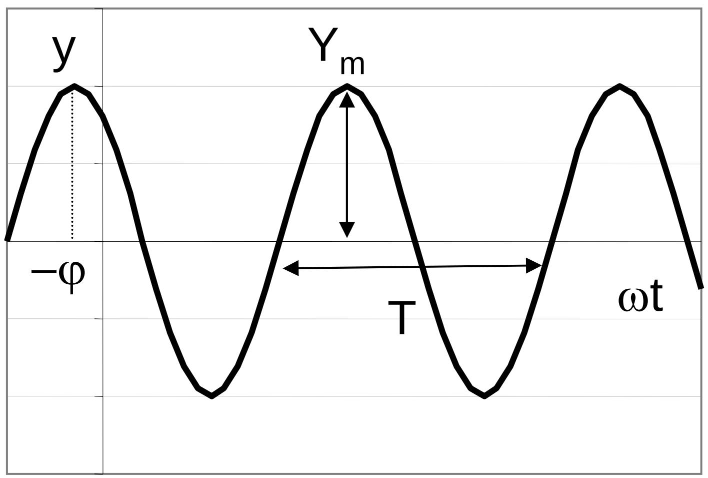
Características de una onda sinusoidal



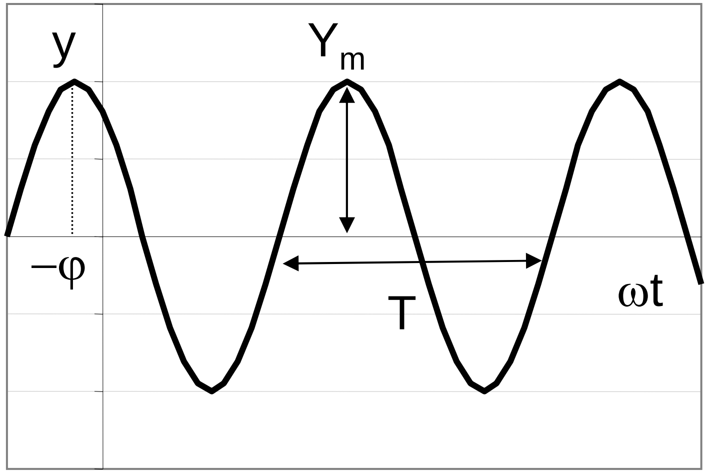
$$y(t) = Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

- Y_m=Valor máximo= valor de pico=valor de cresta
- y(t)= Valor instantáneo

•T=Periodo= tiempo que se tarda en completar un ciclo completo [s]

•f= Frecuencia= número de ciclos que se describen por segundo=1/T [Hz]

Características de una onda sinusoidal

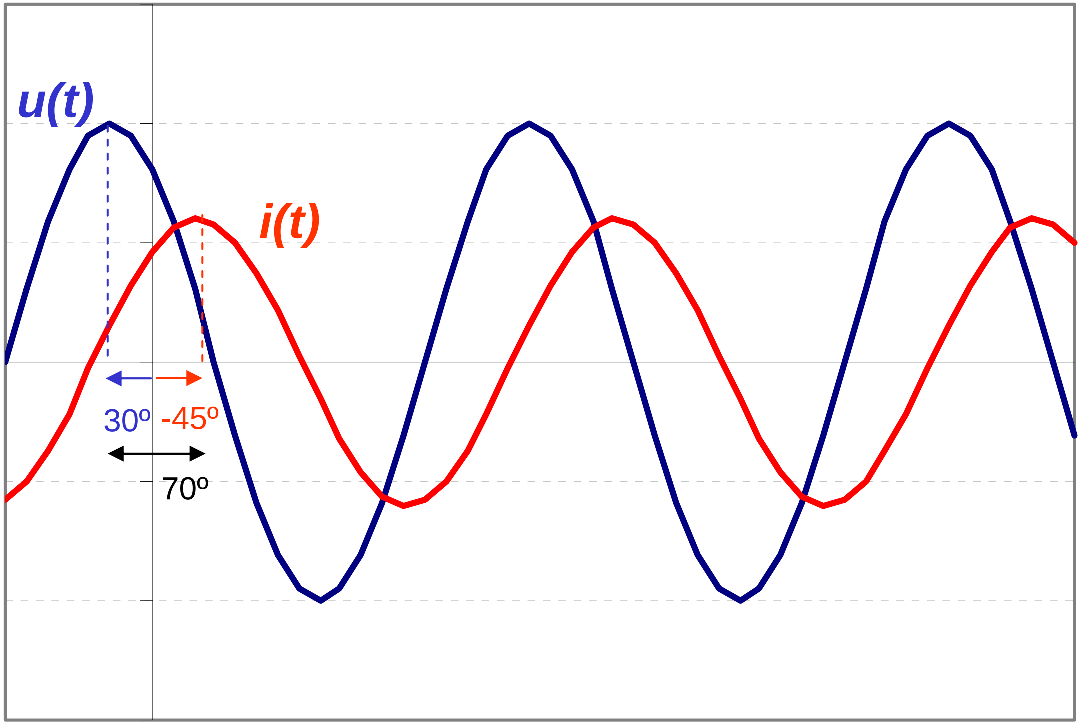


$$y(t) = Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

- ω= Pulsación; $\omega T = 2\pi$ => $\omega = 2\pi f$ [rad s^{-1}]
- φ=Ángulo de fase [rad]

(El ángulo de fase en ocasiones se expresará en grados por comodidad, pero no es correcto dimensionalmente)

Desfase relativo



u está adelantada 70 º respecto a i

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

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

Desfase entre u e i

$$\boxed{\varphi = \varphi_U - \varphi_I}$$

- φ<0 u en retraso resp a i
- φ>0 u en adelanto resp i
- φ=0 “en fase”
- φ=90º “en cuadratura”
- φ=180º “en oposición”

Valor medio y valor eficaz

$$y(t) = Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

- Valor medio

$$Y_{medio} = \frac{1}{T}\int_0^T y(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T Y_m \cos(\omega t + \varphi)dt = 0$$

- Valor eficaz

$$Y = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^T y^2(t)dt} = \frac{Y_{\max}}{\sqrt{2}}$$

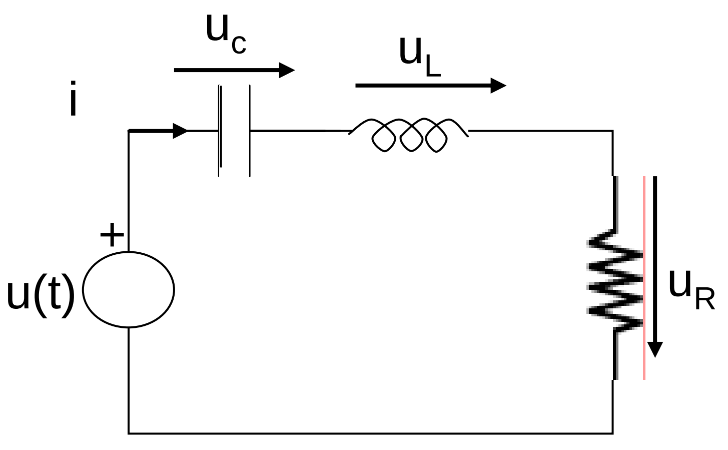
El valor eficaz de una corriente periódica es el valor de una corriente continua que al circular por una resistencia R produce en un tiempo T la misma cantidad de energía disipada

Resumen de notación

$$y(t) = Y_m \cdot \cos(\omega t + \varphi) = \sqrt{2} Y \cdot \cos(\omega t + \varphi)$$

- Valor instantáneo: y
- Valor eficaz: Y
- Valor máximo: Y_m
- Fasor: *Y*

Análisis de circuitos con excitación alterna



Conocemos u(t) y queremos calcular i(t)

$$u(t) = u_C + u_L + u_R$$

$$u_c = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau \qquad u_L = L\frac{di(t)}{dt} \qquad u_R = Ri$$

$$\boxed{u(t) = \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(\tau)d\tau + L\frac{di(t)}{dt} + Ri}$$

Para obtener el valor de i(t) se debe resolver la ecuación diferencial:

$$\frac{du(t)}{dt} = \frac{1}{C}i + L\frac{d^2 i(t)}{dt} + R\frac{di(t)}{dt}$$

$i(t)=i_h+i_p$

(Reg. permanente+Reg.transitorio)

Representación fasorial

$$y(t) = \sqrt{2}Y\cos(\omega t + \varphi)$$

Vamos a demostrar que existe una correspondencia entre una función sinusoidal y(t) y un número complejo Y que se defina como:

$$\mathit{Y} = Y\angle\varphi$$

Relación entre senoides y fasores

$$y(t) = \sqrt{2}Y\cos(\omega t + \varphi)$$

$\bar{Y} = Y\angle\varphi = Ye^{j\varphi}$ multiplicando por $e^{j\omega t}$

$$Ye^{j\varphi}e^{j\omega t} = Ye^{j(\varphi+\omega t)} = Y\left(\cos(\varphi + \omega t) + jsen(\varphi + \omega t)\right)$$

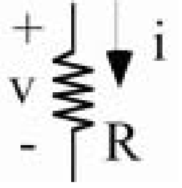
relación de Euler

$$\boxed{\sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ye^{j\omega t}\right) = \sqrt{2}Y\cos(\varphi + \omega t)}$$

Una función sinusoidal queda unívocamente representada por su **fasor** equivalente

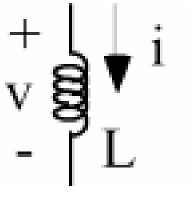
Resumen elementos pasivos

- Resistencia



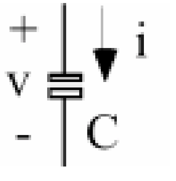
$$u(t) = Ri(t) \qquad i(t) = Gu(t)$$

- Bobina



$$u(t) = L\frac{di(t)}{dt} \qquad i = i(t_0) + \frac{1}{L}\int_{t_0}^{t} u(t)dt$$

- Condensador



$$u(t) = u(t_0) + \frac{1}{C}\int_{t_0}^{t} i(t)dt \qquad i(t) = C\frac{du(t)}{dt}$$

Respuesta de los elementos pasivos

- Vamos a analizar la respuesta de los tres elementos pasivos (resistencia, inductancia y capacidad) a una excitación sinusoidal en el domino del tiempo y en el dominio de la frecuencia.
- Imaginemos que conocemos la corriente que circula por cada uno de ellos que es de la forma

$$i(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \varphi_i)$$

- Y queremos calcular la tensión entre sus terminales, que será del tipo

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

Respuesta de los elementos pasivos

- A partir de las relaciones entre u(t) e i(t) en cada uno de los elementos pasivos determinaremos su respuesta.
- Buscamos encontrar los valores de U y φ_u en función de I, φ_i y los valores de los parámetros R, L y C.
- Los fasores corriente y corriente son:

$$\left.\begin{array}{l} \mathbf{I} = I\angle\varphi_i \\ \\ \mathbf{U} = U\angle\varphi_u \end{array}\right\} \quad \begin{array}{l} i(t) = \sqrt{2}I\cos(\omega t + \varphi_i) = \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(\mathbf{I}e^{j\omega t}\right) \\ \\ u(t) = \sqrt{2}U\cos(\omega t + \varphi_u) = \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(\mathbf{U}e^{j\omega t}\right) \end{array}$$

Resistencia

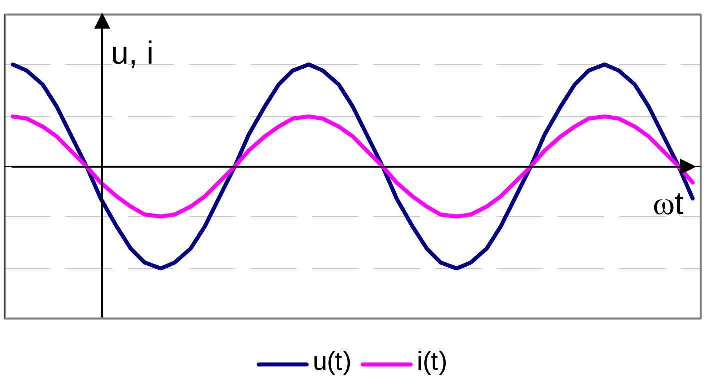
$$u = Ri$$

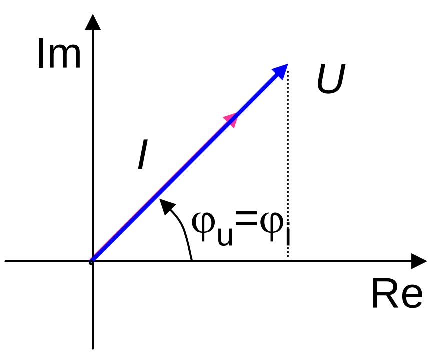
$$\left.\begin{aligned} u(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) \\ i(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) \end{aligned}\right\} \quad \mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) = R\,\mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left(RIe^{j\omega t}\right)$$

$$R \in \mathrm{Re}$$

$$\boxed{U = RI} \Rightarrow U|\varphi_u = RI|\varphi_i \quad \begin{cases} U = RI \\ \varphi_u = \varphi_i \end{cases}$$

En una resistencia la tensión y la intensidad están **en fase**





Bobina

$$\left.\begin{aligned} u &= L\frac{di}{dt} \\ u(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) \\ i(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) \end{aligned}\right\} \frac{di}{dt} = \frac{d}{dt}\sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left(\sqrt{2}I\,\frac{d}{dt}e^{j\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left(\sqrt{2}Ij\omega e^{j\omega t}\right)$$

I no depende del tiempo

$$u = L\frac{di}{dt} \quad \Rightarrow \quad \mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) = L\,\mathrm{Re}\left(Ij\omega e^{j\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left(LIj\omega e^{j\omega t}\right)$$

$$L \in \mathrm{Re}$$

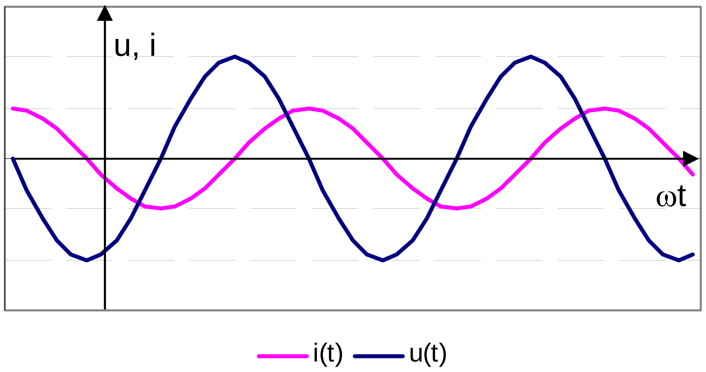
$$\boxed{U = j\omega LI} \Rightarrow U\angle\varphi_u = \omega jLI\angle\varphi_i = \omega LIe^{j90}e^{j\varphi_i} = \omega LI\angle\varphi_i + 90^{\circ}$$

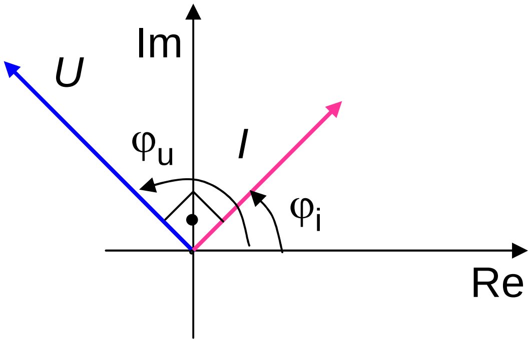
Bobina

$$U\angle\varphi_u = \omega L I\angle\varphi_i + 90^{\circ}\quad \begin{cases} U = \omega L I \\ \varphi_u = \varphi_i + 90^{\circ} \end{cases}$$

En una bobina la tensión está **adelantada** 90º respecto a la corriente

$$(\varphi_u > \varphi_i)$$





Condensador

$$\left.\begin{aligned} i &= C\frac{du}{dt} \\ u(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) \\ i(t) &= \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) \end{aligned}\right\} \quad \frac{du}{dt} = \frac{d}{dt}\sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Ue^{j\omega t}\right) = \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(U\frac{d}{dt}e^{j\omega t}\right) = \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\left(Uj\omega e^{j\omega t}\right)$$

U no depende del tiempo

$$i = C\frac{du}{dt} \;\Rightarrow\; \mathrm{Re}\left(Ie^{j\omega t}\right) = \mathrm{Re}\left(Uj\omega Ce^{j\omega t}\right) \;\Rightarrow\; \boxed{I = Uj\omega C}$$

$C \in \mathrm{Re}$

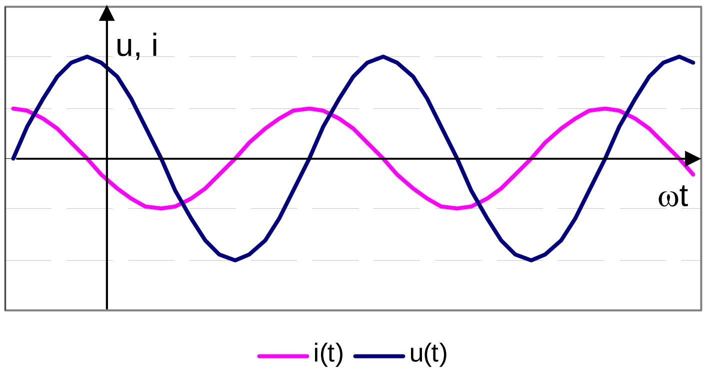
$$\boxed{U = \frac{-j}{\omega C}I} \;\Rightarrow\; U\angle\varphi_u = \frac{-j}{\omega C}I\angle\varphi_i = \frac{1}{\omega C}Ie^{-j90}e^{j\varphi_i} = \frac{1}{\omega C}I\angle\varphi_i - 90^{\circ}$$

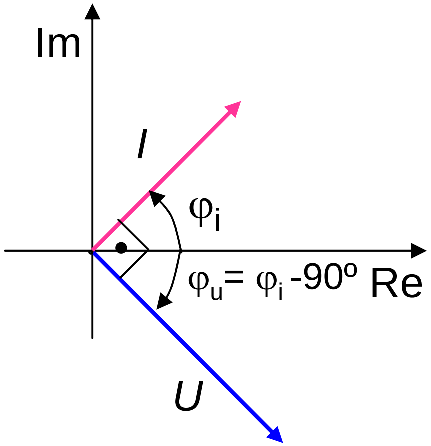
Condensador

$$U\angle\varphi_u = \frac{1}{\omega C} I\angle\varphi_i - 90^{\text{o}} \begin{cases} U = \dfrac{1}{\omega L} I \\ \varphi_u = \varphi_i - 90^{\text{o}} \end{cases}$$

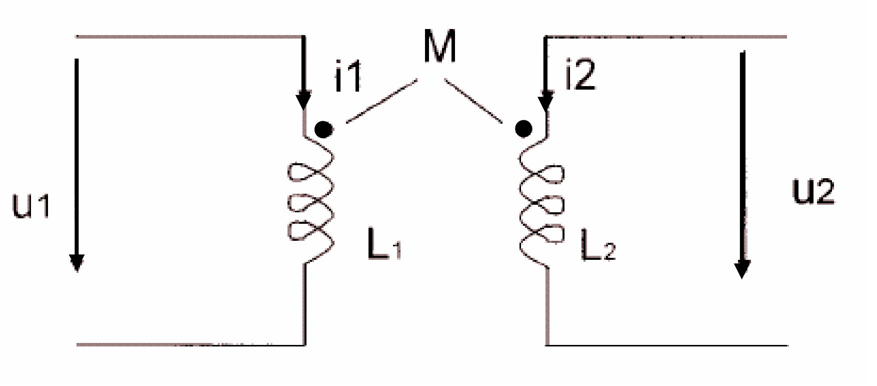
En un condensador la tensión está **retrasada** 90º respecto a la corriente

$$(\varphi_u < \varphi_i)$$





Bobinas acopladas



$$u_1(t) = L_1 \frac{di_1(t)}{dt} + M_{12} \frac{di_2(t)}{dt}$$

$$u_2(t) = M_{12} \frac{di_1(t)}{dt} + L_2 \frac{di_2(t)}{dt}$$

Procediendo de modo análogo a los casos anteriores se llega a las siguientes relaciones fasoriales:

$$\boxed{\begin{aligned} U_1 &= j \cdot \omega \cdot L_1 \cdot I_1 + j \cdot \omega \cdot M_{12} \cdot I_2 \\ U_2 &= j \cdot \omega \cdot M_{12} \cdot I_1 + j\omega \cdot L_2 \cdot I_2 \end{aligned}}$$

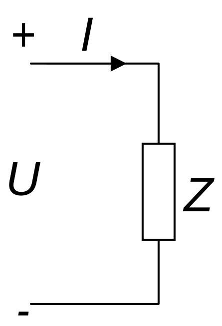
Impedancia compleja

- Las relaciones fasoriales U=f(I) en los elementos pasivos son:

Resistencia	Bobina	Condensador
$U = RI$	$U = j\omega L I$	$U = \frac{-j}{\omega C} I$

El fasor tensión puede expresarse como el producto de una cantidad compleja por el fasor corriente

- **Impedancia**: Cociente entre el fasor tensión y el fasor corriente



Se verifica la “Ley de Ohm en notación fasorial”

$$\boxed{U = ZI}$$

Z es un número complejo, pero no un fasor, ya que no se corresponde con ninguna función sinusoidal en el dominio del tiempo

Impedancia

Resistencia

$$Z_R = R$$

Bobina

$$Z_L = j\omega L$$

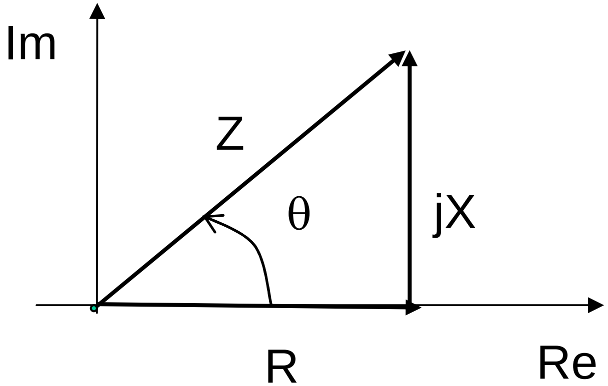
Condensador

$$Z_C = \frac{-j}{\omega C}$$

$$Z = R + jX \begin{cases} \mathrm{Re}(Z) = R & \text{componente resistiva: “Resistencia”} \\ \mathrm{Im}(Z) = X & \text{componente reactiva : “Reactancia”} \begin{cases} X_L = \omega L > 0 \\ X_C = -\dfrac{1}{\omega C} < 0 \end{cases} \end{cases}$$

Z, R y X se expresan en [Ω]

Triángulo de impedancias



$$Z = R + jX$$

$$|Z| = \sqrt{R^2 + X^2} \qquad \theta = arctg\frac{X}{R}$$

$$R = Z\cos\theta \qquad X = Zsen\theta$$

Impedancia y admitancia

$$Z = R + jX$$

Admitancia $Y = \frac{1}{Z} = G + jB \begin{cases} \mathrm{Re}(Y) = G & \text{“Conductancia”} \\ \mathrm{Im}(Y) = B & \text{“Susceptancia”} \end{cases}$

Y , G y B se expresan en [S]

Resistencia	Bobina	Condensador
$Y_R = G$	$Y_L = -j/\omega L$	$Y_C = j\omega C$

Lemas de Kirchhoff en forma fasorial

- Primer Lema de Kirchhoff: La suma algebraica de los fasores corriente en un nudo es igual a cero

$$\sum I = 0$$

- Segundo Lema de Kirchhoff: En un lazo o malla, la suma de las elevaciones de tensión de los generadores, expresadas en forma fasorial, es igual a la suma de las caídas de tensión en las impedancias complejas

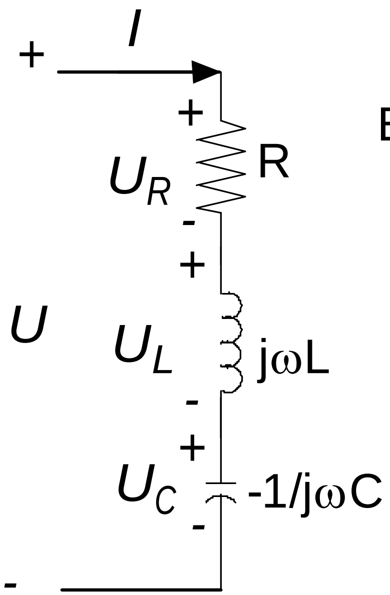
$$\sum U = \sum ZI$$

Asociación de impedancias en serie y en paralelo

- En régimen sinusoidal permanente es posible agrupar elementos pasivos de distinta naturaleza (resistencias y/o inductancias y/o capacidades) una vez que cada uno de ellos ha sido caracterizado por su impedancia correspondiente.

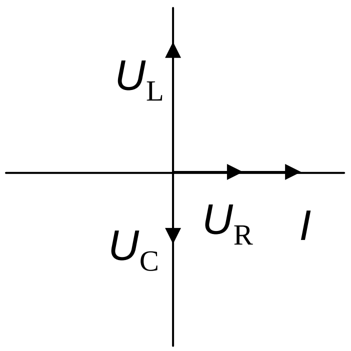
- Las reglas para determinar las impedancias equivalentes de combinaciones de elementos pasivos, son idénticas a las estudiadas para los elementos resistivos, sustituyendo las resistencias por las impedancias complejas.

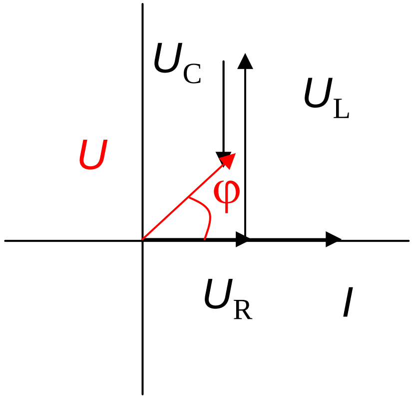
Diagrama fasorial circuito RLC serie



En un circuito serie tomamos *I* como origen de fases

$$I = I\angle 0^{o}$$





$$U_R = RI = RI\angle 0^{o} = U_R\angle 0^{o}$$

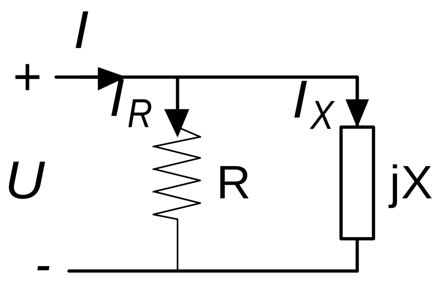
$$U_L = Z_L I = j\omega L I = \omega L I\angle 90^{o}$$

$$U_C = Z_C I = \frac{-j}{\omega C} I = \frac{1}{\omega C} I\angle -90^{o}$$

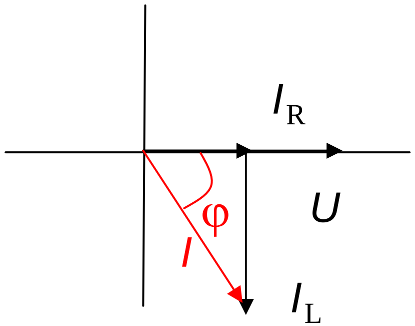
- $U_L > U_C$ => $\varphi > 0$ circuito inductivo
- $U_L < U_C$ => $\varphi < 0$ circuito capacitivo

Diagrama fasorial circuito RX paralelo

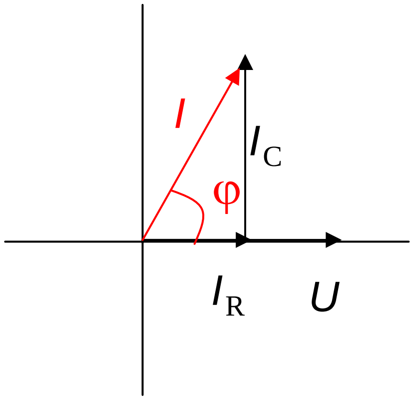
En un circuito serie tomamos *U* como origen de fases $\bar{U} = U\angle 0^{\circ}$



Bobina



Condensador



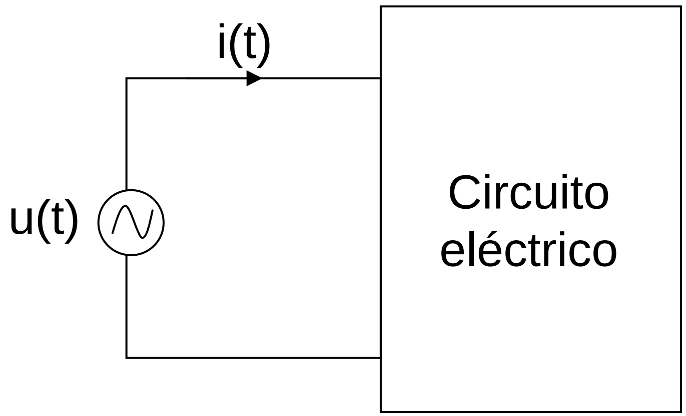
$$\bar{I}_R = \frac{\bar{U}}{R} = \frac{U}{R}\angle 0^{\circ}$$

$$\bar{I}_X = \frac{\bar{U}}{jX} \begin{cases} \text{Bobina} \quad \bar{I}_X = \dfrac{U}{X_L}\angle -90^{\circ} \\ \text{Condensador} \quad \bar{I}_X = \dfrac{U}{X_C}\angle 90^{\circ} \end{cases}$$

Métodos de resolución de circuitos

- Todos los métodos estudiados para la resolución de circuitos alimentados en corriente continua, son directamente aplicables a circuitos alimentados en alterna, trabajando en el dominio de la frecuencia.
  - Método de las corrientes de malla
  - Método de las tensiones de nudo
  - Principio de superposición: Especialmente útil cuando en un circuito existen fuentes de distinta frecuencia que actúan simultáneamente
  - Teoremas de Thevenin y Norton

Potencia en un circuito de C.A.



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

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

Tomaremos la tensión como origen de fases

- Si φ>0 (i retrasada respecto a u): Carga inductiva
- Si φ<0 (i adelantada respecto a u): Carga capacitiva

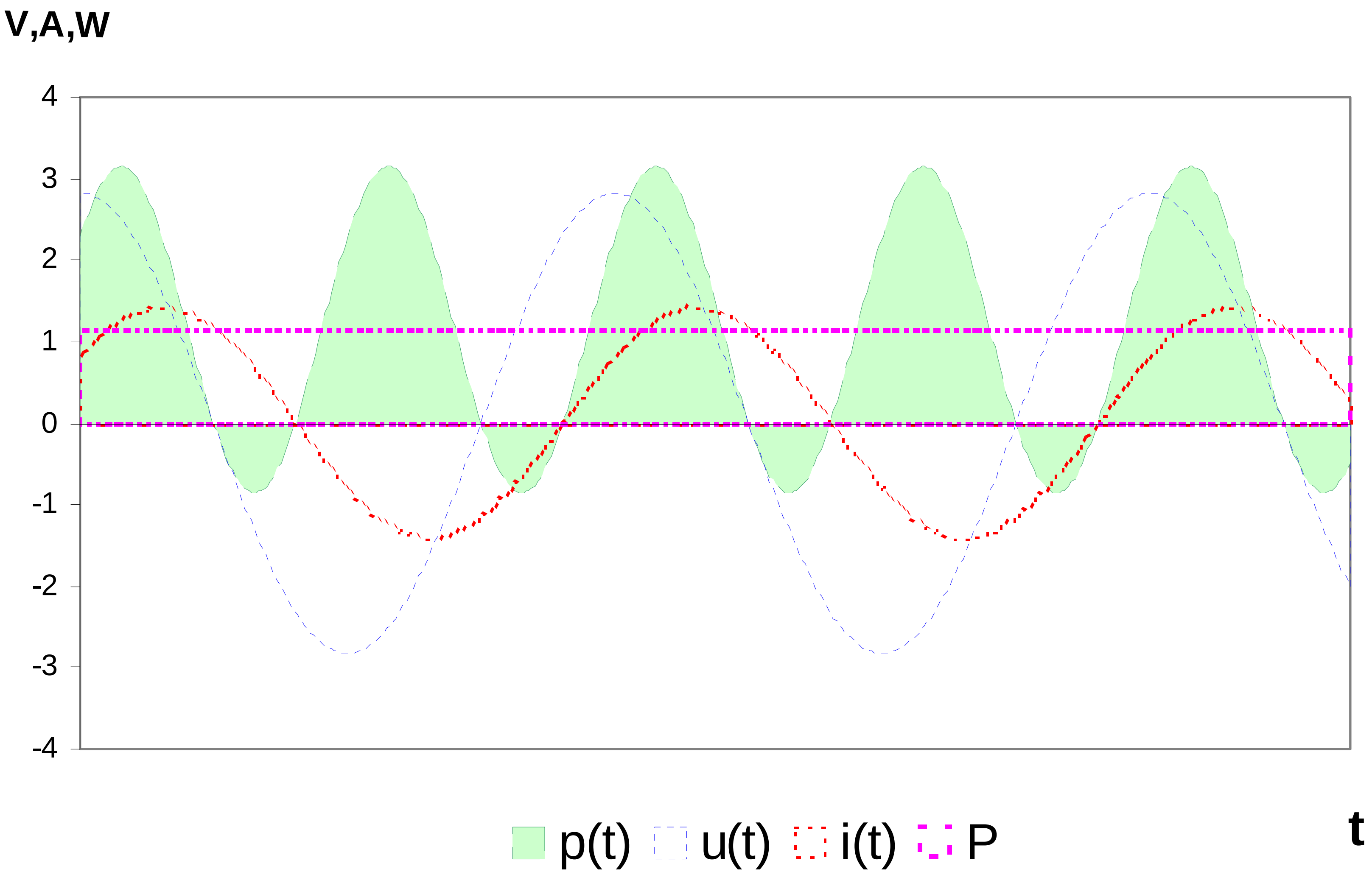
Potencia instantánea

$$p(t) = u(t)i(t) = 2UI\cos\omega t\cos(\omega t - \varphi) =$$

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

$$= 2UI\frac{1}{2}\left(\cos(2\omega t - \varphi) + \cos\varphi\right) = \underbrace{UI\cos\varphi}_{\text{término constante}} + \underbrace{UI\cos(2\omega t - \varphi)}_{\text{término fluctuante de frecuencia doble que u e i}}$$

Potencia instantánea



Potencia media

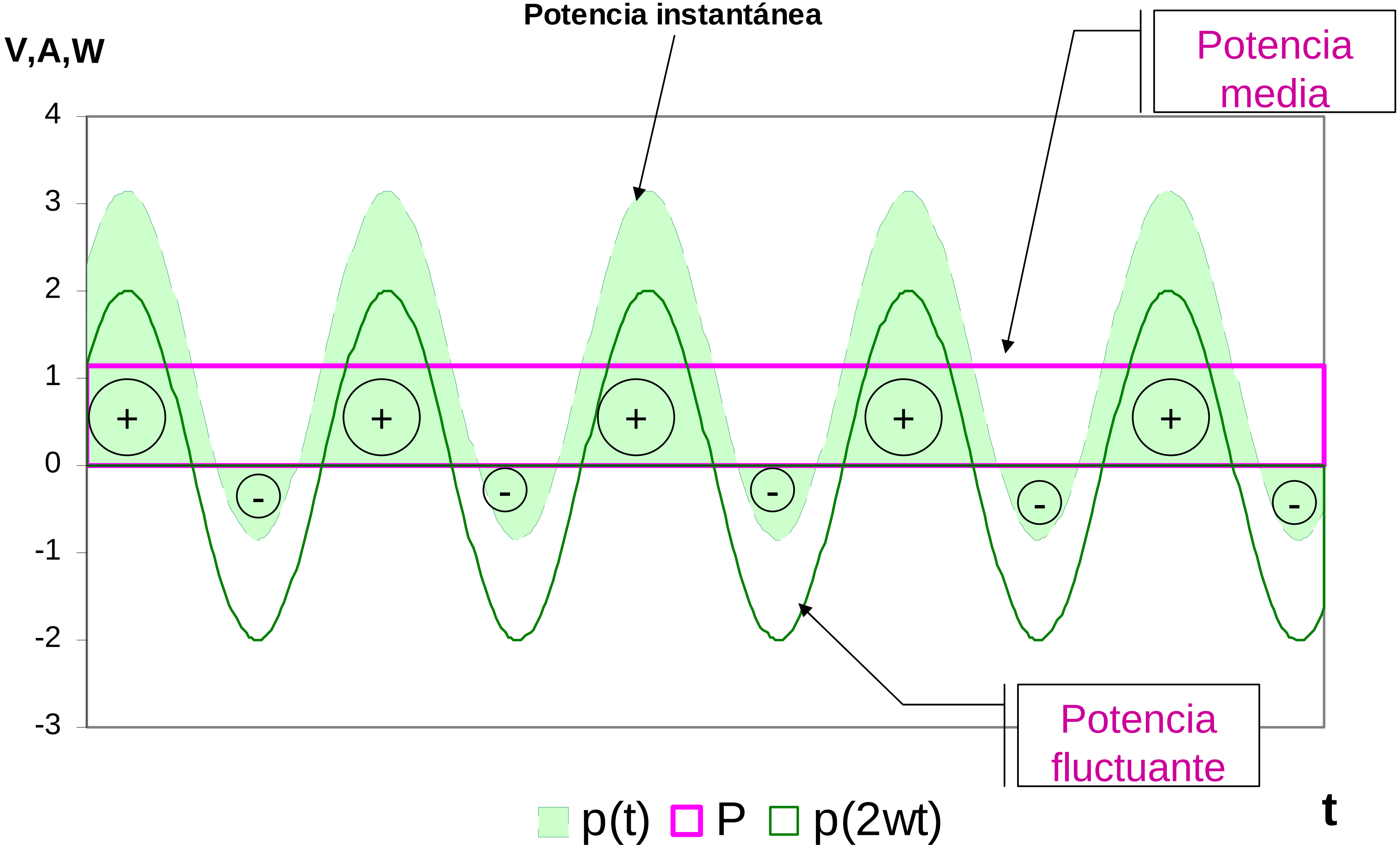
$$P = \frac{1}{T}\int_0^T p(t)dt = \frac{1}{T}\int_0^T \left[U \cdot I \cdot \cos\varphi + U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi)\right] dt =$$

$$= U \cdot I \cdot \cos\varphi$$

La potencia instantánea se puede expresar como la suma de una potencia media y una potencia fluctuante

$$p(t) = P + U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi)$$

Potencia



Potencia instantánea
V,A,W
Potencia media
4
3
2
1
0
-1
-2
-3
+
-
Potencia fluctuante
p(t)
P
p(2wt)
t

Potencia activa y reactiva

$$p(t) = P + U \cdot I \cdot \cos(2\omega t - \varphi) =$$

$$\cos(\alpha - \beta) = (\cos\alpha \cos\beta + sen\alpha sen\beta)$$

$$= P + U \cdot I \cdot \cos\varphi \cdot \cos 2\omega t + U \cdot I \cdot sen\varphi \cdot sen 2\omega t$$

<u>Definición:</u>

Potencia media = potencia activa $\boxed{P = U \cdot I \cdot \cos\varphi}$

Potencia reactiva $\boxed{Q = U \cdot I \cdot sen\varphi}$

$$p(t) = P(1 + \cos(2\omega t)) + Qsen(2\omega t)$$

Potencia instantánea

$$p(t) = P(1 + \cos(2\omega t)) + Qsen(2\omega t)$$

- La potencia instantánea absorbida o generada por un circuito consta de dos términos
  - Término constante: P = POTENCIA ACTIVA, igual al valor medio de la potencia instantánea
  - Término oscilante de pulsación 2ω, que a su vez se descompone en dos sumandos
    - Amplitud P y pulsación 2ω $P \cos 2\omega t$
    - Amplitud Q, pulsación 2ω, retrasado 90º $Qsen\, 2\omega t$
- Amplitud de a potencia fluctuante: “Potencia aparente”

$$S = UI$$

Resumen

- Potencia activa $P = U \cdot I \cdot \cos\varphi$ [W]
- Potencia reactiva $Q = U \cdot I \cdot sen\varphi$ [VAr]
- Potencia aparente $S = U \cdot I = \sqrt{P^2 + Q^2}$ [VA]
- Factor de potencia $f.p. = \dfrac{P}{S} = \cos\varphi$ $0 < f.p. \leq 1$

φ= argumento impedancia compleja

– Cargas inductivas $\varphi>0$

– Cargas capacitivas $\varphi<0$

Potencia en una resistencia

$$Z_R = R$$

$$U = RI \quad \begin{cases} \varphi = 0^{\circ} \\ U = RI \end{cases}$$

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

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

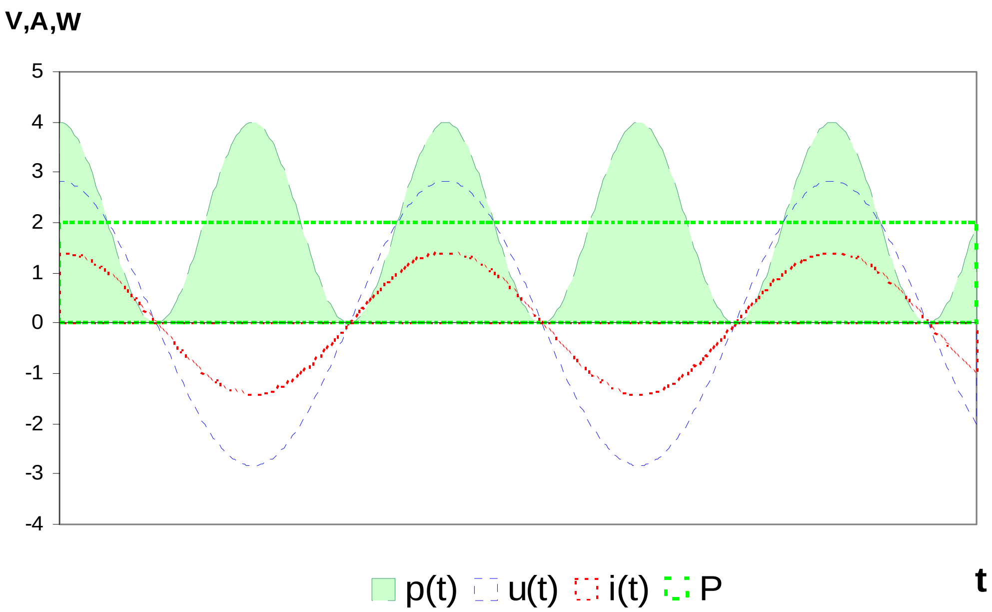
$$P_R = UI\cos\varphi = UI = RI^2$$

$$Q_R = UIsen\varphi = 0$$

$$S_R = UI = P_R$$

Una resistencia únicamente consume potencia activa

Potencia en una resistencia



$$p(t)_R = P_R(1+\cos 2\omega t)$$

La potencia activa consumida varía entre 0 y $2P_R$ en función de los valores absolutos de u e i

Potencia en una bobina

$$Z_L = j\omega L$$

$$U = j\omega L I \quad \Rightarrow I = \frac{U}{j\omega L} = \frac{U}{\omega L} \angle -90^{\circ}$$ I retrasada 90º respecto a U

$$U = L\omega I \qquad \varphi = 90^{\circ}$$

$$u(t) = \sqrt{2} U \cos \omega t \qquad i(t) = \sqrt{2} I \cos\left(\omega t - 90^{\circ}\right)$$

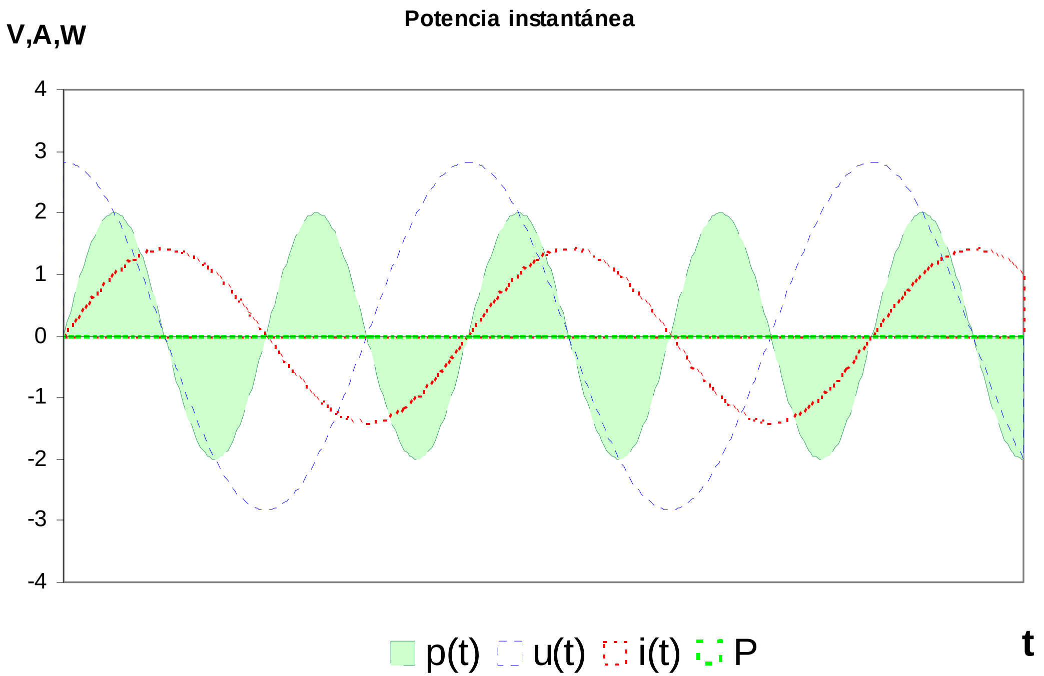
$$P_L = UI \cos\varphi = 0$$

$$Q_R = UI sen\varphi = UI = L\omega I^2 = X_L I^2 > 0$$

$$S_L = UI = Q_L$$

Una bobina **consume** potencia reactiva

Potencia en una bobina



$$p(t)_L = Q_L(sen2\omega t)$$

- La potencia reactiva va oscilando entre la fuente y la bobina
- La potencia media es 0

Potencia en un condensador

$$Z_C = \frac{1}{j\omega C}$$

$$U = \frac{1}{j\omega L} I \quad \Rightarrow I = \frac{U}{\frac{1}{j\omega C}} = U\omega C\angle 90^{o}$$ I adelantada 90º respecto a U

$$U = \frac{1}{\omega C} I \qquad \varphi = -90^{o}$$

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

$$i(t) = \sqrt{2}I\cos\left(\omega t - 90^{o}\right)$$

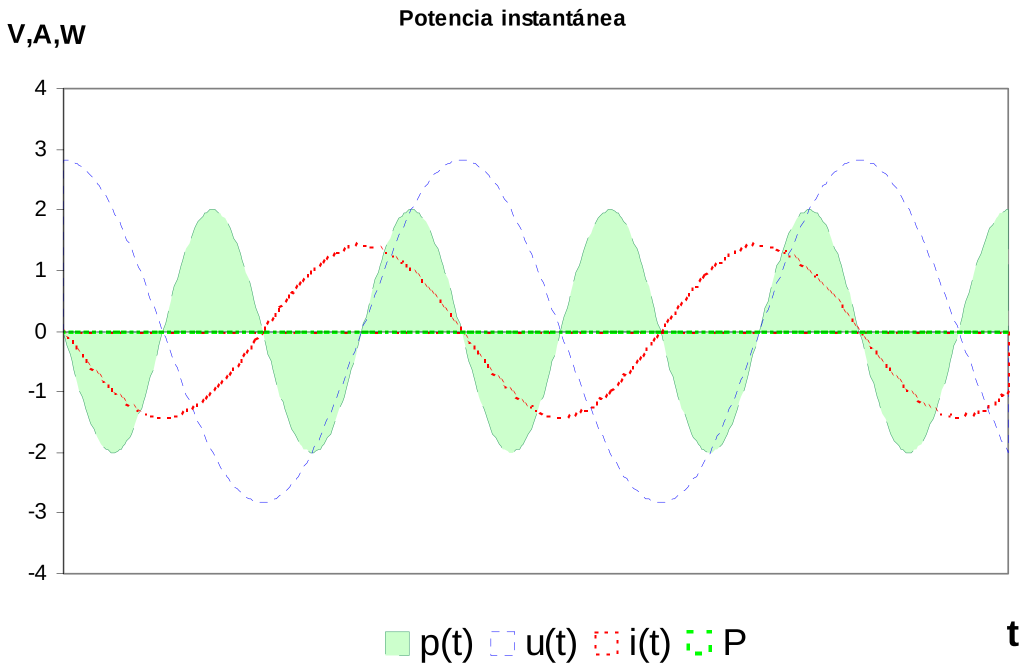
$$P_C = UI\cos\varphi = 0$$

$$Q_C = UIsen\varphi = UI = -\frac{1}{\omega C} I^2 = -X_C I^2 < 0$$

Un condensador **cede** potencia reactiva

$$S_C = UI = Q_C$$

Potencia en un condensador



$$p(t)_C = Q_C(sen2\omega t)$$

•La potencia reactiva va oscilando entre la fuente y el condensador

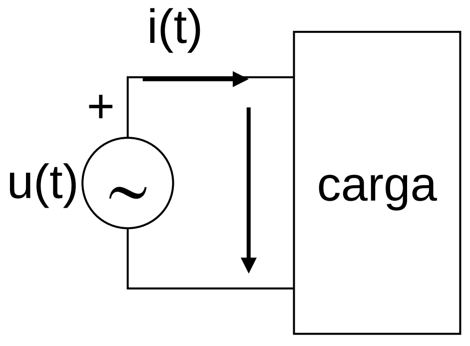
•No existe disipación de energía sino intercambio (P_{med}=0)

Conclusión P y Q

- P representa el consumo de energía en las resistencias (P es el valor medio de la potencia disipada)

- Q representa un intercambio de energía entre las bobinas y condensadores y la fuente (Q es la amplitud de la energía intercambiada)
  - $Q_C<0$=> un condensador cede potencia reactiva
  - $Q_L>0$=> una bobina consume potencia reactiva

Potencia compleja



$$u(t) = \sqrt{2} \cdot U \cdot \cos \omega t \qquad \mathbf{U} = U\angle 0^{\circ}$$

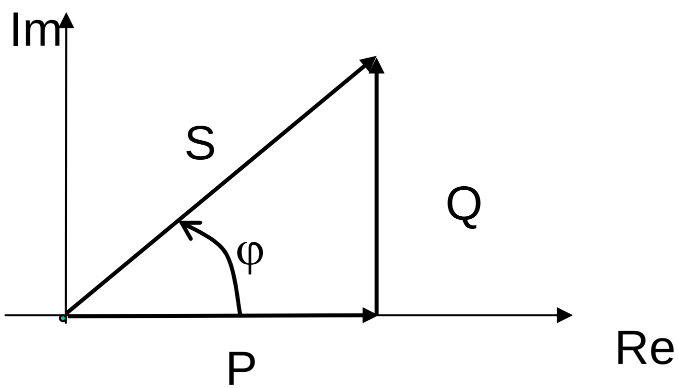
$$i(t) = \sqrt{2} \cdot I \cdot \cos(\omega t - \varphi) \qquad \mathbf{I} = I\angle -\varphi$$

Se define potencia compleja

$$\mathbf{S} = \mathbf{U}\mathbf{I}^{*} = U\angle 0^{\circ}\, I\angle \varphi = UI\angle \varphi$$

$$\mathbf{S} = UI\cos\varphi + jUIsen\varphi = P + jQ$$

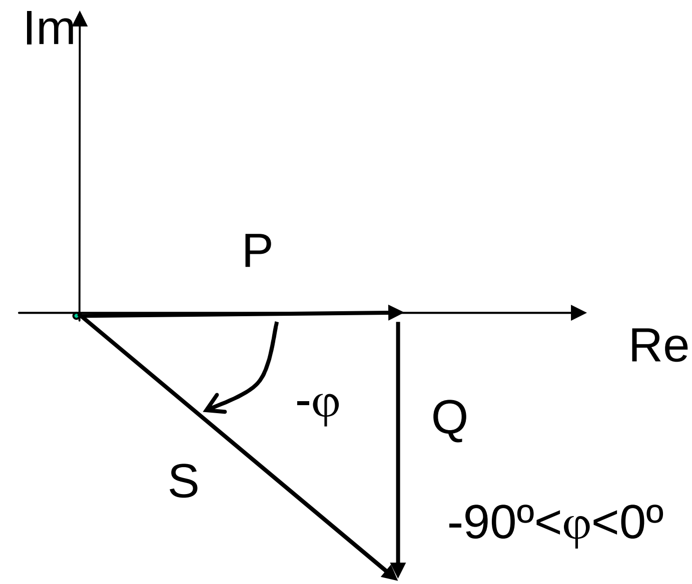
Triángulo de potencias



0º<φ<90º

Q>0 carga inductiva

(P>0 carga)



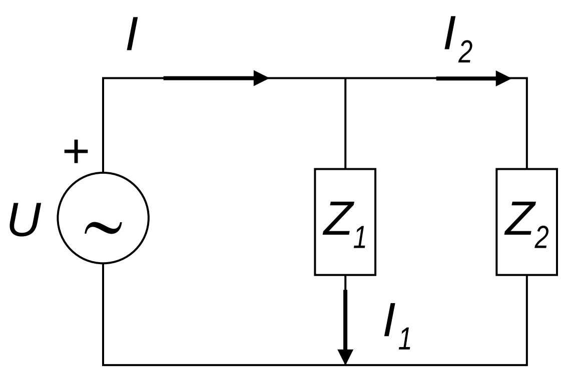
-90º<φ<0º

Q<0 carga capacitiva

(P>0 carga)

Teorema de Boucherot

- Principio de conservación de la potencia compleja



$$S = UI^* = U\left(I_1 + I_2\right)^* = UI_1^* + UI_2^* = S_1 + S_2$$

La potencia compleja suministrada por las fuente/s es igual a la suma de las potencias complejas absorbidas por las cargas

$$P_G = \sum_k P_k$$

$$Q_G = \sum_k Q_k$$

$$\Longrightarrow \quad S_G = \sqrt{P_G^2 + Q_G^2}$$

Importancia del factor de potencia

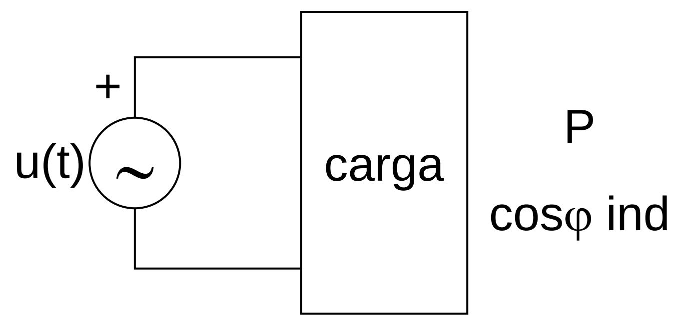
$$p(t) = P(1 + \cos(2\omega t)) + Qsen(2\omega t)$$

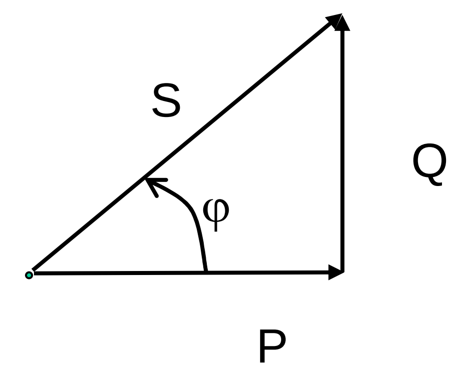
- P= potencia media consumida (consumo de potencia en R)
- Q=Amplitud de la fluctuación de energía entre la fuente y la carga (carga y descarga de las bobinas y condensadores)
- Q no requiere aportación de energía por parte de la fuente (P neta es 0), pero hace circular corriente por las líneas
- La circulación de corriente produce pérdidas de potencia activa
- Es necesario limitar el consumo de reactiva
- Interesa que el f.d.p. sea lo más alto posible

Compensación del factor de potencia

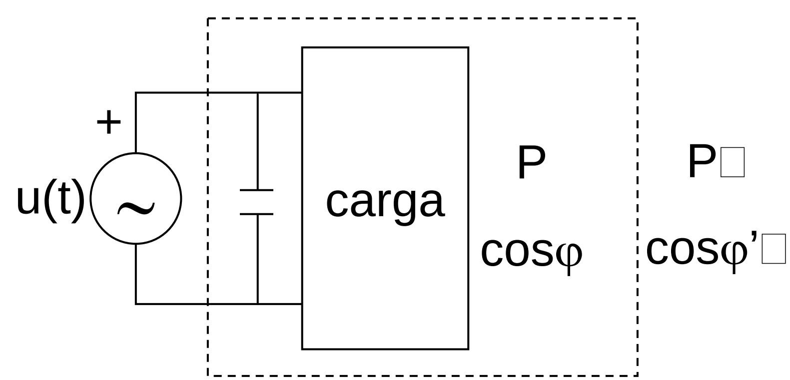
- Es conveniente trabajar con factores de potencia próximos a la unidad
- Pero las cargas pueden necesitar para su funcionamiento potencia reactiva (generalmente son de tipo inductivo= alimentación de motores)
- Es necesario compensar el consumo de potencia reactiva mediante baterías de condensadores

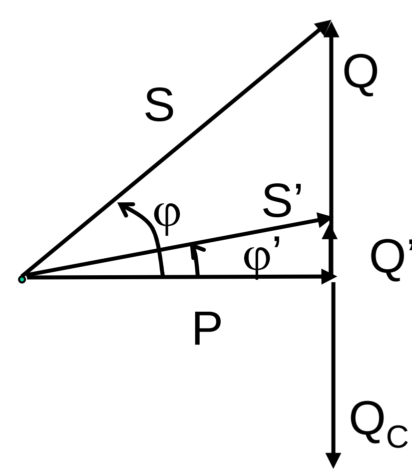
Compensación de reactiva





Se puede colocar una batería de condensadores de capacidad C en paralelo con la carga que genere parte de la Q consumida



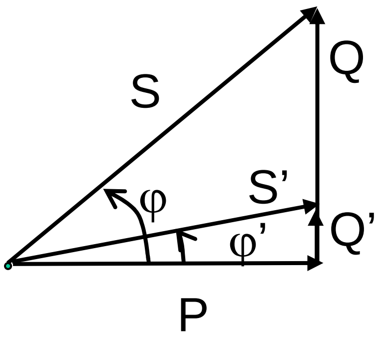


Compensación de reactiva

Potencia reactiva cedida por el condensador

$$Q_C = UIsen\varphi_C = -UI = -\omega CU^2$$

$$sen\varphi_C = -1$$



$$Q - Q' = \Delta Q = \omega CU^2 \qquad Q - Q' = Ptg\varphi - Ptg\varphi'$$

$$\omega CU^2 = P(tg\varphi - tg\varphi')$$

$$\boxed{C = \frac{P(tg\varphi - tg\varphi')}{\omega U^2}}$$

Capacidad de la batería de condensadores para compensar ΔQ