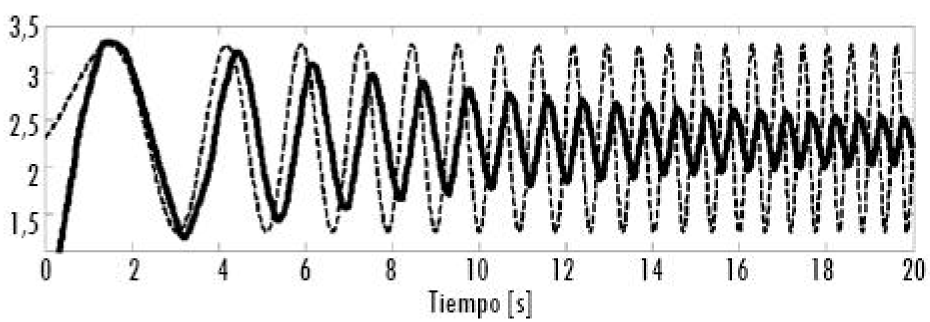
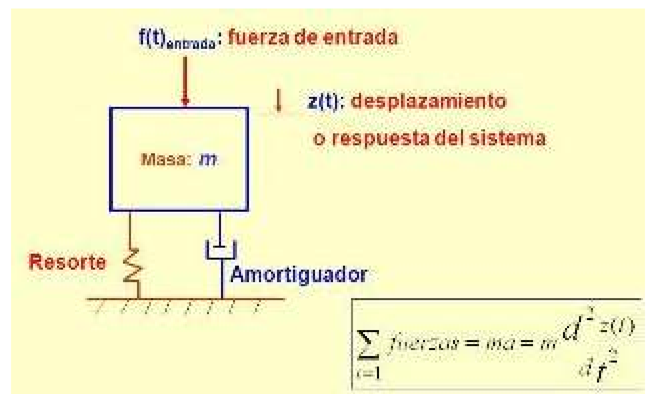
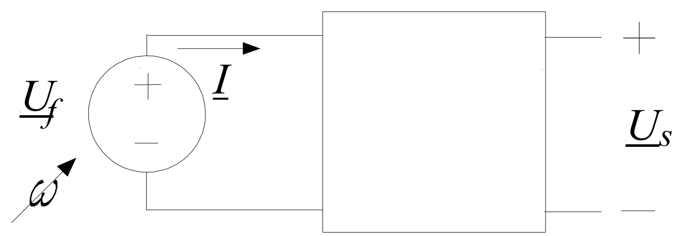
RESPUESTA EN FRECUENCIA





RESPUESTA EN FRECUENCIA

Se estudia el comportamiento de circuitos cuando se alimentan con una fuente alterna senoidal de frecuencia variable, generalmente entre 0 e ∞

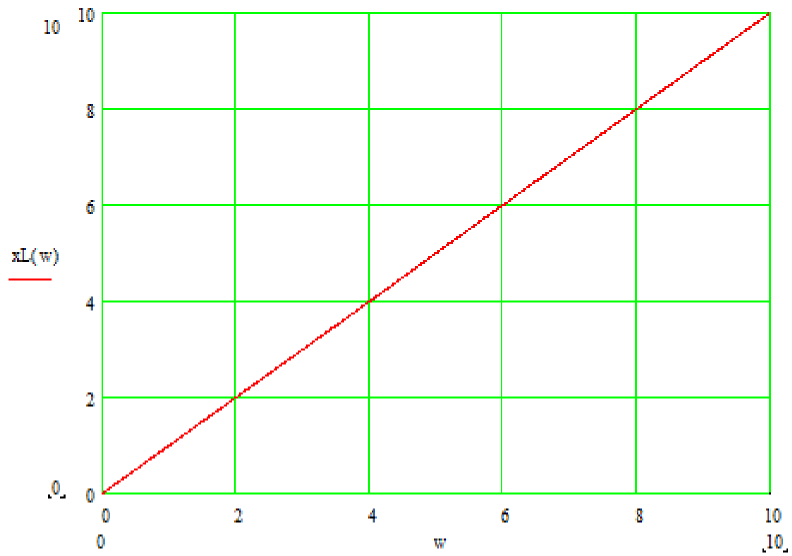


A partir del estudio analítico de la situación planteada se realizan gráficas que permiten visualizar el mencionado comportamiento en función de la frecuencia o de la pulsación

Dichos estudios se realizan en base al comportamiento de ***X*** *o* ***B*** *en un circuito frente a la variación de* ***f*** *u* ***ω***

RESPUESTA EN FRECUENCIA

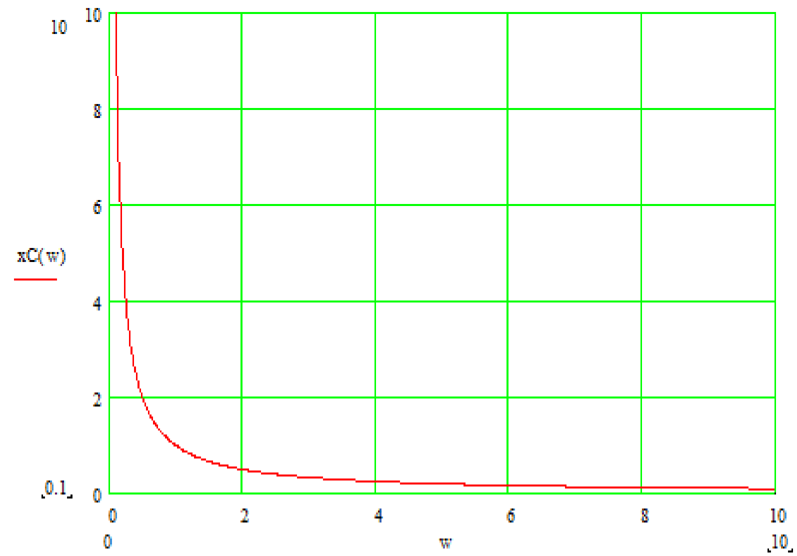
X_L *vs* $\boldsymbol{\omega}$



X_L=0 si $\boldsymbol{\omega}$=0

$X_L \rightarrow \infty$ si $\boldsymbol{\omega} \rightarrow \infty$

X_C *vs* $\boldsymbol{\omega}$



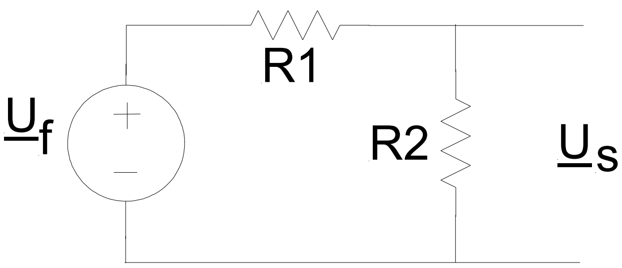
$X_C \rightarrow \infty$ si $\boldsymbol{\omega}$=0

X_C =0 si $\boldsymbol{\omega} \rightarrow \infty$

¿Qué pasa si se conecta a un circuito una fuente de tensión alterna senoidal $\boldsymbol{u_f}$ *de amplitud constante pero cuya frecuencia puede variar desde cero hasta infinito?*

RESPUESTA EN FRECUENCIA

Divisor resistivo

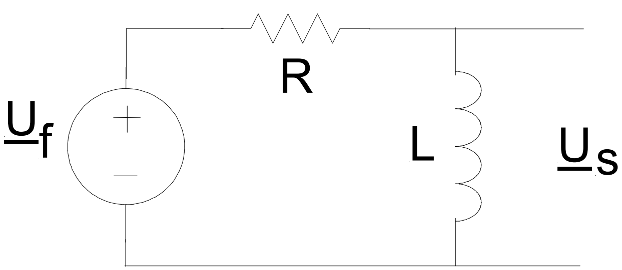


$$\underline{U}s = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}\underline{U}_f$$

No hay dependencia de la frecuencia

Funciones de ***TRANSFERENCIA***

Divisor RL



$$\underline{U}_s = \frac{jX_L}{(R + jX_L)}\underline{U}_f = \frac{1}{(1 - j\frac{R}{\omega L})}\underline{U}_f$$

Se puede separar el módulo y el argumento de la función y referenciar respecto de $\underline{U}_f$

$$\left|\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{R^2}{\omega^2 L^2}}}$$

$$Arg\left(\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right) = -arg(1 - j\frac{R}{\omega L})$$

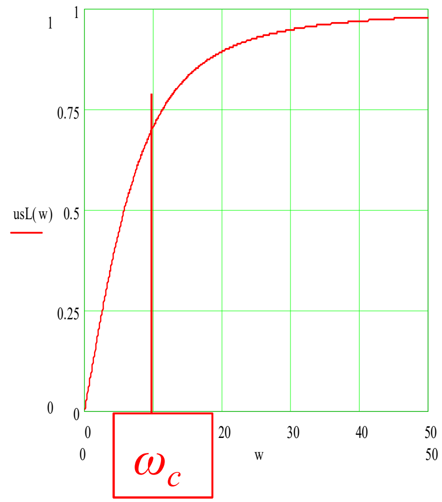
Y graficando

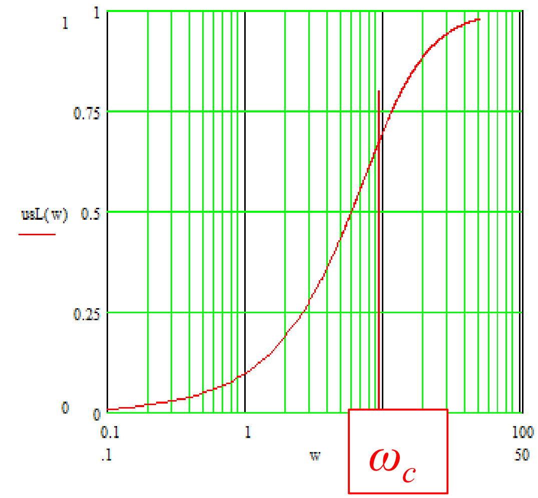
RESPUESTA EN FRECUENCIA

Módulo

$$\left|\frac{Us}{U_f}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+\dfrac{R^2}{\omega^2 L^2}}}$$

$$si \quad \omega = \omega_c = \frac{R}{L} \quad \Rightarrow \quad \left|\frac{Us}{U_f}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$$

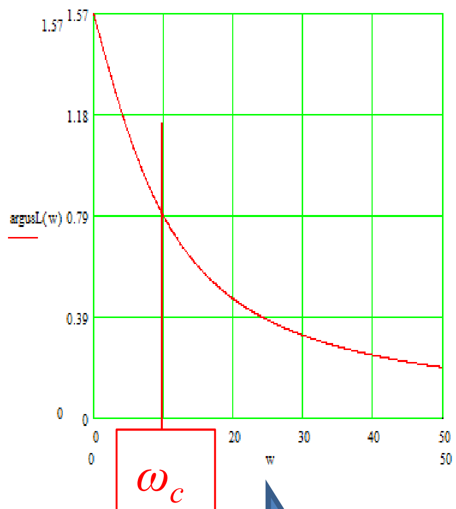


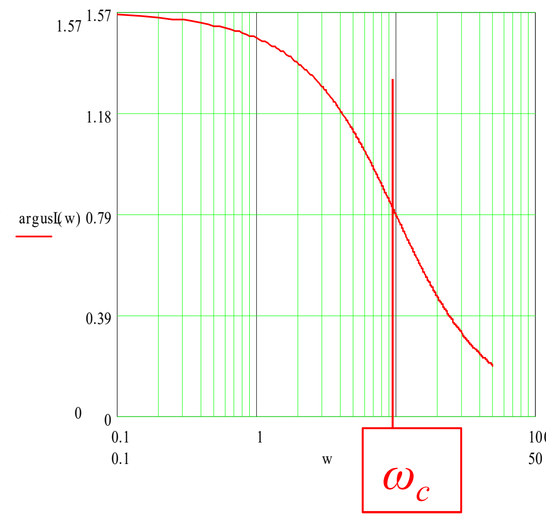


Fase

$$Arg\left(\frac{Us}{U_f}\right) = -arg(1 - j\frac{R}{\omega L})$$

$$si \quad \omega = \omega_c = \frac{R}{L} \quad \Rightarrow \quad Arg\left(\frac{Us}{U_f}\right) = \frac{\pi}{4} = 45^o$$



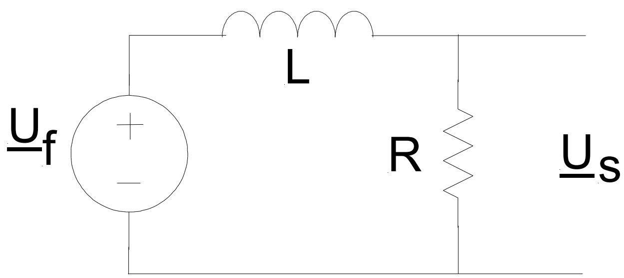


ω_c ***Pulsación de corte***

Circuito ***PASA ALTOS***

¿Se podría resolver sin hacer planteos matemáticos?

Divisor LR



$$\underline{U}s = \frac{R}{(R + jX_L)} \cdot \underline{U}_f = \frac{1}{(1 + j\dfrac{\omega L}{R})} \underline{U}_f$$

Se puede separar el módulo y el argumento de la función y referenciar respecto de $\underline{\boldsymbol{U}}_{\boldsymbol{f}}$

$$\left| \frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \dfrac{\omega^2 L^2}{R^2}}}$$

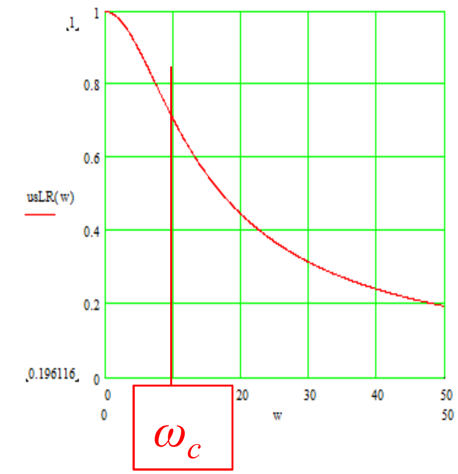
$$Arg\left(\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f} \right) = -arg(1 + j\frac{\omega L}{R})$$

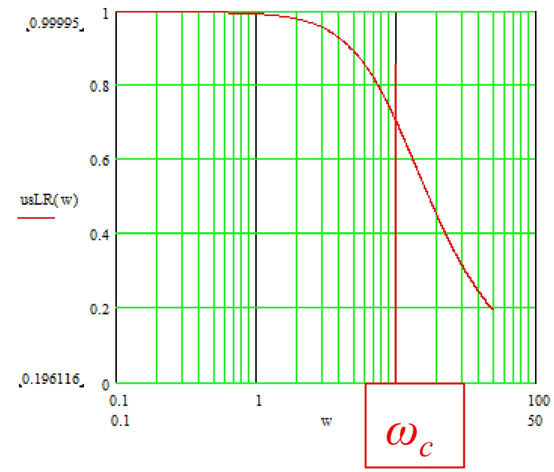
Y graficando

Módulo

$$\left|\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right| = \frac{1}{\sqrt{1+\frac{\omega^2 L^2}{R^2}}}$$

$$si \quad \omega = \omega_c = \frac{R}{L} \quad \Rightarrow \quad \left|\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right| = \frac{1}{\sqrt{2}} = 0{,}707$$

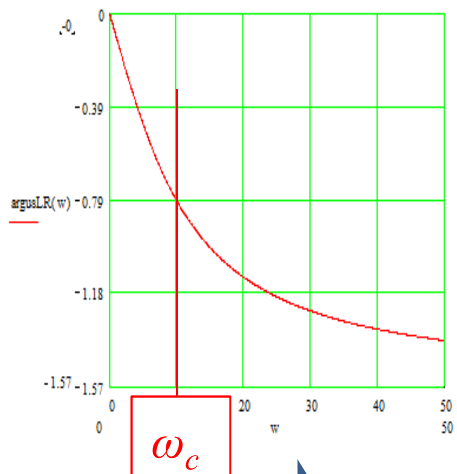


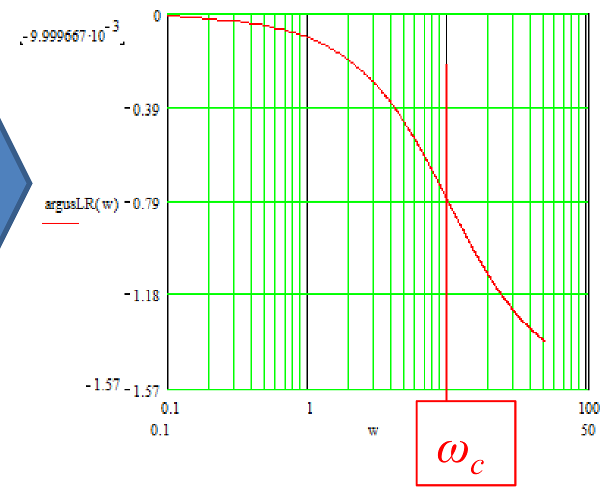


Fase

$$Arg\left(\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right) = -arg(1 + j\frac{\omega L}{R})$$

$$si \quad \omega = \omega_c = \frac{R}{L} \quad \Rightarrow \quad Arg\left(\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f}\right) = -\frac{\pi}{4} = -45^o$$



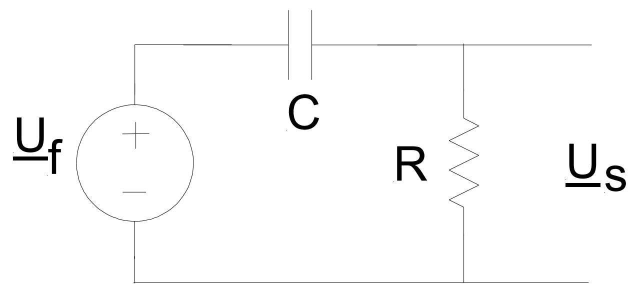


ω_c ***Pulsación de corte*** → *Circuito **PASA BAJOS***

¿Se podría resolver sin hacer planteos matemáticos?

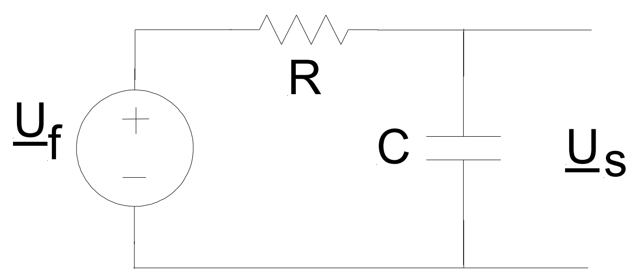
Ejercitación

Se propone resolver SIN HACER PLANTEOS MATEMÁTICOS la situación propuesta por los siguientes circuitos y comparar los resultados con los vistos anteriormente; luego realizar la verificación matemáticamente



Ayuda

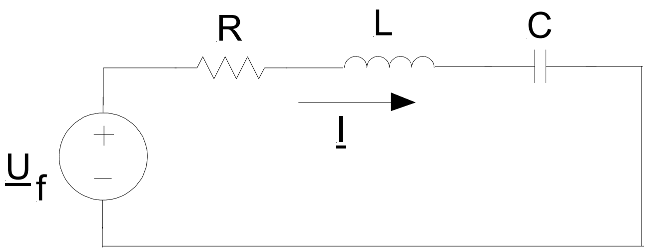
Circuito ***PASA ALTOS***



Ayuda

Circuito ***PASA BAJOS***

Estudio del circuito serie RLC



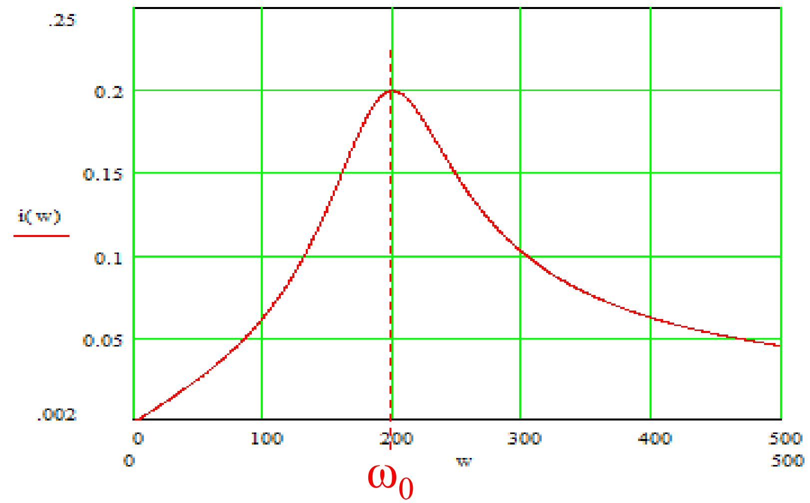
La función de ***TRANSFERENCIA*** *entre* $\underline{U}_f$ *e* $\underline{I}$ *es la* ***IMPEDANCIA*** *del circuito que, si la pulsación de la fuente es variable, resulta:*

$$\underline{Z}(\omega) = R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C} = R + j\left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)$$

si $\omega = \omega_0 = \dfrac{1}{\sqrt{LC}}$ $\Rightarrow$ $\underline{Z}(\omega_0) = R$ *y* $|\underline{I}(\omega_0)|$ *es máxima*

Luego

$$|\underline{I}(\omega)| = \frac{|\underline{U}_f|}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}}$$



ω_0 *suele denominarse:*

PULSACIÓN NATURAL DE OSCILACIÓN

Análisis de la variación del módulo de I(ω)

Cuando la corriente es máxima, la potencia es máxima

$$P_{máx} = I_{máx}{}^2 R$$

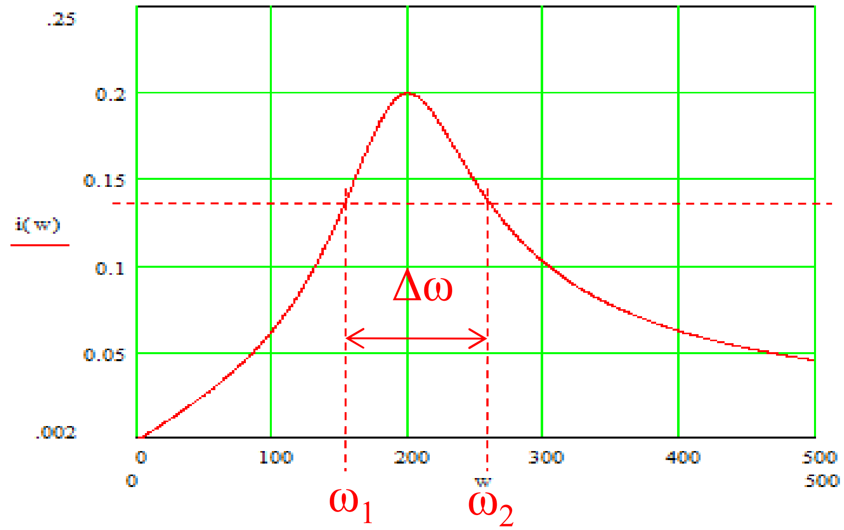
Para que la potencia sea la mitad de $P_{máx}$

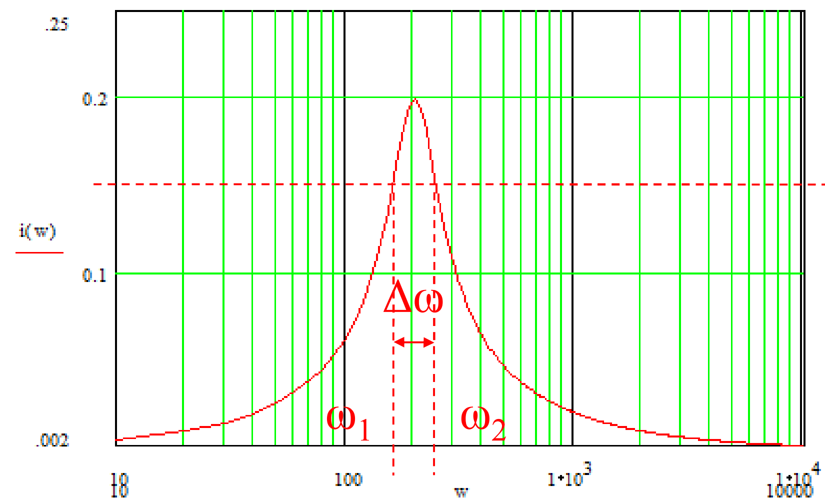
$$\frac{P_{máx}}{2} = \frac{I_{máx}{}^2 R}{2} = \frac{I_{máx}{}^2}{2} R = \left(\frac{I_{máx}}{\sqrt{2}}\right)^2 R$$

$$I\left(\frac{P_{máx}}{2}\right) = \frac{I_{máx}}{\sqrt{2}}$$

$\Leftarrow$ *No es valor eficaz*

*Los valores de **ω** que definen los dos valores de* $\boldsymbol{I_{máx}/\sqrt{2}}$ *dan lugar al denominado **ANCHO DE BANDA***





RESONANCIA

Se dice que un circuito **como el visto** *en las condiciones de* $\omega=\omega_0$ *se encuentra en* ***RESONANCIA***

Es decir, para cualquier **ω** *de la tensión de la fuente el circuito* ***"suena"****, pero si la tensión de la fuente tiene* $\omega=\omega_0$*, donde* ω_0 *es la* **pulsación natural de oscilación** *del circuito, el mismo* ***"re-suena"***

Esto significa que, al ser la pulsación de la fuente igual a la ***pulsación natural de oscilación del circuito****, puede ocurrir que las amplitudes de las señales resultantes sean eventualmente* ***muy grandes***

En dicha condición ⇒ ***corriente máxima***

Pues la fuente "ve" una ***impedancia equivalente mínima*** $(\underline{Z}(\omega_0)=R)$

Y podría ocurrir que $|\underline{U}_C| \geq |\underline{U}_f|$ *y/o* $|\underline{U}_L| \geq |\underline{U}_f|$

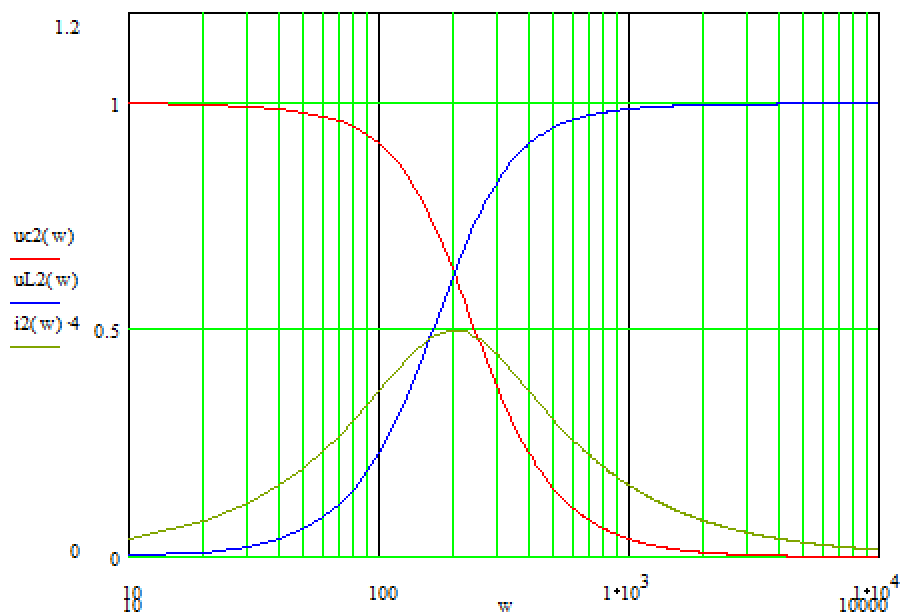
⇒ ***SOBRETENSIÓN***

RESPUESTA EN FRECUENCIA

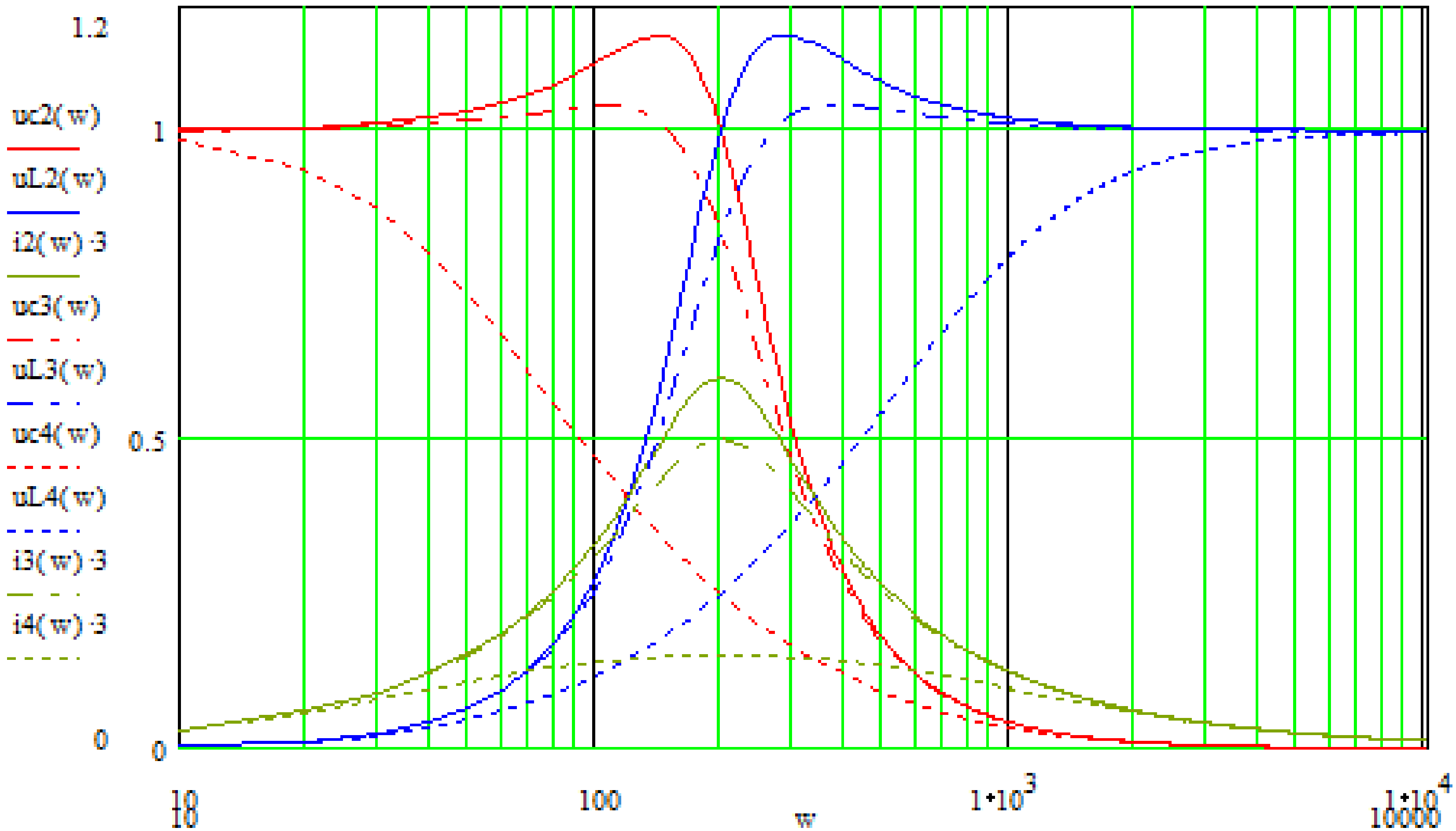
Si se calculan $|\underline{U}_C(\omega)|$ *y* $|\underline{U}_L(\omega)|$

$$\left|\underline{U}_C\right| = \left|\underline{I}\right| \cdot \left|-jX_C\right| = \frac{\left|\underline{U}_f\right|}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}} X_C \qquad \left|\underline{U}_L\right| = \left|\underline{I}\right| \cdot \left|jX_L\right| = \frac{\left|\underline{U}_f\right|}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \dfrac{1}{\omega C}\right)^2}} X_L$$

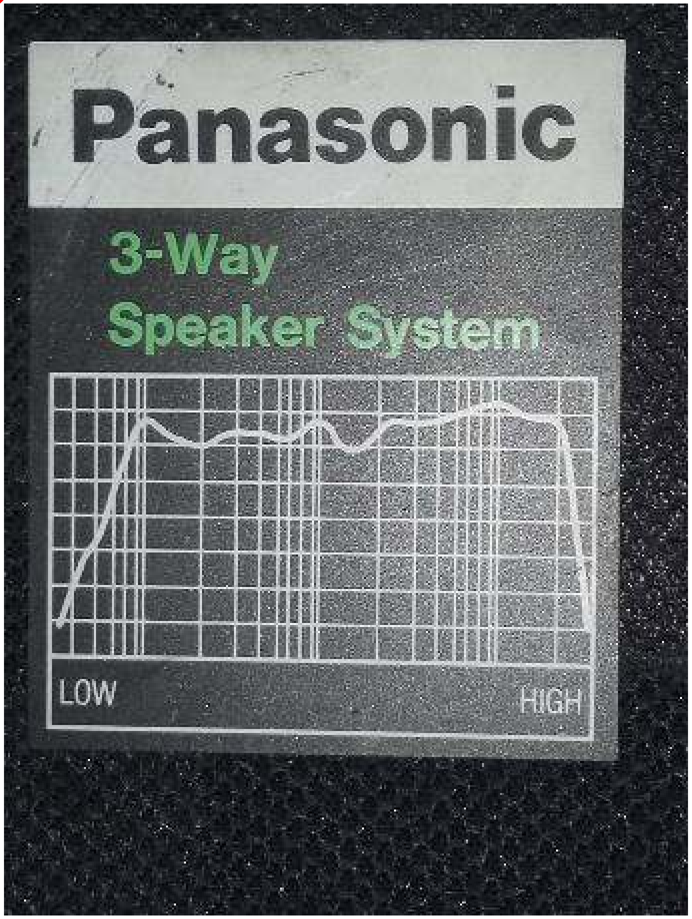
Según los valores de los elementos, las gráficas en función de la pulsación pueden ser



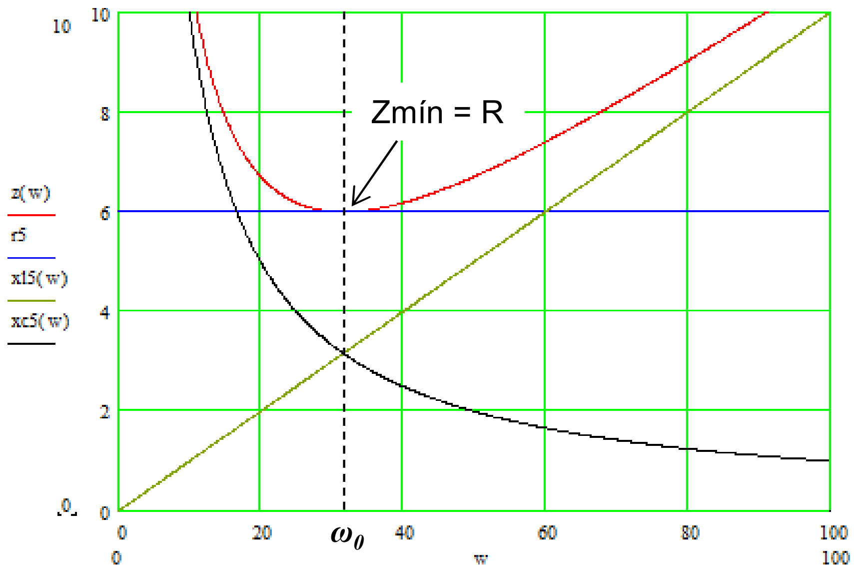
*Si se dan diferentes valores para **R** pueden resultar las siguientes familias de curvas*

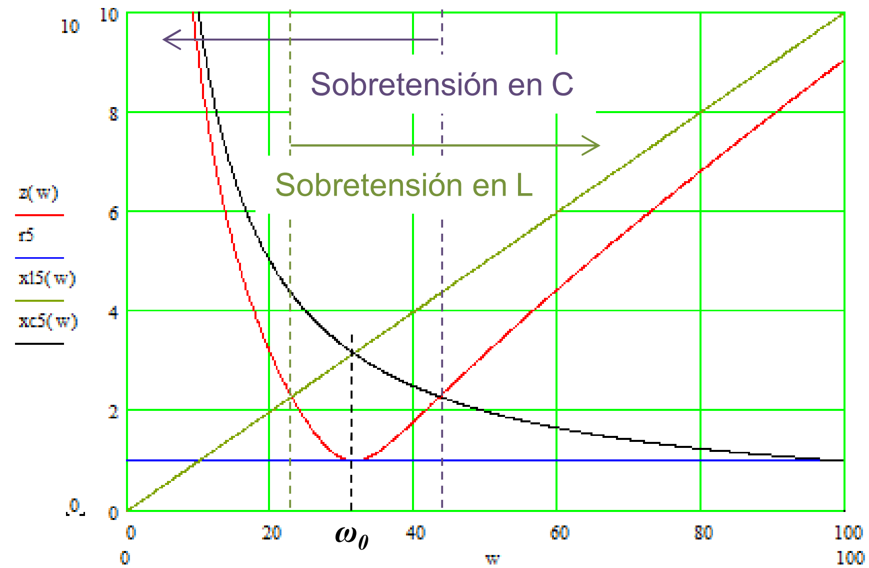


RESPUESTA EN FRECUENCIA



Variación de Z, R, X en función de ω





***R** es grande*

$|U_L|\ y\ |U_C| < |U_f|$ *siempre*

Pues $X_L\ y\ X_C < R\ a\ \omega_0$

No hay sobretensiones

***R** es chica*

$|U_L|\ y\ |U_C| > |U_f|$ *en ciertos rangos*

Pues $X_L\ y\ X_C > R\ a\ \omega_0$

Hay sobretensiones

EJERCITACIÓN

Repetir **todo lo visto** *para circuito paralelo* **GLC** *con fuente de corriente (recordar DUALIDAD)*

RESUMEN

Respuesta en frecuencia

Se estudió el comportamiento de circuitos cuando se alimentan con una fuente alterna senoidal de frecuencia variable

Aparecieron los filtros y se estudió la representación gráfica del comportamiento de su módulo y su argumento en función de **ω**

Conceptos de resonancia, sobretensión, sobrecorriente, frecuencia de corte, ancho de banda