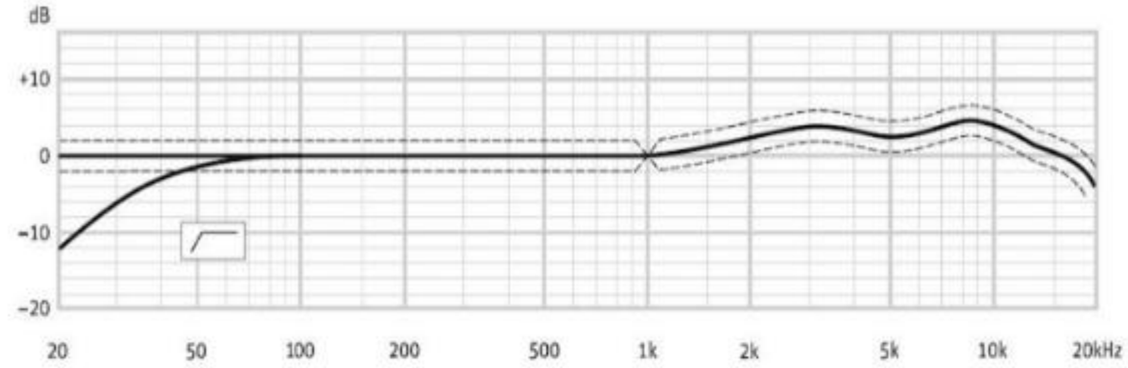
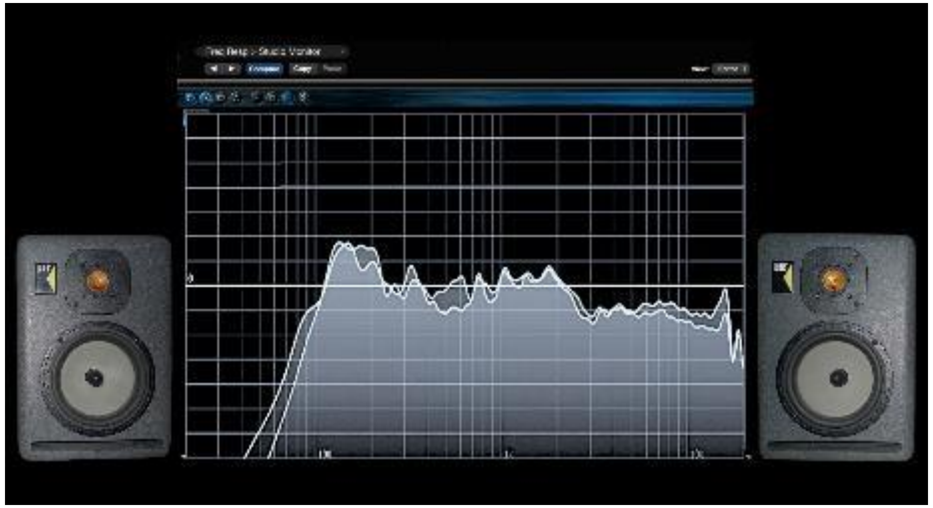
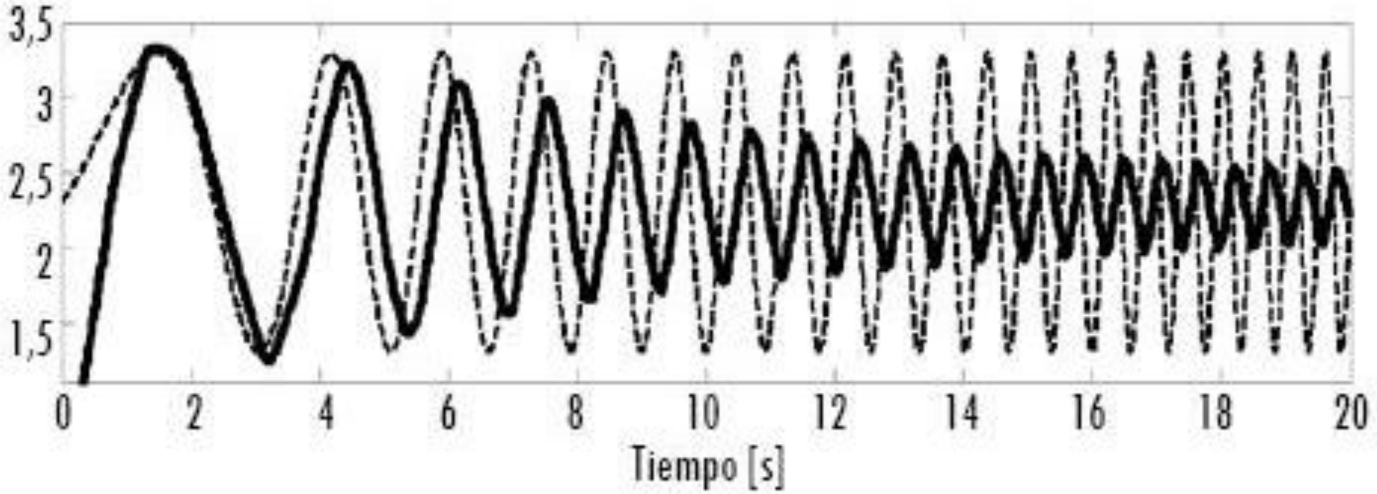
RESPUESTA EN FRECUENCIA

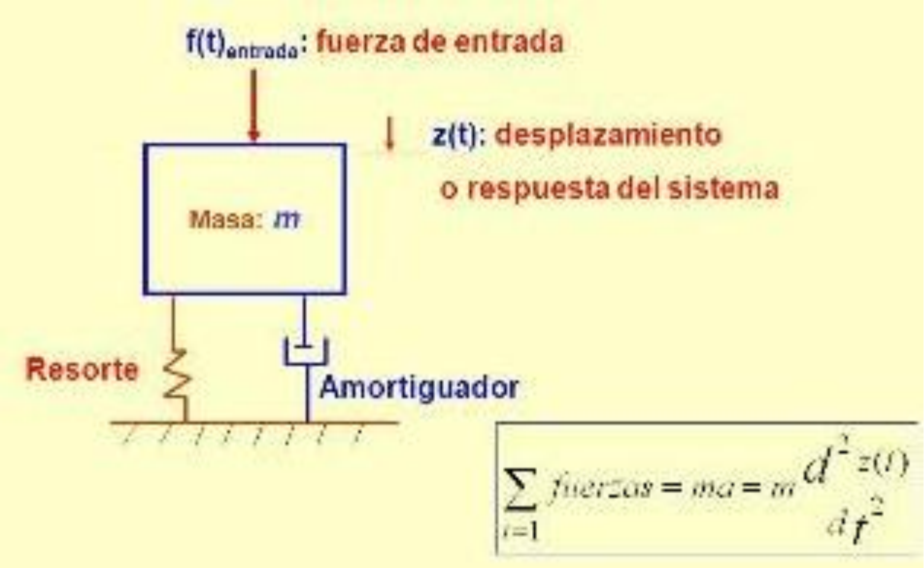
Neumann M 150



Neumann M 150 Frequency Response

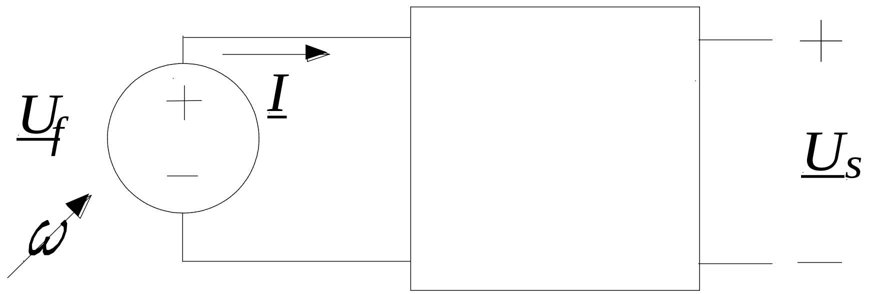






RESPUESTA EN FRECUENCIA

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

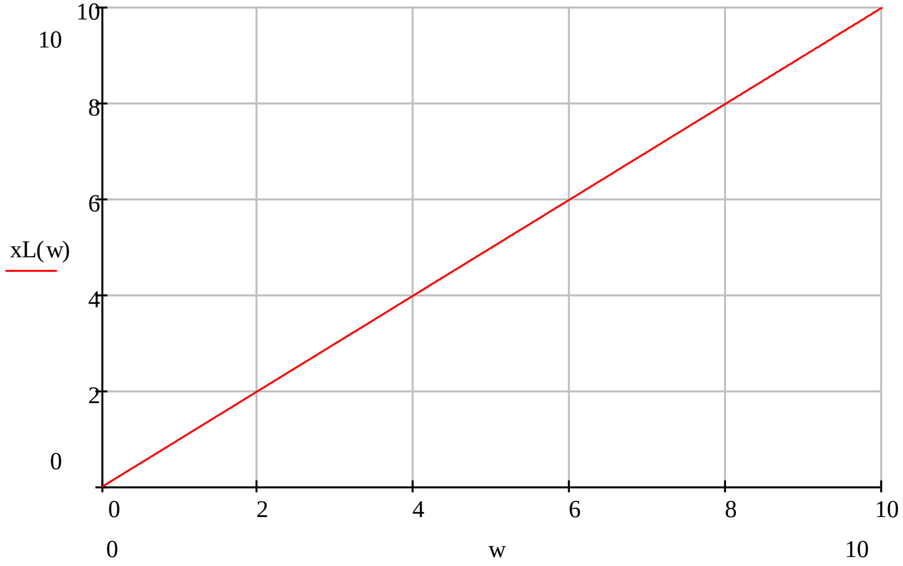


A partir del estudio analítico de la situación planteada se realizan gráficas que permiten visualizar el mencionado comportamiento en función de la frecuencia o de la pulsación

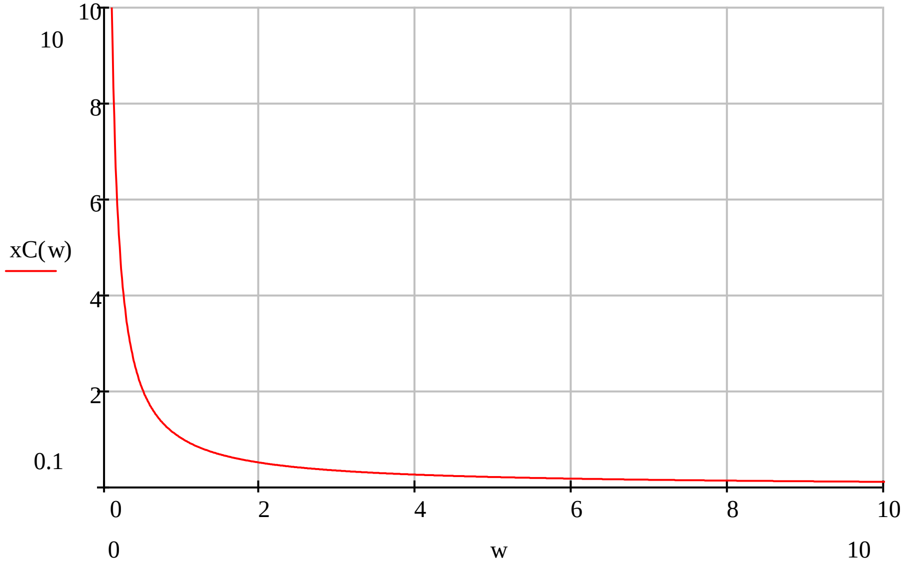
*Dichos estudios se realizan en base al comportamiento de las reactancias (**X**) o susceptancias (**B**) presentes en un circuito frente a la variación de **f** o de **ω***

RESPUESTA EN FRECUENCIA

X_L vs ω



X_C vs ω



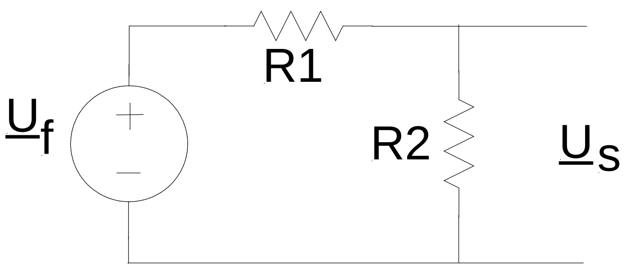
$X_L = 0 \; si \;\; \omega = 0$
$X_L \to \infty \; si \;\; \omega \to \infty$

$X_C \to \infty \; si \;\; \omega = 0$
$X_C = 0 \; si \;\; \omega \to \infty$

¿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

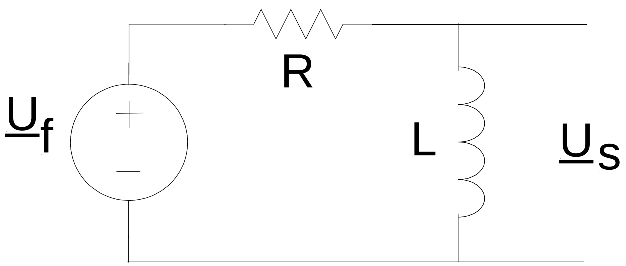


$$\underline{U}s = \frac{R_2}{(R_1 + R_2)}\underline{U}_f$$

No hay dependencia de la frecuencia

Funciones de ***TRANSFERENCIA***

Divisor RL



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

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

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

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

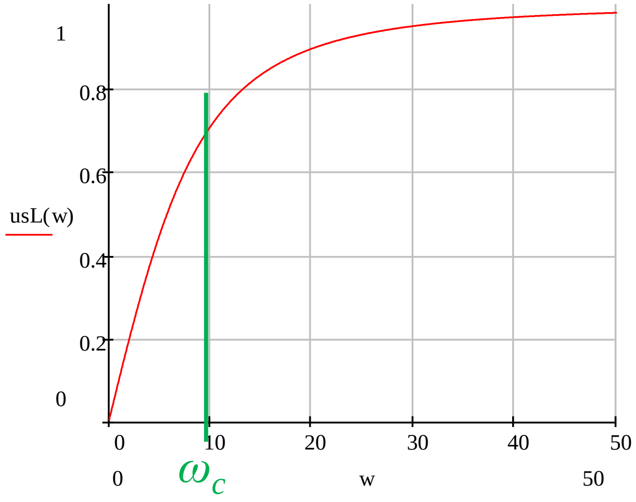
Y graficando

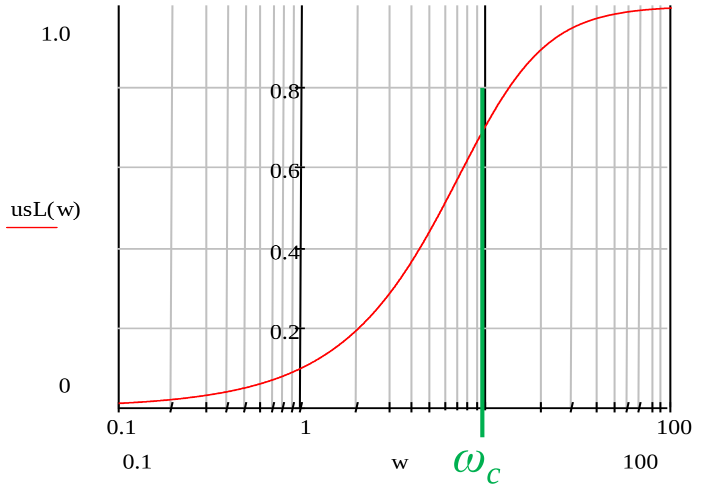
RESPUESTA EN FRECUENCIA

Módulo

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

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

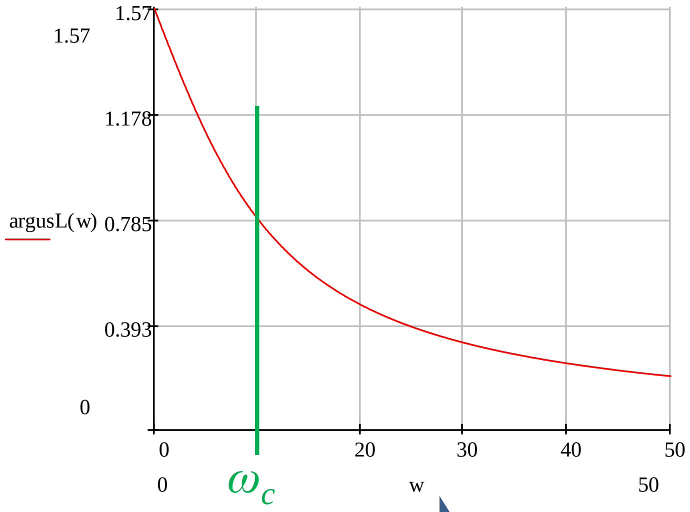


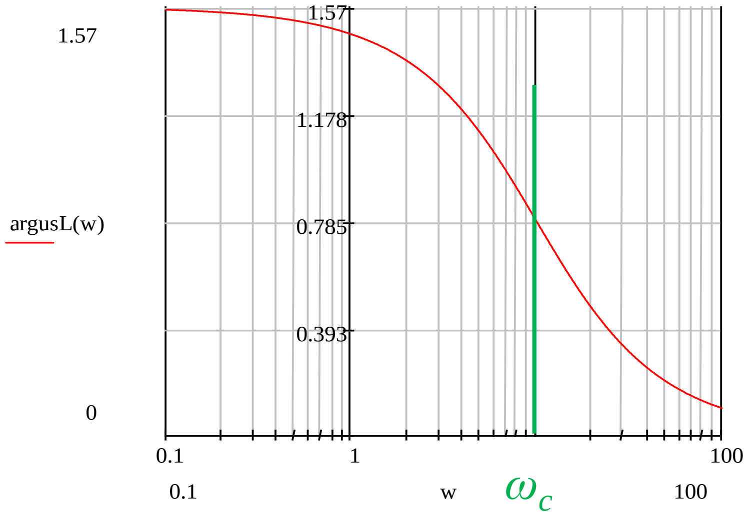


Fase

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

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

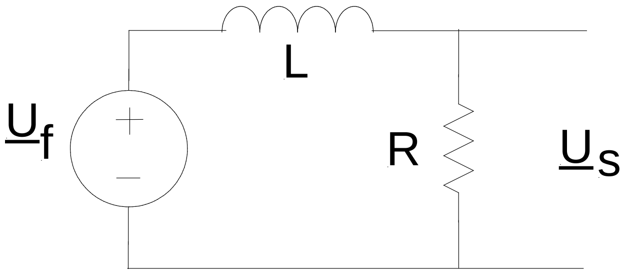




ω_c **Pulsación de corte** *Circuito* ***PASA ALTOS***

¿Se podría encontrar estas gráficas en forma aproximada sin hacer planteos matemáticos?

Divisor LR



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

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

$$\left| \frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f} \right| = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{\omega^2 L^2}{R^2}}} \qquad Arg\left(\frac{\underline{U}s}{\underline{U}_f} \right) = -arg(1 + j\frac{\omega L}{R})$$

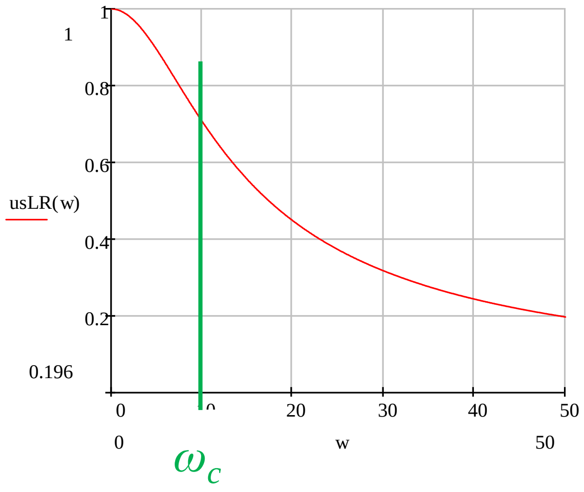
Y graficando ⇨

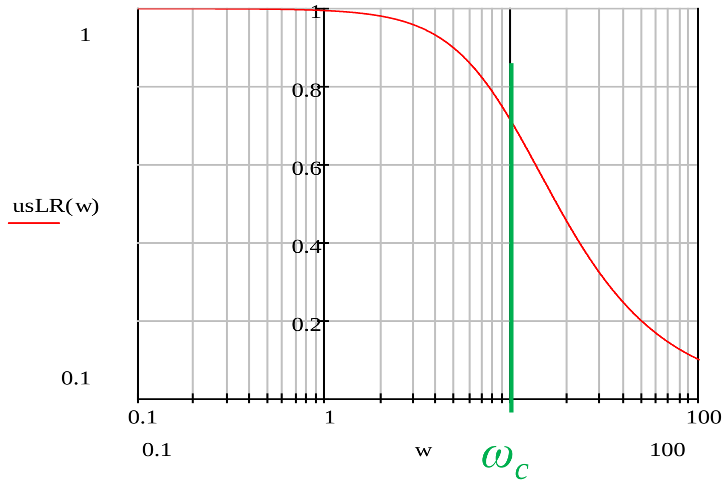
RESPUESTA EN FRECUENCIA

Módulo

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

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

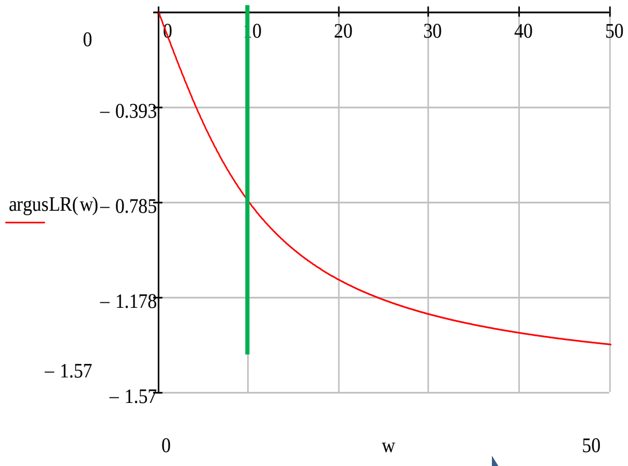


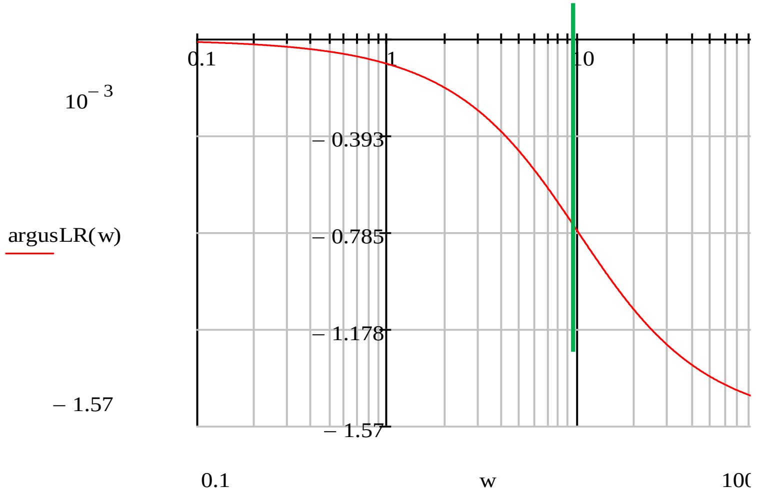


Fase

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

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



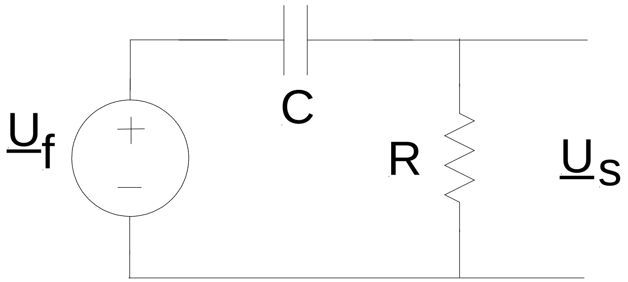


ω_c **Pulsación de corte** ⇒ *Circuito* **PASA BAJOS**

¿Se podría resolver sin hacer planteos matemáticos?

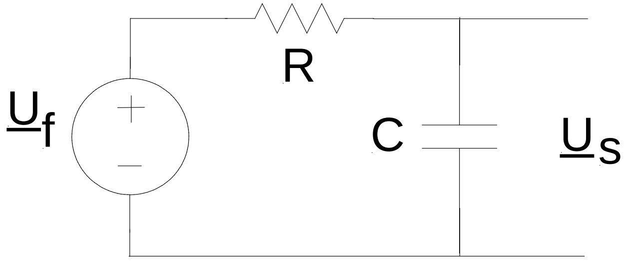
Ejercitación

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

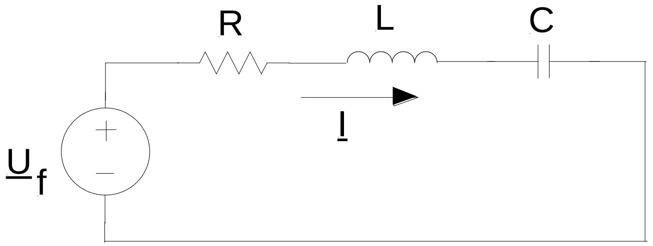
Circuito ***PASA ALTOS***



Ayuda

Circuito ***PASA BAJOS***

Estudio del circuito serie RLC



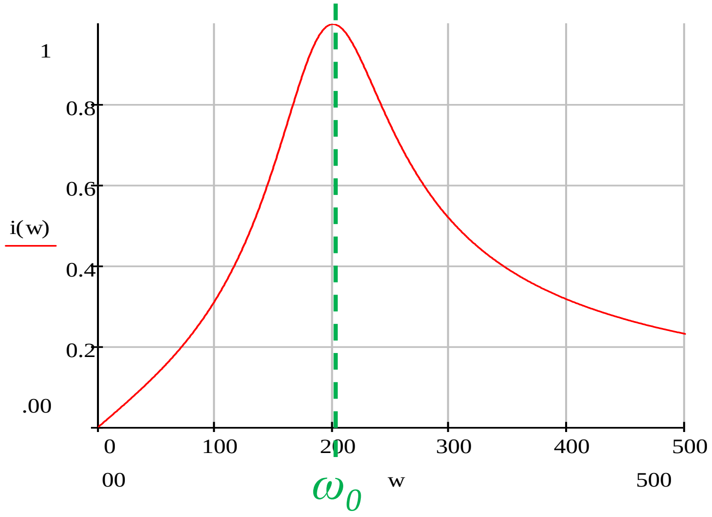
*La función de **TRANSFERENCIA** entre $\underline{U}_f$ e $\underline{I}$ es la **IMPEDANCIA** del circuito que, si la pulsación de la fuente es variable, resulta:*

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

$$si \quad \omega = \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

$$\underline{Z}(\omega_0) = R \qquad y \qquad |\underline{I}(\omega_0)| \quad \text{es máxima}$$

$$Luego \qquad |\underline{I}(\omega)| = \frac{|U_f|}{\sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$$



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:

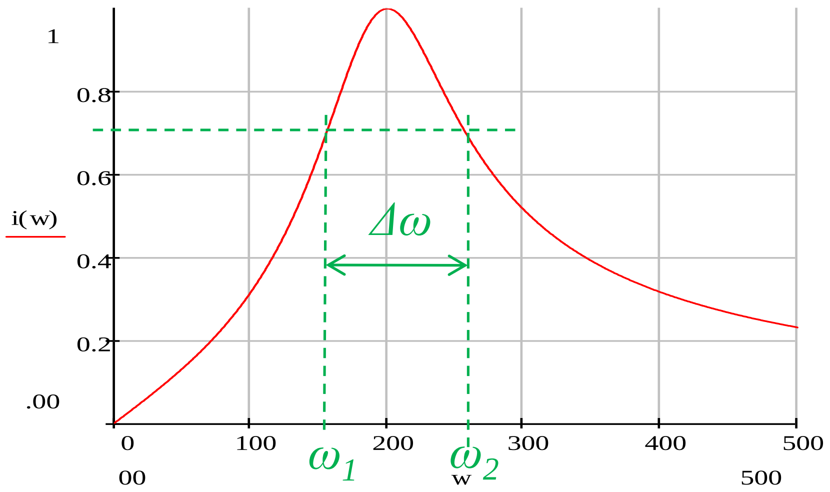
$$P_{máx} = I_{ef\,máx}^{\;2} R$$

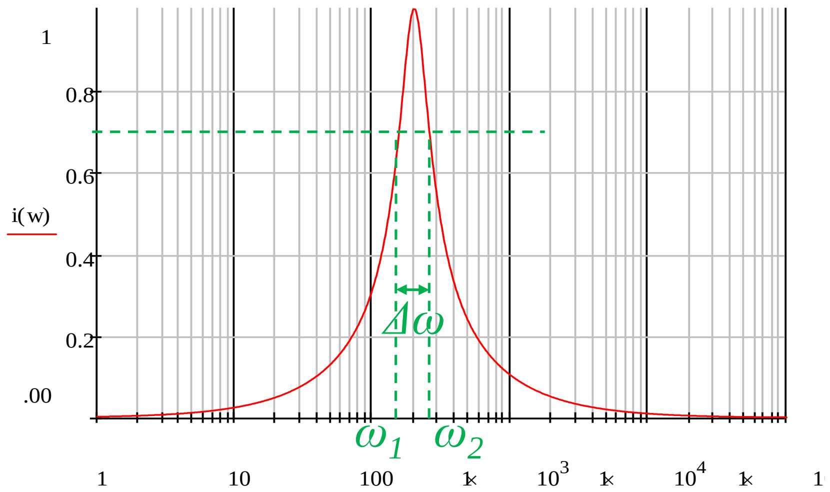
Para que la potencia sea la mitad de $P_{máx}$

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

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

Los valores de ***ω*** *que definen los dos valores de* $\boldsymbol{I_{máx}/\sqrt{2}}$ ***(ω₁ y ω₂)*** *dan lugar al denominado* ***ANCHO DE BANDA Δω***





RESONANCIA

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

?

Es decir, para cualquier $\boldsymbol{\omega}$ *de la tensión de la fuente el circuito* ***"suena"****, pero si la tensión de la fuente tiene* $\boldsymbol{\omega=\omega_0}$*, donde* $\boldsymbol{\omega_0}$ *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* $|\underline{U}_L| \geq |\underline{U}_f|$

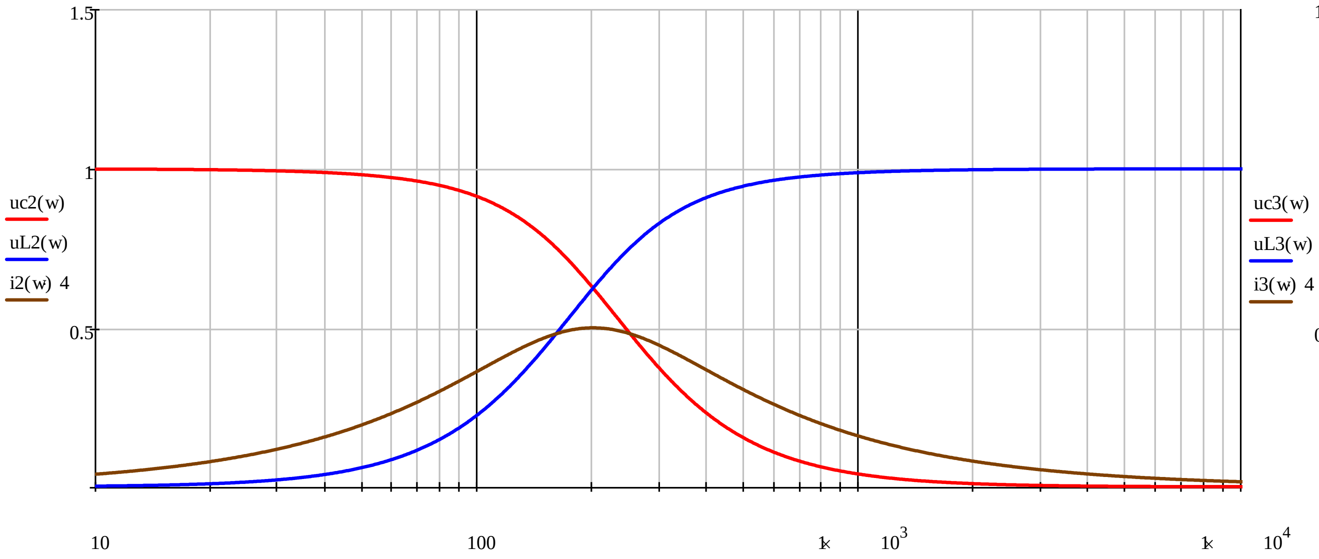
⇨ ***SOBRETENSIÓN***

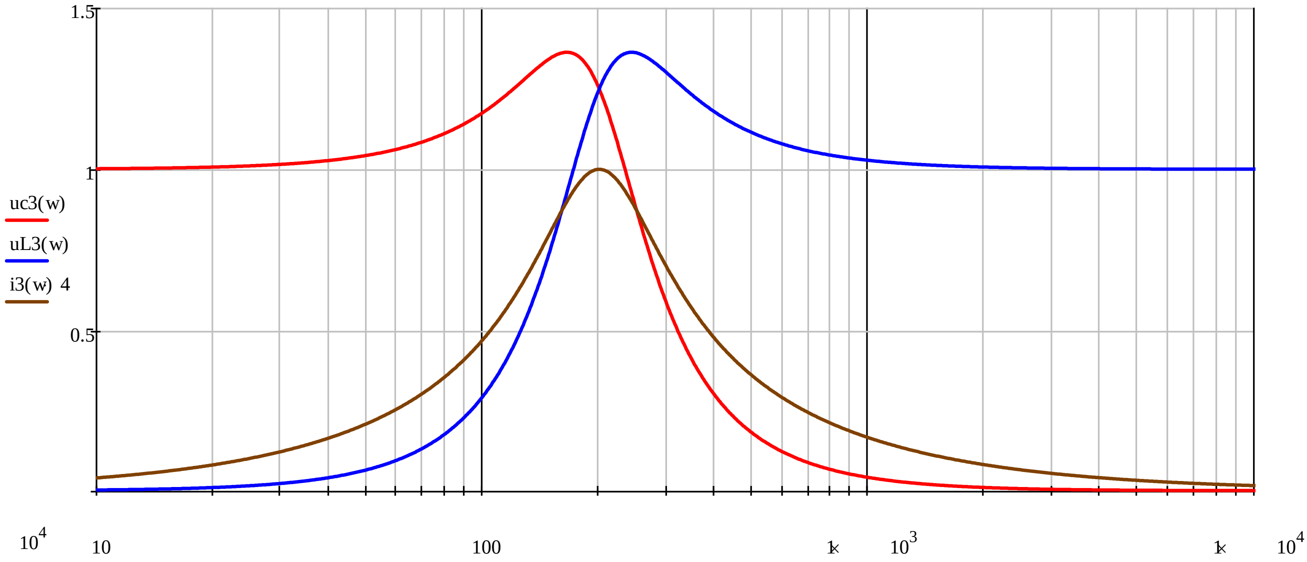
RESPUESTA EN FRECUENCIA

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

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

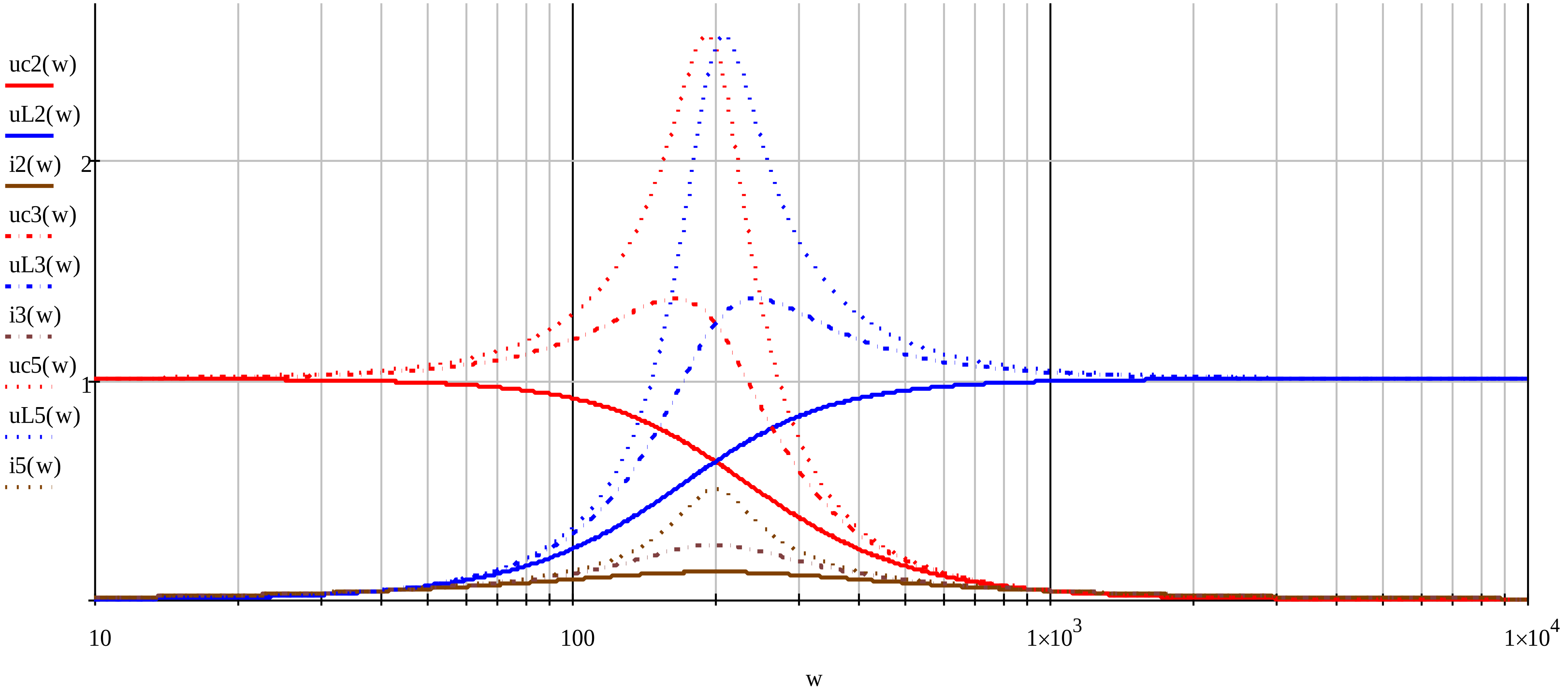
Según los valores de los elementos, las gráficas en función de la pulsación pueden ser



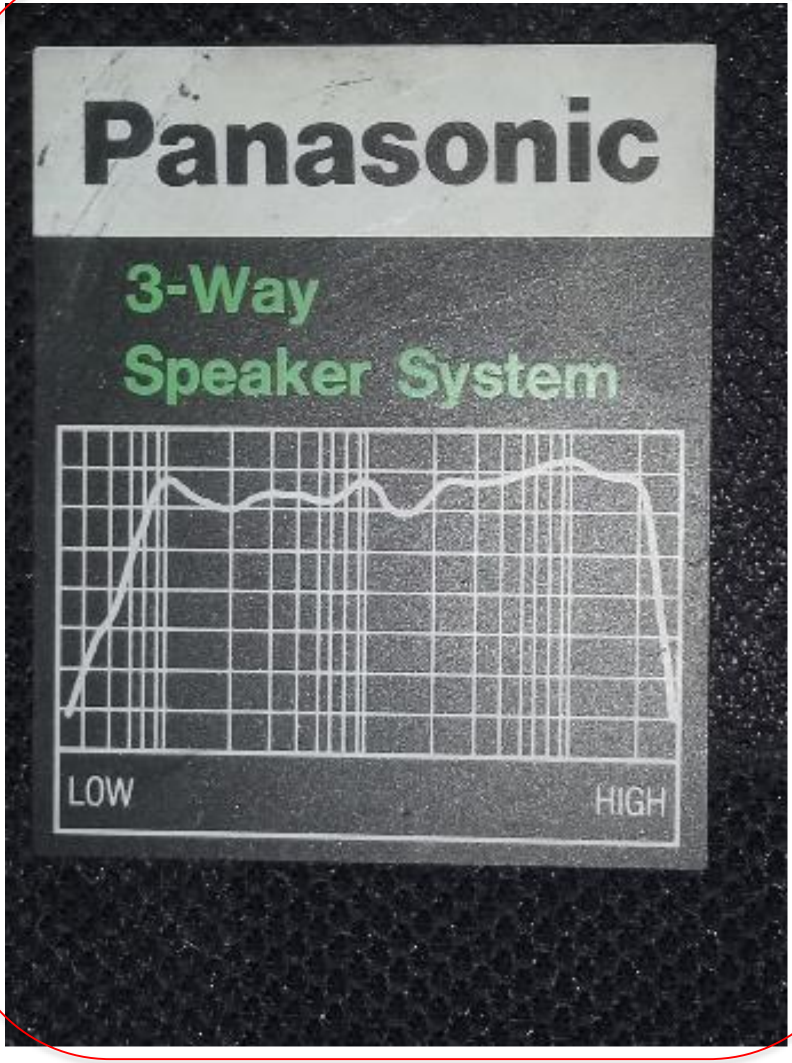


RESPUESTA EN FRECUENCIA

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

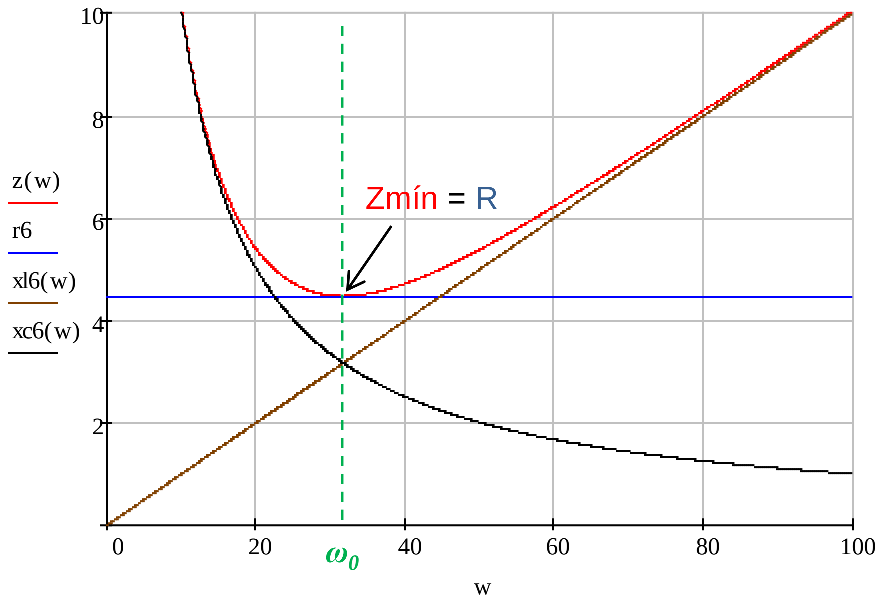


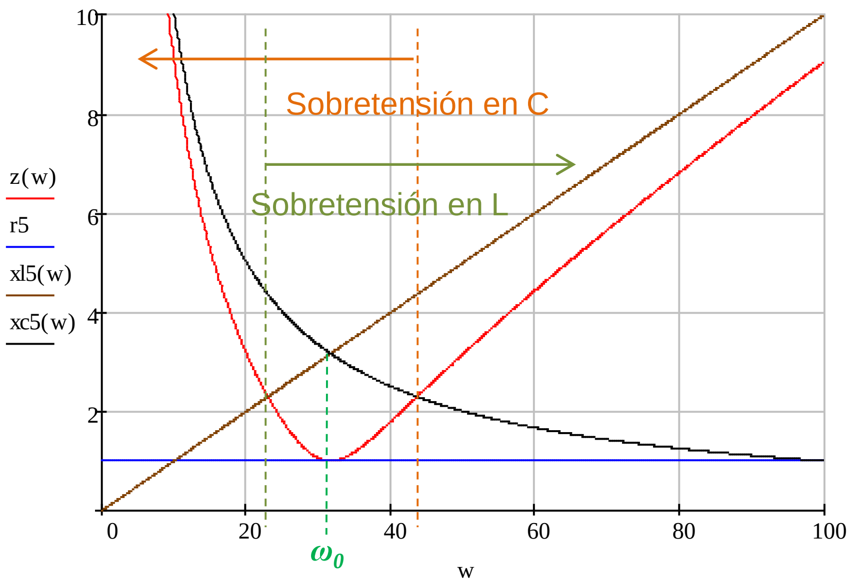
RESPUESTA EN FRECUENCIA



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* ω_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* ω_0

Hay sobretensiones

EJERCITACIÓN

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

RESPUESTA EN FRECUENCIA

RESUMEN

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

Se planteó la idea de ***filtro*** *y se estudió la representación gráfica del comportamiento de su módulo y su argumento en función de* ω

Surgieron los conceptos de resonancia, sobretensión, sobrecorriente, frecuencia de corte, ancho de banda

BIBLIOGRAFÍA

- *Circuitos eléctricos. Parte 2*. Morcelle-Deorsola. Cap 2.
- *Circuitos eléctricos y magnéticos*. Spinadel. Cap 4.
- *Principios de electrotecnia. Tomo I*. Zeveke - Ionkin. Cap X.
- *Principios y aplicaciones de ingeniería eléctrica*. G. Rizzoni. Cap 6.
- *Circuitos eléctricos*. Nilsson. Cap 14.
- *Circuitos en ingeniería eléctrica*. Skilling. Cap 6.
- *Circuitos eléctricos*. Dorf. Cap 13.
- *Principios de electrotecnia*. Zeveke-Ionkin. Cap X.
- *Análisis básico de circuitos eléctricos*. Johnson-Hilburn-Johnson.Cap 15.
- *Análisis de circuitos en ingeniería*. Hayt-Kemmerly. Cap 13.