314\ t + 70^{\circ})\text{A}$$

(2) 相量图的应用

例3 已知：U=115V， U_1=55.4V， U_2=80V，

R_1=32 Ω， f=50Hz。

求： 电感线圈的电阻R_2和电感L。



解法一： **列有效值方程求解**

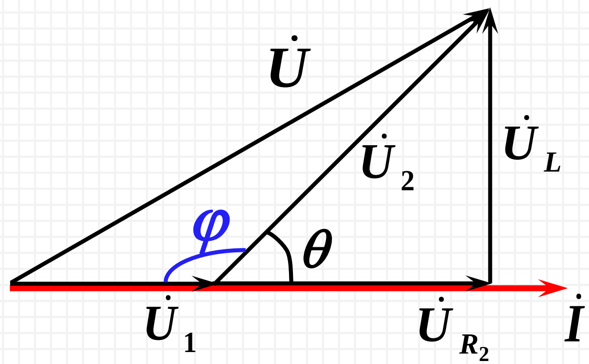
$$I = U_1/R_1 = 55.4/32$$

$$\begin{cases} \dfrac{U}{\sqrt{(R_1+R_2)^2+(\omega L)^2}} = I \\ \dfrac{U_2}{\sqrt{{R_2}^2+(\omega L)^2}} = I \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \dfrac{115}{\sqrt{(32+R_2)^2+(314L)^2}} = \dfrac{55.4}{32} \\ \dfrac{80}{\sqrt{{R_2}^2+(314L)^2}} = \dfrac{55.4}{32} \end{cases}$$

$$R_2 = 19.6\Omega \qquad L = 0.133\text{H}$$

已知U=115V，U_1=55.4V，U_2=80V

解法二： **画相量图求解**



$$\dot{U} = \dot{U}_1 + \dot{U}_2 = \dot{U}_1 + \dot{U}_{R2} + \dot{U}_L$$

$$U^2 = U_1^2 + U_2^2 - 2U_1U_2\cos\phi$$

代入 3 个已知的电压有效值：

$$\cos\phi = -0.4237 \quad \therefore \phi = 115.1°$$

$$\theta = 180° - \varphi = 64.9°$$

电压三角形

$$U_L = U_2\,sin\theta = 80 \times \sin 64.9° = 72.45\text{V}$$

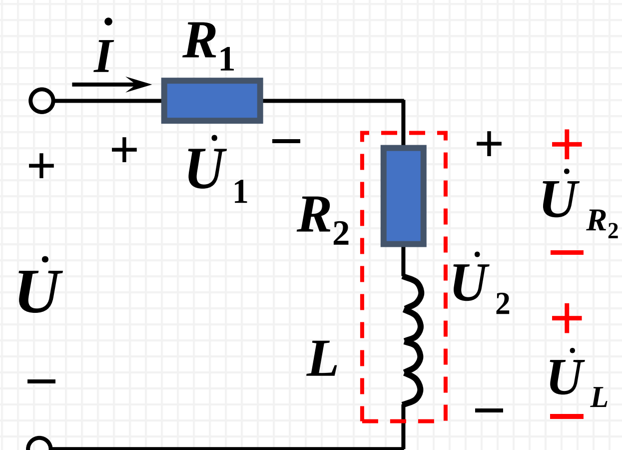
$$U_{R2} = U_2\,cos\theta = 80 \times \cos 64.9° = 33.94\text{V}$$

$$I = U_1/R_1 = 55.4/32 = 1.731\text{A}$$

$$R_2 = U_{R2}/I = 33.94/1.731 = 19.6\Omega$$

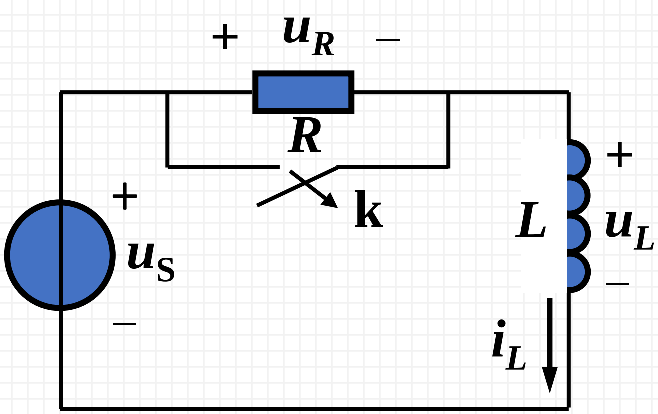
$$\omega L_2 = U_L/I = 72.45/1.731 = 41.85\Omega$$

$$L = 41.85/314 = 0.133\text{H}$$



(3) 求解正弦激励下动态电路的初值和过渡过程

例4： 试求图示电路的初值。



已知： $t=0$时刻开关k打开，

$$u_S(t) = U_m \sin(\omega t + 60°)\text{V}$$

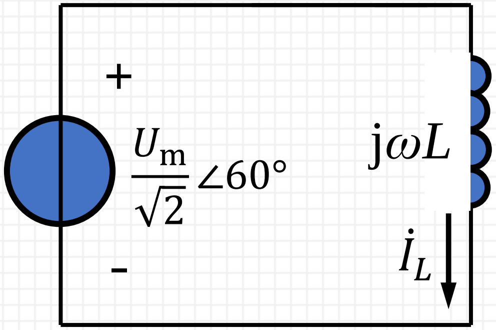
求 $i_L(0^+)$，$u_L(0^+)$，$u_R(0^+)$ 。

解：换路前，正弦激励作用，并处于稳态，故有：

$$\dot{I}_L = \frac{\dot{U}_S}{j\omega L} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}\angle 60°}{\omega\ L\angle 90°} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}}{\omega\ L}\angle -30°$$

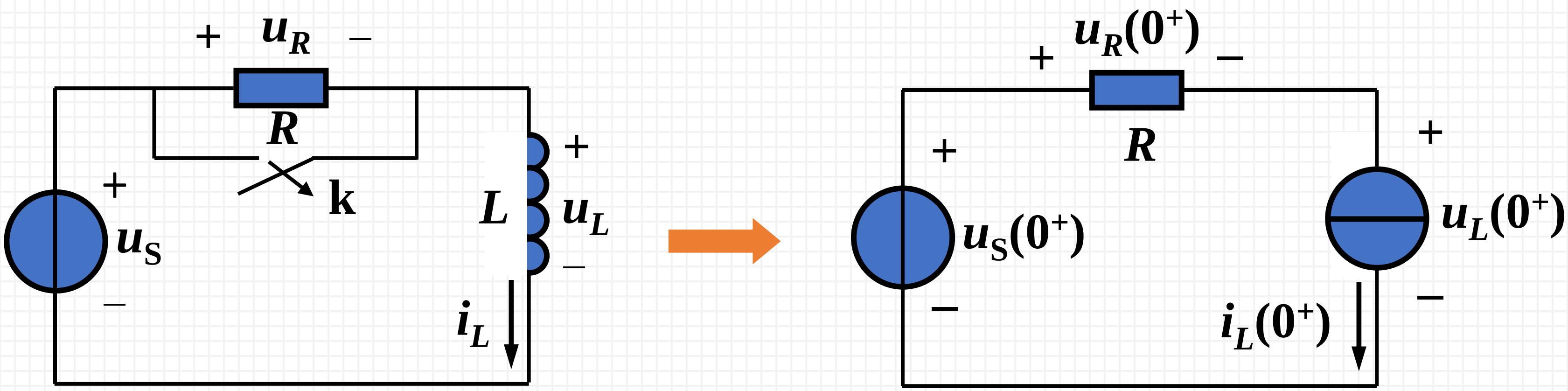
$$i_L(t) = \frac{U_m}{\omega L}\sin(\omega\ t - 30°)$$

$$i_L(0^-) = -\frac{U_m}{2\omega L}$$



$$u_S(t) = U_m \sin(\omega t + 60°)\mathrm{V}$$

$$i_L(0^-) = -\frac{U_m}{2\omega L}$$



0⁺时刻等效电路

根据换路定理，有：

$$i_L(0^+) = i_L(0^-) = -\frac{U_m}{2\omega L}$$

$$u_S(0^+) = U_m \sin(60°) = \frac{\sqrt{3}U_m}{2}$$

$$u_R(0^+) = Ri_L(0^+) = -\frac{RU_m}{2\omega L}$$

$$u_L(0^+) = u_S(0^+) - u_R(0^+)$$

$$= (\frac{\sqrt{3}}{2} + \frac{R}{2\omega L})U_m$$

再论一阶三要素法

一阶常系数线性常微分方程

任意支路量 *f* 的方程

$$\begin{cases} a>0 \\ \dfrac{\mathrm{d}f}{\mathrm{d}t}+af(t)=u(t) \\ f(t)|_{t=0^+}=f(0^+) \end{cases}$$

特征根(-*a*) < 0

时间常数(1/*a*) > 0

$$f(t)=\text{特解}+Ae^{-\frac{t}{\tau}}$$

待定系数 (用时间边界条件求出来)

$t\to\infty$

恒定激励

$$\text{特解}=f(\infty)$$

$$f(0^+)=f(\infty)+A$$

$$A=f(0^+)-f(\infty)$$

$$f(t)=f(\infty)+[f(0^+)-f(\infty)]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

正弦激励

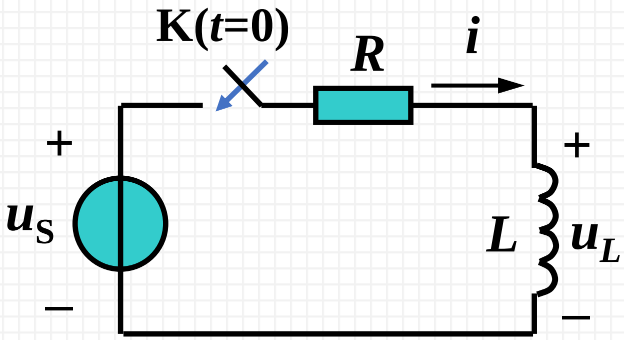
$$\text{特解}=f_t(\infty)$$

$$f(0^+)=f_t(\infty)|_{t=0}+A$$

$$A=f(0^+)-f_t(\infty)|_{t=0}$$

$$f(t)=f_t(\infty)+[f(0^+)-f_t(\infty)|_{0^+}]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

例5 试求正弦激励下所示电路中发生的过渡过程。



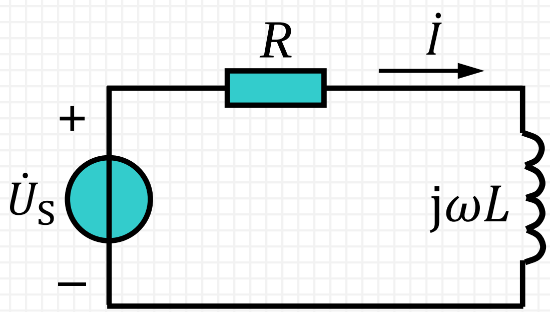
已知：$u_S(t) = U_m \sin(\omega t + \psi_u)$

$i(0^-)=0$

求：换路后的电流$i(t)$ 。

$$f(t) = f_t(\infty) + [f(0^+) - f_t(\infty)|_{0^+}]e^{-\frac{t}{\tau}}$$

解：用相量法求$i_t(\infty)$



$$\dot{I} = \frac{\dot{U}_S}{R+j\omega L} = \frac{\frac{U_m}{\sqrt{2}}\angle\psi_u}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}\angle\arctan\frac{\omega L}{R}}$$

令 $I = \frac{U_m/\sqrt{2}}{\sqrt{R^2+(\omega L)^2}}$ $\quad \phi = \arctan\frac{\omega L}{R}$

$i_t(\infty) = \sqrt{2}I\sin(\omega t + \psi_u - \varphi)$； $\quad i_t(\infty)|_{0^+} = \sqrt{2}I\sin(\psi_u - \varphi)$

$$i(t) = \sqrt{2}I\sin(\omega t + \psi_u - \varphi) - \sqrt{2}I\sin(\psi_u - \varphi)e^{-\frac{t}{L/R}} \quad t \geq 0$$

清华大学2022春季学期

电路原理C

第14讲

正弦稳态电路的功率

内容

本讲重难点

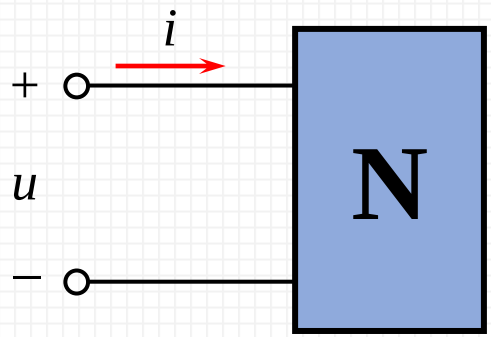
- 有功功率/无功功率/复数功率/视在功率的定义式
- 功率因数补偿
- 有功表的接法和读数计算

1、瞬时功率 (instantaneous power)

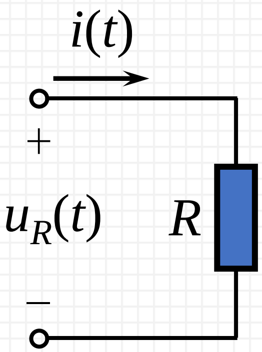
定义

$$p_{吸} \overset{\text{def}}{=} ui$$

单位：W （瓦）

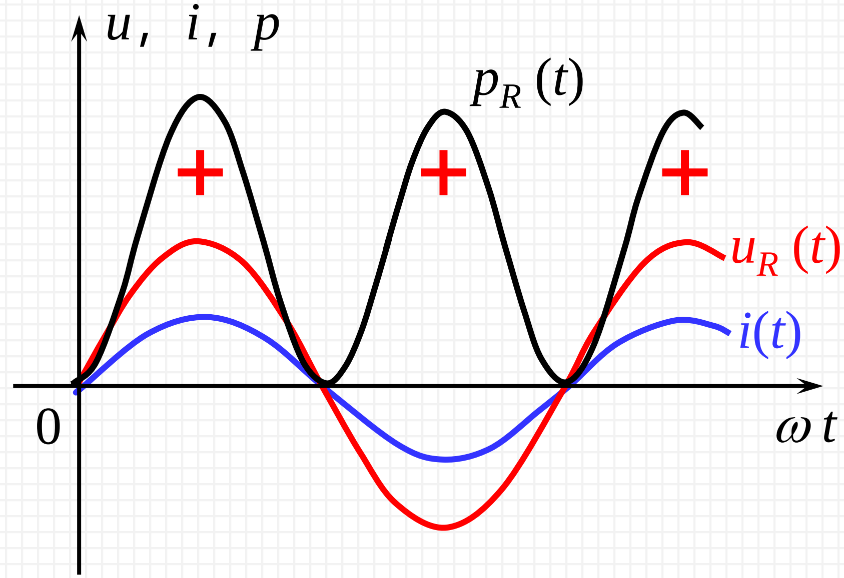


(1) 电阻元件的瞬时功率



$$u_R(t)=\sqrt{2}U_R\sin\omega t$$

$$i(t)=\sqrt{2}I\sin\omega t$$



吸收的瞬时功率

$$2\sin^2\alpha=1-\cos 2\alpha$$

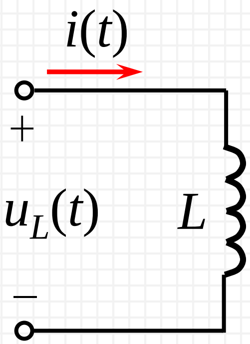
$$p_R(t)=u_R(t)i(t)\ =\sqrt{2}U_R\sin\omega t\sqrt{2}I\sin\omega t\ =U_RI(1-\cos 2\omega t)$$

- 瞬时功率的角频率为2ω
- $p_R\geq 0$

→ 电阻总是**吸收功率**的

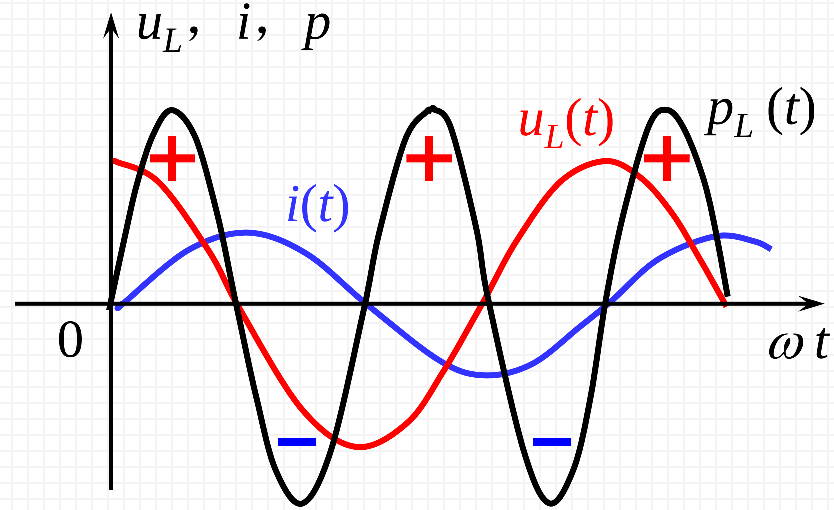
(2) 电感元件的瞬时功率

交替吸收和发出等量的功率



$$i(t)=\sqrt{2}I\sin\omega t$$

$$u_L(t)=\sqrt{2}U_L\sin\left(\omega t+90°\right)$$



瞬时功率

$$\sin\alpha\sin\beta=\frac{1}{2}\left[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)\right]$$

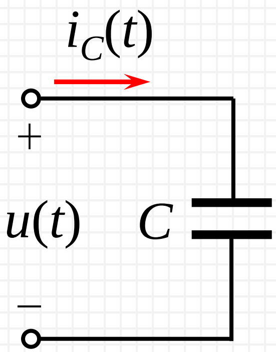
$$p_L(t)=u_L(t)i(t)=\sqrt{2}U_L\sin(\omega t+90°)\sqrt{2}I\sin\omega t$$

$$=-U_L I\cos(2\omega t+90°)=U_L I\sin(2\omega t)$$

◆ 瞬时功率的角频率为2ω。

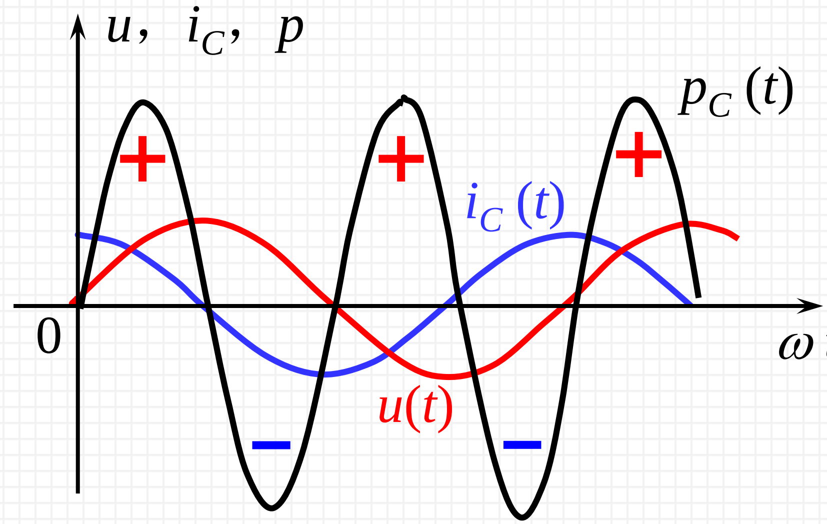
(3) 电容元件的瞬时功率

交替吸收和发出等量的功率



$$u(t)=\sqrt{2}U\sin(\omega t)$$

$$i_C(t)=\sqrt{2}I_C\sin(\omega t+90°)$$



瞬时功率

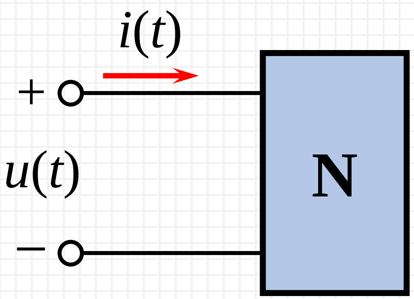
$$\sin\alpha\sin\beta=\frac{1}{2}[\cos(\alpha-\beta)-\cos(\alpha+\beta)]$$

$$p_C(t)=u(t)i_C(t)=\sqrt{2}U\sin(\omega t)\sqrt{2}I_C\sin(\omega t+90°)$$

$$=-UI_C\cos(2\omega t+90°)=UI_C\sin(2\omega t)$$

◆ 瞬时功率的角频率为2ω。

(4) 任意一端口网络吸收的瞬时功率



$$u(t) = \sqrt{2}U\sin\omega t$$

$$i(t) = \sqrt{2}I\sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = u(t)i(t) = \sqrt{2}U\sin\omega t \cdot \sqrt{2}I\sin(\omega t - \varphi)$$

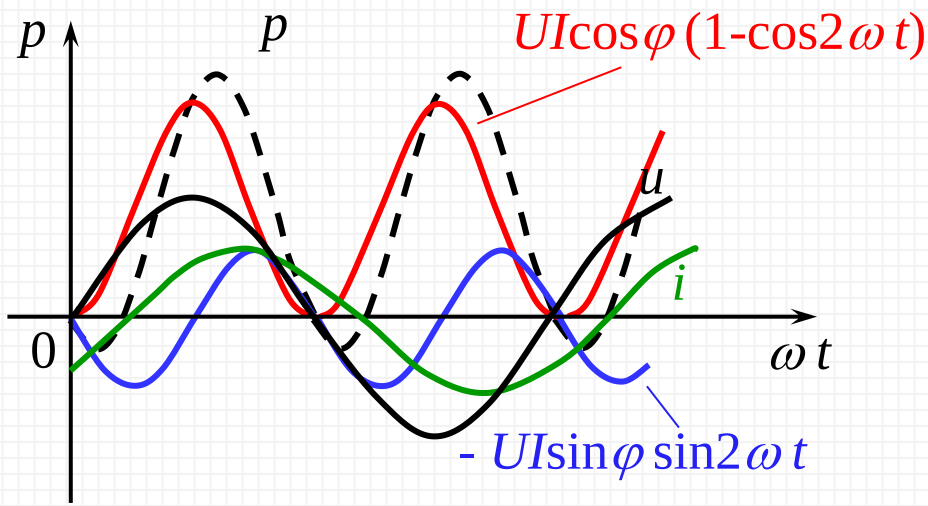
$$= \sqrt{2}U\sin\omega t \cdot \sqrt{2}I\left(\sin\omega t\cos\varphi - \cos\omega t\sin\varphi\right)$$

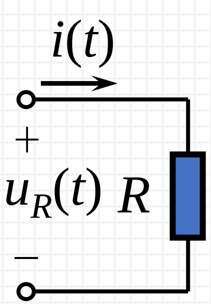
$$= 2UI\sin^2\omega t\cos\varphi - 2UI\sin\omega t\cos\omega t\sin\varphi$$

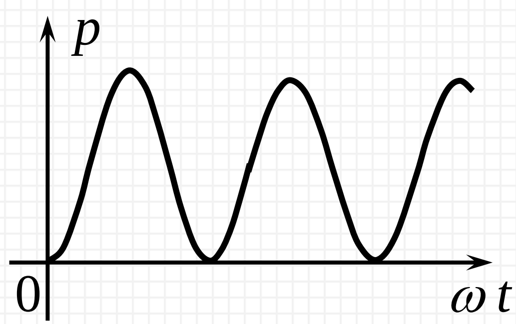
$$= UI\cos\varphi\,(1 - \cos 2\omega t) - UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

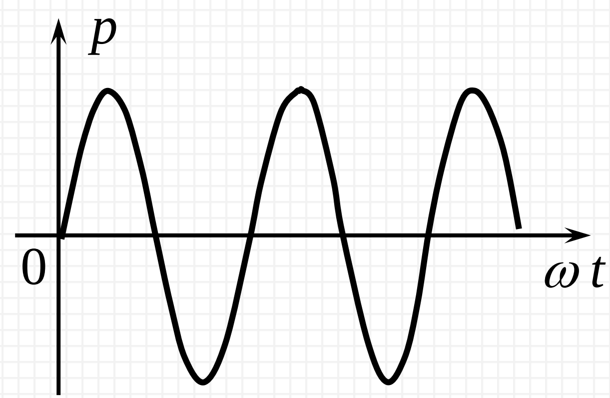
$$p(t)=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

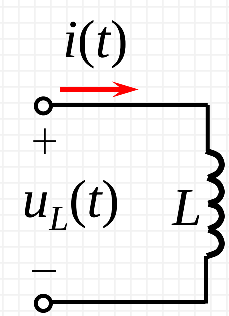
不可逆部分 (类似 R 的瞬时功率)	**可逆部分** (类似L/C的瞬时功率)











2、平均功率

(1) 平均功率 (average power)

$$u(t)=\sqrt{2}U\sin\omega t$$

$$i(t)=\sqrt{2}I\sin(\omega t-\varphi)$$

定义： 瞬时功率的平均值。

常以符号 ***P*** 来表示。

$$p(t)=u(t)i(t)=\sqrt{2}U\sin\omega t\cdot\sqrt{2}I\sin(\omega t-\varphi)$$

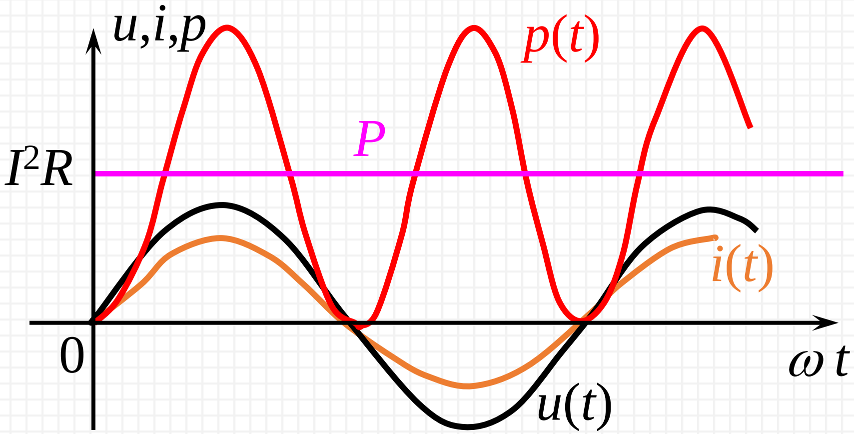
$$=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

$$P=\frac{1}{T}\int_0^T p\mathrm{d}t\ =UI\cos\phi$$

平均功率 ***P*** 的单位也是 **W**（**瓦**）

平均功率守恒：电路中所有元件吸收的平均功率的代数和为零。

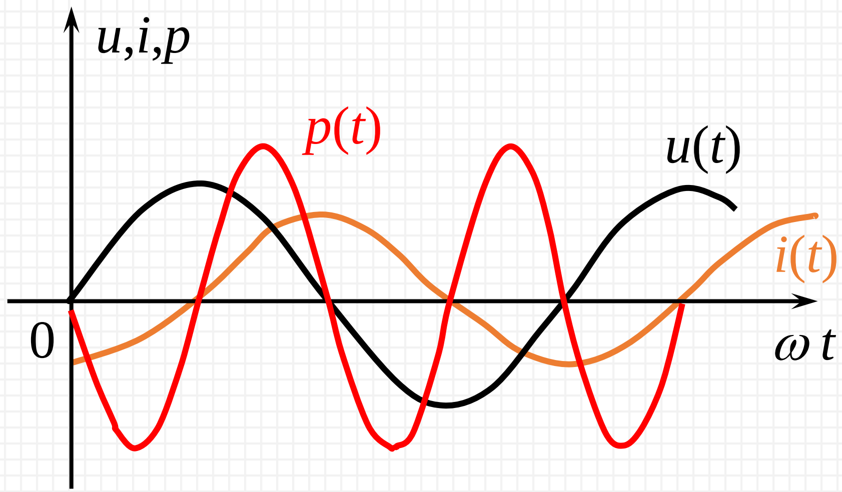
纯电阻(电阻元件或等效**纯阻性**网络) 条件下， $\varphi = 0°$



$$P = UI\cos\phi = UI = I^2R = U^2/R$$

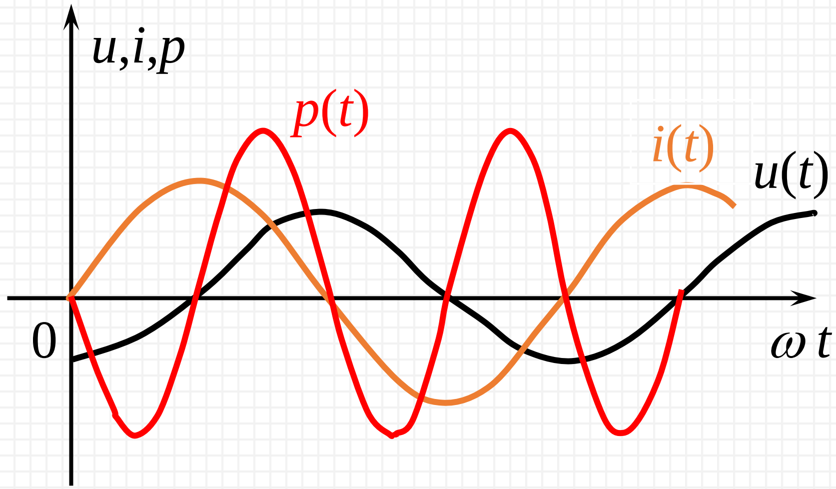
纯电感 (电感元件或等效**纯感性**网络) 条件下， $\varphi = 90°$

$P = UI\cos 90^o = 0$



纯电容(电容元件或等效**纯容性**网络) 条件下， $\varphi = -90°$

$P = UI\cos(-90^o) = 0$



$$P=\frac{1}{T}\int_0^T p\mathrm{d}t \quad = UI\cos\phi$$

$\cos\varphi$ 称为**功率因数**； $\varphi=\psi_u-\psi_i$，称作**功率因数角**。

对于无独立源网络， φ 即为其等效阻抗的**阻抗角**。

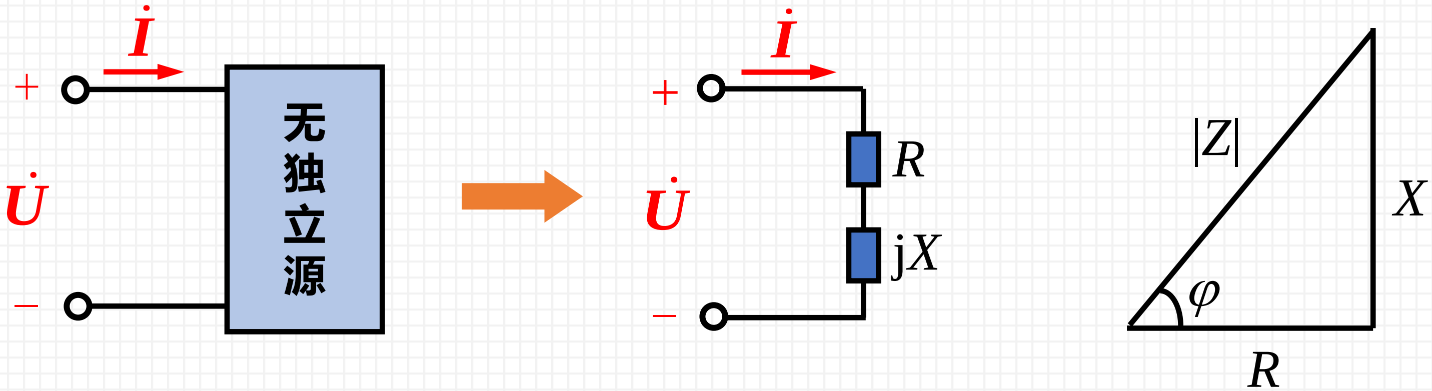
功率因数 $\cos\varphi \begin{cases} 1, & \textbf{纯电阻} \\ 0, & \textbf{纯电抗} \end{cases}$

一般地， $0\le\cos\varphi\le 1$

$X>0$， $\varphi>0$ **感性**， (电流)**滞后**(电压)的功率因数

$X<0$， $\varphi<0$ **容性**， (电流)**超前**(电压)的功率因数

例 $\cos\varphi=0.5$ (滞后)， 则 $\varphi=60^{\mathrm{o}}$



$$P = UI\cos\varphi = |Z| \times I \times I\cos\varphi = I^2|Z|\cos\varphi = I^2R$$

平均功率就是

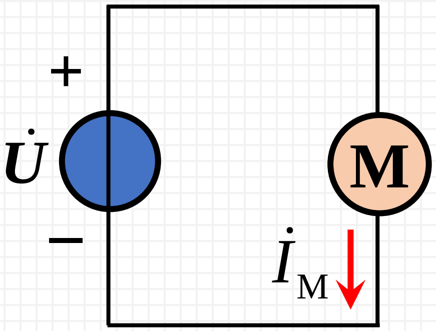
消耗在**电阻**上的功率。

有功功率(active power)

有功功率反映了阻抗中**实部**消耗的功率

电动机如图，求其电流 $\dot{I}_M$

U=220V，电动机 P_M=1000W，$\cos\varphi_M$=0.8（滞后）



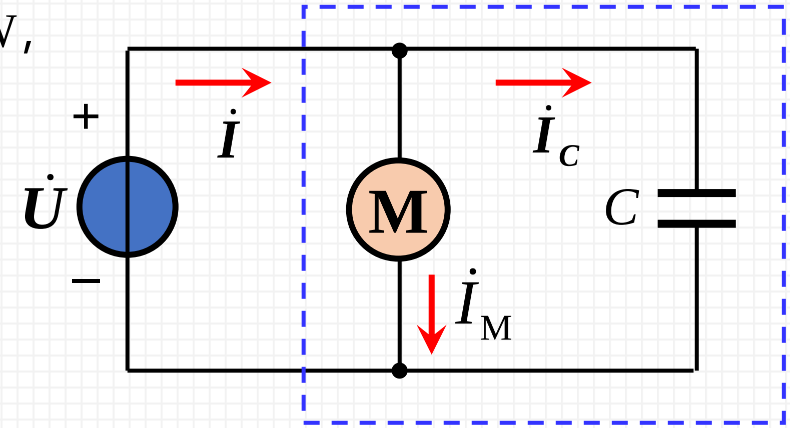
设 $\dot{U} = 220\angle 0^\circ$ V

$$I_M = \frac{P}{U\cos\varphi_M} = \frac{1000}{220\times 0.8} = 5.68\text{A}$$

$\cos\varphi_M = 0.8$ （滞后） 即：电动机的电流滞后电机电压

$\varphi_M = 36.9^\circ$ → $\dot{I}_M = 5.68\angle -36.9^\circ$ A

例： 已知： U=220V，f =50Hz，电动机 P_M=1000W，$\cos\varphi_M$=0.8（滞后），C =30μF。求虚线框中负载电路的功率因数



解 设 $\dot{U}=220\angle 0^{\circ}\,\mathrm{V}$

$$I_M=\frac{P}{U\cos\varphi_M}=\frac{1000}{220\times 0.8}=5.68\mathrm{A}$$

$\cos\varphi_M=0.8$ （滞后） 即：电动机的电流滞后电机电压

$\varphi_M=36.9^{\circ}$ → $\dot{I}_M=5.68\angle -36.9^{\circ}\ \mathrm{A}$

$$\dot{I}_C=\mathrm{j}\omega C 220\angle 0^{\circ}=\mathrm{j}2.08\mathrm{A}$$

$$\dot{I}=\dot{I}_M+\dot{I}_C=4.54-\mathrm{j}1.33=4.73\angle -16.3^{\circ}\,\mathrm{A}$$

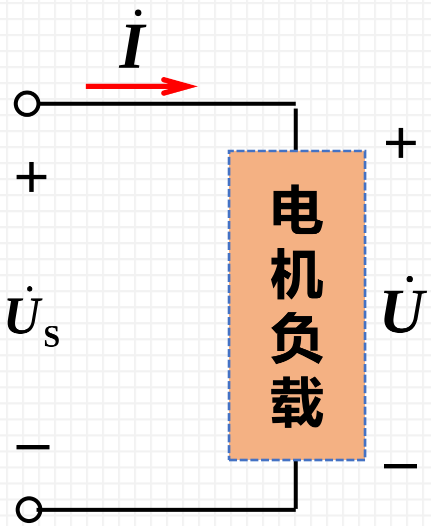
$\cos\varphi=\cos[0^{\circ}-(-16.3^{\circ})]=0.96$ **（滞后）**

在并入电容前后，从电源看入，虚线框所示负载的功率因数有什么变化?

(2) 功率因数的提高

以异步电机为例：空载 $\cos\varphi = 0.2 \sim 0.3$

满载 $\cos\varphi = 0.7 \sim 0.85$



需要提高功率因数！

设：电源电压有效值 $U_S = 10\text{V}$，

负荷吸收的有功功率 $P = 10\text{W}$（恒定）。

- $\cos\varphi=1$ $\qquad$ $I=1\text{A}$
- $\cos\varphi=0.5$ $\qquad$ $I=2\text{A}$
- $\cos\varphi=0.1$ $\qquad$ $I=10\text{A}$

$$P = UI\cos\phi$$

功率因数低带来的问题：

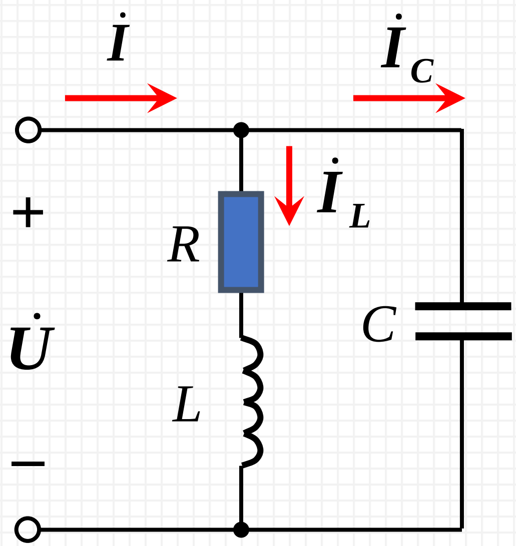
负载吸收相同有功功率时，(1)对电源有更高的要求(输出电流更大)；

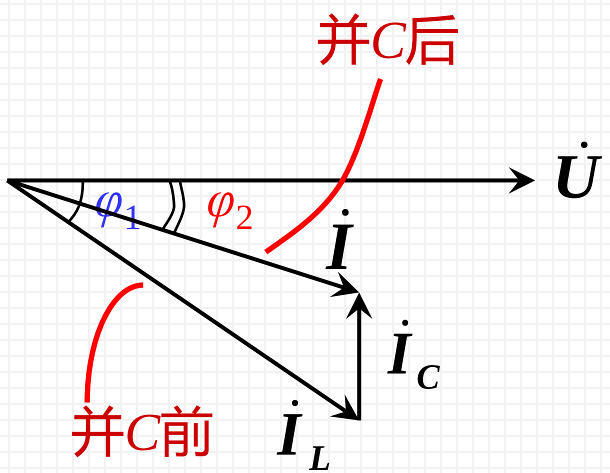
(2) 线路上的损耗随之增大。

功率因数低的用电户尤其是用电大户，必须**提高功率因数。**

解决办法：在用户端**并联电容器**；改造用电设备。

原理分析
(并电容)



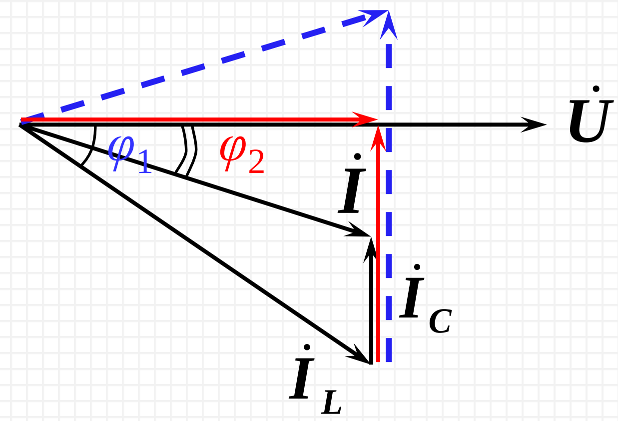


提高了功率因数

一端口吸收的有功功率变了吗？

补偿容量的确定

$$I_C = I_L \sin\phi_1 - I\sin\phi_2$$



$$\left.\begin{aligned} I &= \frac{P}{U\cos\phi_2} \\ I_L &= \frac{P}{U\cos\phi_1} \end{aligned}\right\}\text{代入上式}$$

$$I_C = \frac{P}{U}(\mathrm{tg}\phi_1 - \mathrm{tg}\phi_2)$$

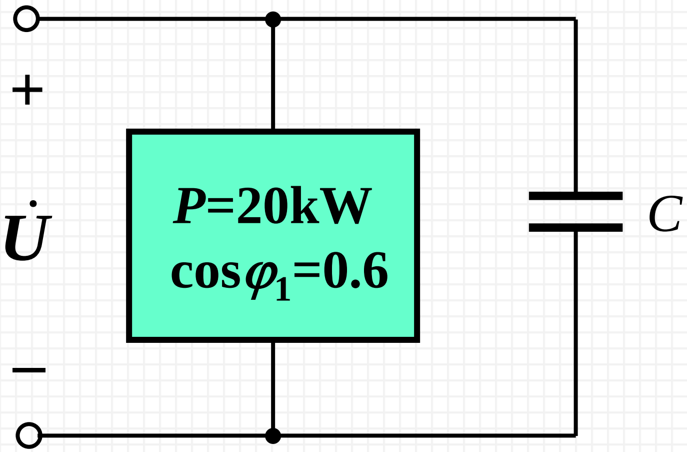
$$\therefore \quad C = \frac{P}{\omega U^2}(\mathrm{tg}\phi_1 - \mathrm{tg}\phi_2)$$

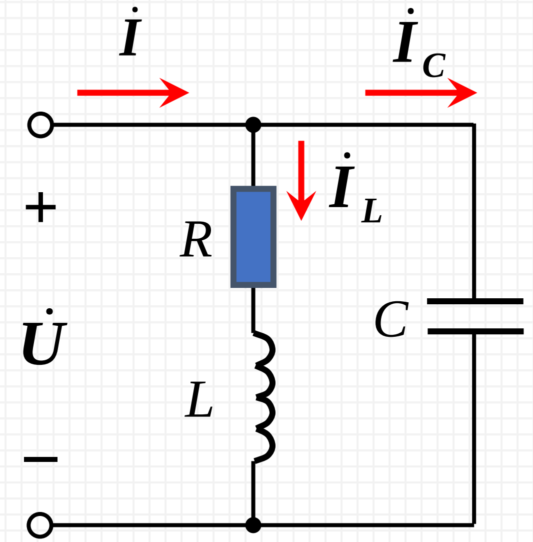
补偿容量不同 $\left\{\begin{array}{l}\text{欠补偿}\\ \text{全补偿}\\ \text{过补偿}\end{array}\right.$

实际实施 $\left\{\begin{array}{l}\text{性能}\\ \text{成本}\end{array}\right.$

一般补偿到 λ=0.95 (滞后)

例 已知 f=50Hz，U=380V，P=20kW，$\cos\varphi_1$=0.6(滞后)。问：要使功率因数提高到0.9，需并联多大的电容C？





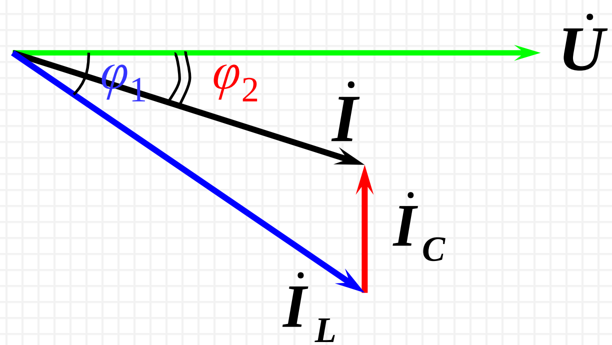
解 由 $\cos\varphi_1 = 0.6$ 得 $\varphi_1 = 53.13^\circ$

由 $\cos\varphi_2 = 0.9$ 得 $\varphi_2 = 25.84^\circ$

$$C = \frac{P}{\omega U^2}(\mathrm{tg}\varphi_1 - \mathrm{tg}\varphi_2)$$

$$= \frac{20\times10^3}{314\times380^2}(\mathrm{tg}53.13^\circ - \mathrm{tg}25.84^\circ)$$

$$= 375\ \mu\mathrm{F}$$



(3) 有功功率的测量

$P_{吸} = UI\cos\varphi$

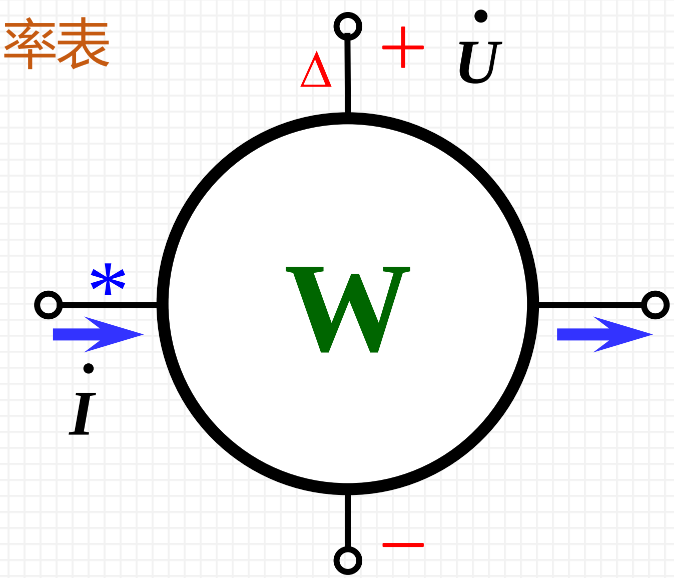
难点：要**3个数值**才能得到有功功率

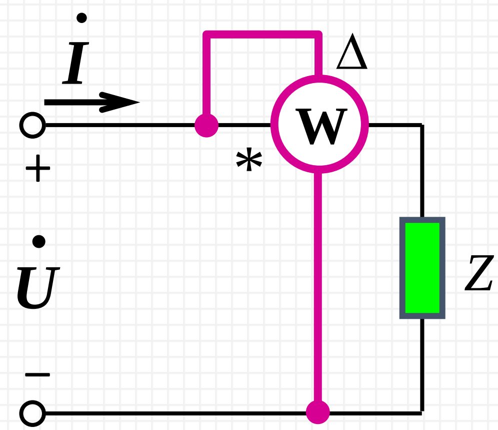
1) **功率表接线**：如果接线方式是使得电流从"*"端流入；电压线圈的"Δ"端接负载电压的正端 →

则功率表的示值反映的即为 $UI\cos(\psi_u - \psi_i)$

2) **功率表量程**：测量有功功率时，P、U、I 均不能超量程。

功率表

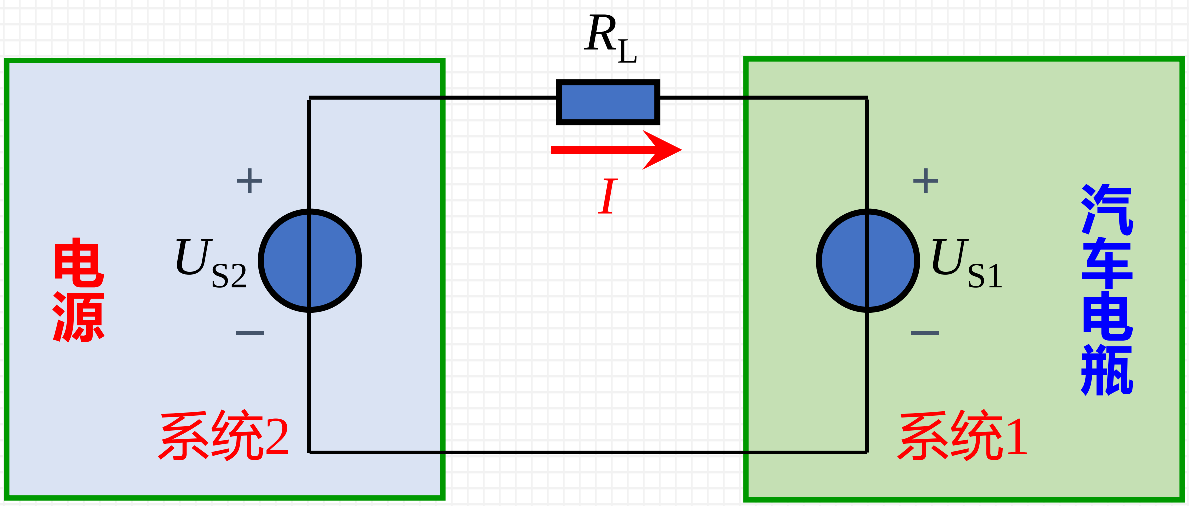




(4) 电力系统中有功功率的传输

直流系统

$$I=\frac{U_{S2}-U_{S1}}{R_L}$$



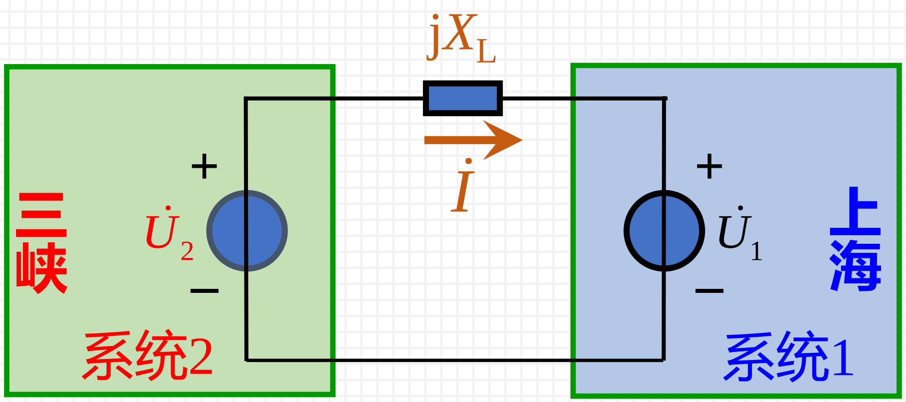
系统1（蓄电池）吸收的功率

$$P=U_{S1}\frac{U_{S2}-U_{S1}}{R_L}$$

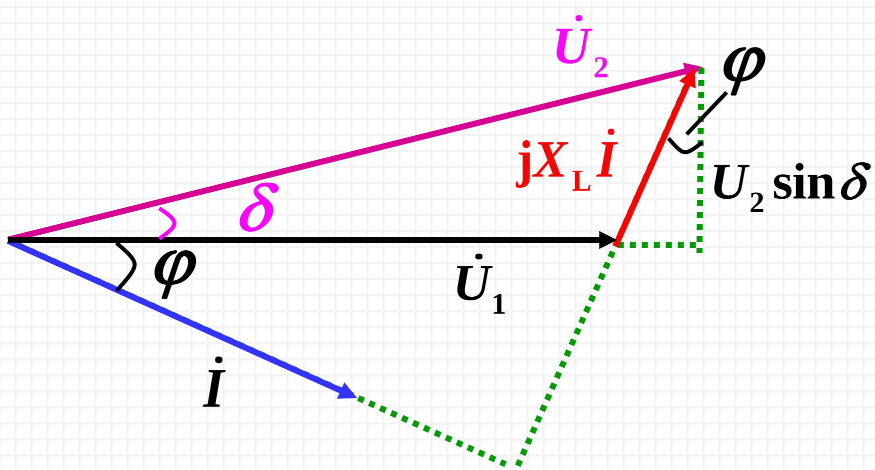
系统2向系统1输出的有功功率取决于:

- **电压U_{S1}，U_{S2} （以及二者之差）**
- **线路电阻R_L**

交流系统



$$\dot{U}_2 = \dot{U}_1 + \mathrm{j}X_\mathrm{L}\dot{I}$$



系统1吸收的有功功率

$$P = U_1 I \cos\varphi$$

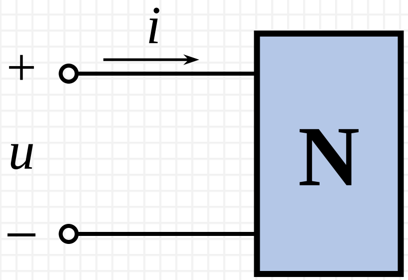
$$= U_1 \frac{X_\mathrm{L} I \cos\varphi}{X_\mathrm{L}}$$

$$P = \frac{U_1 U_2 \sin\delta}{X_\mathrm{L}}$$

系统2向系统1输出的有功功率取决于：

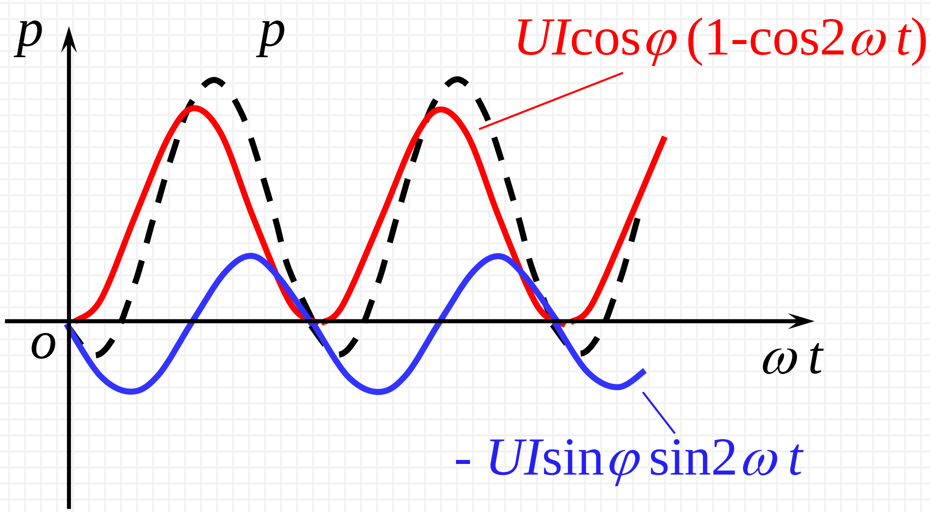
- 电压U_1，U_2
- 相角差δ
- 线路电抗X_L

3、无功功率



$$p(t)=u(t)i(t)=\sqrt{2}U\sin\omega t\cdot\sqrt{2}I\sin(\omega t-\varphi)$$

$$=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$



不可逆部分
(类似 ***R*** 消耗瞬时功率)

可逆部分
(类似 ***L/C*** 瞬时功率)

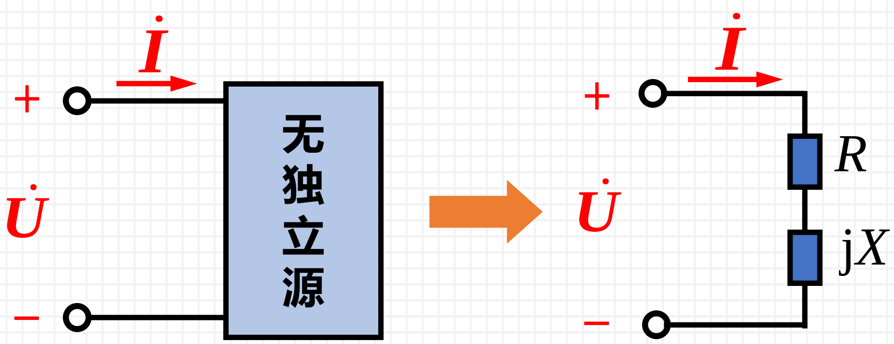
（1）无功功率 (reactive power) Q

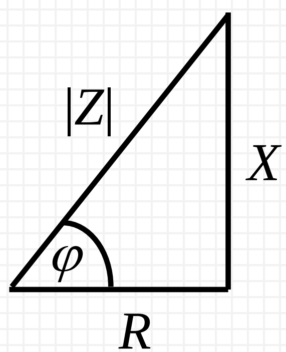
a) 定义

$$p(t)=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

$$Q \overset{\text{def}}{=} UI\sin\phi \qquad \text{单位：var (乏)}$$

$$=|Z|\,I\,I\sin\phi=I^2|Z|\sin\phi=I^2X$$



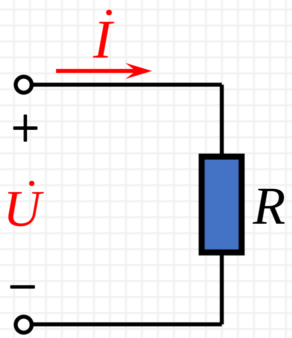


无功功率反映阻抗中**虚部**消耗的功率

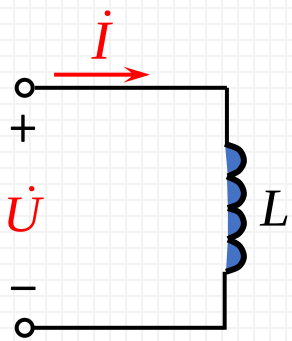
$\varphi=\psi_u-\psi_i$ 功率因数角

无功功率守恒：电路中所有元件吸收无功功率的代数和为零。

b） *R*、*L*、*C* 元件吸收的无功功率

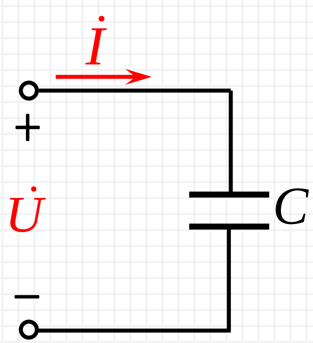


$$Q_R = UI\sin\varphi = UI\sin 0° = 0$$



$$Q_L = UI\sin\varphi = UI\sin 90° = UI = U^2/X_L = I^2X_L > 0$$

L 永远吸收无功功率



$$Q_C = UI\sin\varphi = UI\sin(-90°)$$

$$= -UI = -U^2/|X_C| = -I^2|X_C| < 0$$

C 永远发出无功功率

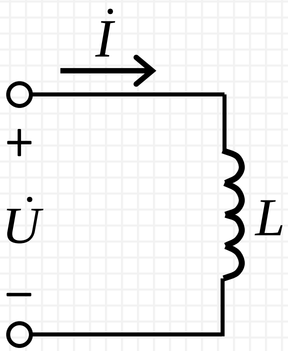
（2）无功功率的物理意义

$$u(t) = \sqrt{2}U \sin \omega t$$

$$i(t) = \sqrt{2}I \sin(\omega t - \varphi)$$

$$p(t) = UI\cos\varphi(1 - \cos 2\omega t) - UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

对于电感而言 $\varphi = 90°$



$$p_L(t) = -UI\sin 2\omega t$$

$$= -Q_L \sin 2\omega t$$

$Q_L = UI$

$$p(t) = \frac{\mathrm{d}w(t)}{\mathrm{d}t}$$

电感储能变化率的最大值

功率是能量的时间变化率

对**电容**可以得到相同的结论

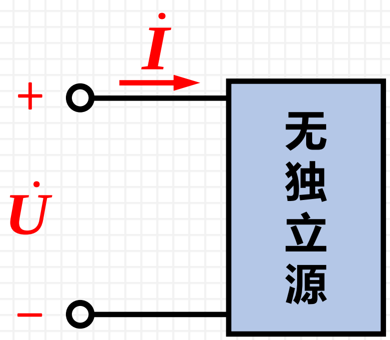
储能元件的无功功率反映其能量变化的最大速率

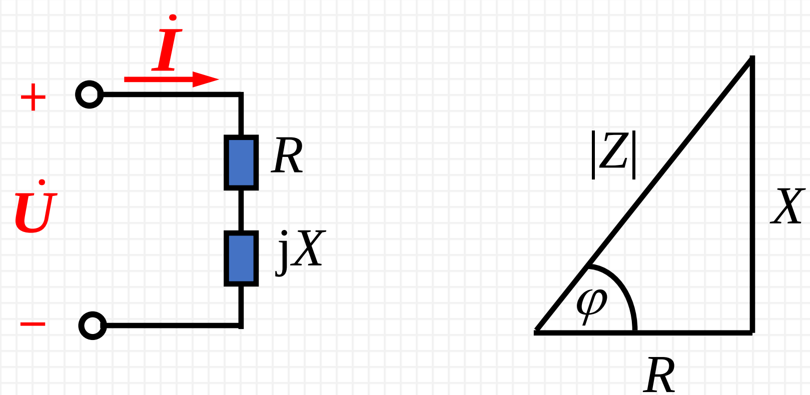
统一讨论负载吸收的无功功率和有功功率

$$p(t)=u(t)i(t)=\sqrt{2}U\sin\omega t\cdot\sqrt{2}I\sin(\omega t-\varphi)$$

$$=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

不可逆部分 (类似 *R* 的瞬时功率)	可逆部分 (类似*L*/*C*的瞬时功率)





有功功率反映负载吸收功率的平均值(都消耗在阻抗的电阻部分)

无功功率反映阻抗中电抗部分能量交换的最大速率

再论负载吸收的无功功率和有功功率

$$p(t)=u(t)i(t)=\sqrt{2}U\sin\omega t\cdot\sqrt{2}I\sin(\omega t-\varphi)$$

$$=UI\cos\varphi\,(1-\cos 2\omega t)-UI\sin\varphi\sin 2\omega t$$

不可逆部分 (类似 R 的瞬时功率)	可逆部分 (类似L/C的瞬时功率)

有功功率就是“**有用**”的功率

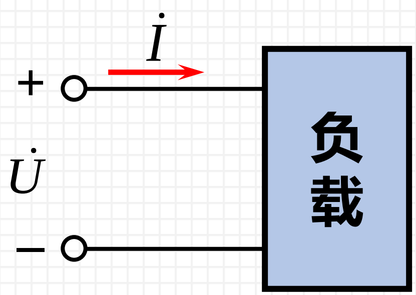
无功功率就是“**没用**”的功率吗？真是“**乏**”吗？

不少能量处理元件必须要同时处理无功功率和有功功率

有功功率：人的**智商**

无功功率：人的**情商**　　鸣谢：清华电机系**夏清**教授

4、复(数)功率(complex power)



$$\dot{U}=U\angle\psi_u\ ,\qquad \dot{I}=I\angle\psi_i$$

$$P=UI\cos(\psi_u-\psi_i)=UI\cos\varphi$$

$$Q=UI\sin(\psi_u-\psi_i)=UI\sin\varphi$$

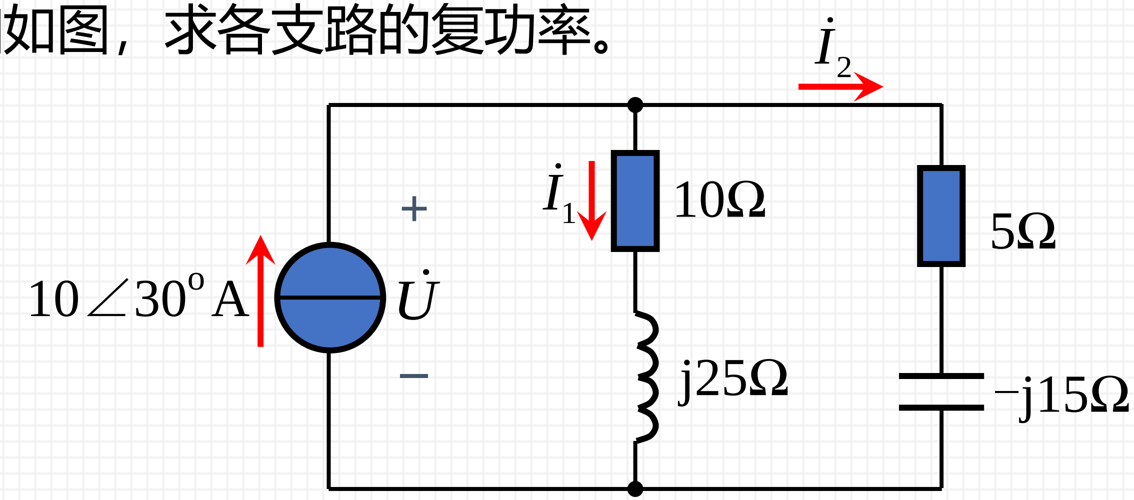
$$\dot{U}\dot{I}^*=U\angle\psi_u\times I\angle-\psi_i=UI\angle\psi_u-\psi_i$$

$$=UI\cos\varphi+\mathrm{j}UI\sin\varphi=P+\mathrm{j}Q$$

记：$\bar{S}=\dot{U}\dot{I}^*$ 称为复功率，单位: **VA[伏安]**

复功率守恒 $\sum_{k=1}^{b}\bar{S}_k=\sum_{k=1}^{b}\dot{U}_k\dot{I}_k^*=0$

例 已知如图，求各支路的复功率。



解

$$\dot{I}_1 = 10\angle 30^{\circ} \times \frac{5-\mathrm{j}15}{10+\mathrm{j}25+5-\mathrm{j}15} = 8.77\angle(-75.3^{\circ}) \quad \mathrm{A}$$

$$\dot{I}_2 = \dot{I}_S - \dot{I}_1 = 14.94\angle 64.5^{\circ} \quad \mathrm{A}$$

$$\dot{U} = 10\angle 30^{\circ} \times [(10+\mathrm{j}25)//(5-\mathrm{j}15)] = 236\angle(-7.1^{\circ}) \quad \mathrm{V}$$

电流源 $\bar{S}_{发} = 236\angle(-7.1^{\circ}) \times 10\angle(-30^{\circ}) = 1882 - \mathrm{j}1424 \quad \mathrm{VA}$

支路1 $\bar{S}_{1吸} = 236\angle(-7.1^{\circ}) \times 8.77\angle(75.3^{\circ}) = 769 + \mathrm{j}1923 \quad \mathrm{VA}$

支路2 $\bar{S}_{2吸} = 236\angle(-7.1^{\circ}) \times 14.94\angle(-64.5^{\circ}) = 1116 - \mathrm{j}3348 \quad \mathrm{VA}$

5、视在功率

定义：$S \overset{\text{def}}{=} UI$　单位：**VA（伏安）**

表征电气设备的容量

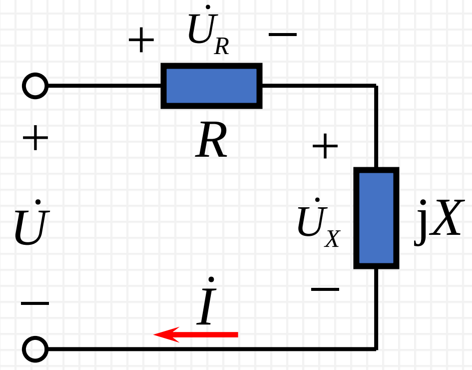
(例如发电机的发电容量)

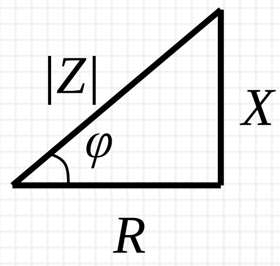
有功功率、无功功率与视在功率的关系

有功功率：$P=UI\cos\varphi$　　单位：W

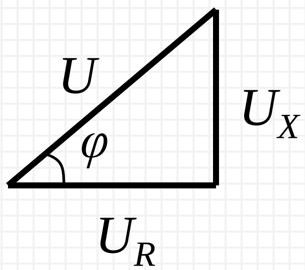
无功功率：$Q=UI\sin\varphi$　　单位：var

视在功率：$S=UI$　　单位：VA

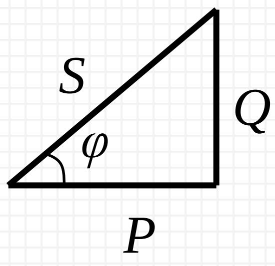




阻抗三角形



电压三角形



功率三角形