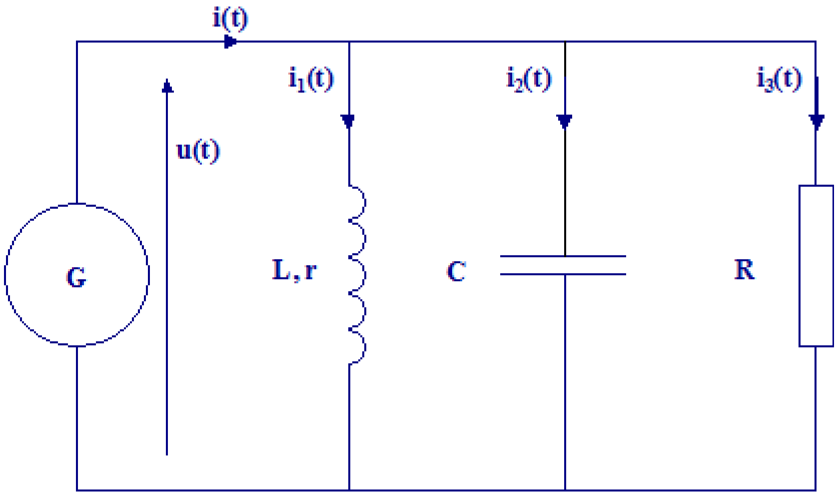
Animation

Circuit bouchon

Animation

par Gilbert Gastebois

1. Schéma du montage en parallèle.



L, r : Bobine d'inductance L et de résistance r

C : Condensateur de capacité C

R : Résistance de grande valeur (Ex : résistance de fuite du condensateur)

G : Générateur de tension sinusoïdale $u(t) = U\, e^{j\,\omega t}$

$i = i_1 + i_2 + i_3$

2. Expression de l'intensité i(t)

$u = r\, i_1 + L di_1/dt$

$u = q/C$ et $i_2 = dq/dt$

$u = Ri_3$

On pose $i_1 = I_1\, e^{j\,\omega t}$

$u = (\,r + j\,L\omega\,)\, I_1\, e^{j\,\omega t}$ donc $i_1 = u/(\,r + j\,L\omega\,)$

On pose $i_2 = I_2\, e^{j\,\omega t}$

$u = (1/jC\omega\,)\, I_2\, e^{j\,\omega t}$ donc $i_2 = j\,C\omega\, u$

$u = Ri_3$ donc $i_3 = u/R$

$i = i_1 + i_2 + i_3 = (1/R + 1/(\,r + j\,L\omega\,) + j\,C\omega\,)\, u = (1/R + (\,r - j\,L\omega\,)/(r^2 + L^2\omega^2) + j\,C\omega\,)u$

$\mathbf{i = (1/R + r/(r^2 + L^2\omega^2) + j\,(C\omega - L\omega/(r^2 + L^2\omega^2)))\, u = u/z}$ (z est l'impédance complexe du circuit)

3. Expression de l'amplitude de i en fonction de la fréquence

$i = (1/R + r/(r^2 + L^2\omega^2) + j\,(C\omega - L\omega/(r^2 + L^2\omega^2)))\, U\, e^{j\,\omega t} = 1/Z\, e^{j\,\varphi}\, U\, e^{j\,\omega t}$

$i = U/Z\, e^{j\,(\omega t + \varphi)}$ avec

$\mathbf{1/Z = ((1/R + r/(r^2 + L^2\omega^2))^2 + (C\omega - L\omega/(r^2 + L^2\omega^2))^2)^{1/2}}$

$\mathbf{\tan\varphi = (C\omega - L\omega/(r^2 + L^2\omega^2))/(1/R + r/(r^2 + L^2\omega^2))}$

$\mathbf{I = ((1/R + r/(r^2 + L^2\omega^2))^2 + (C\omega - L\omega/(r^2 + L^2\omega^2))^2)^{1/2}\, U}$

r est en général très petit devant $L\omega$ donc on a approximativement

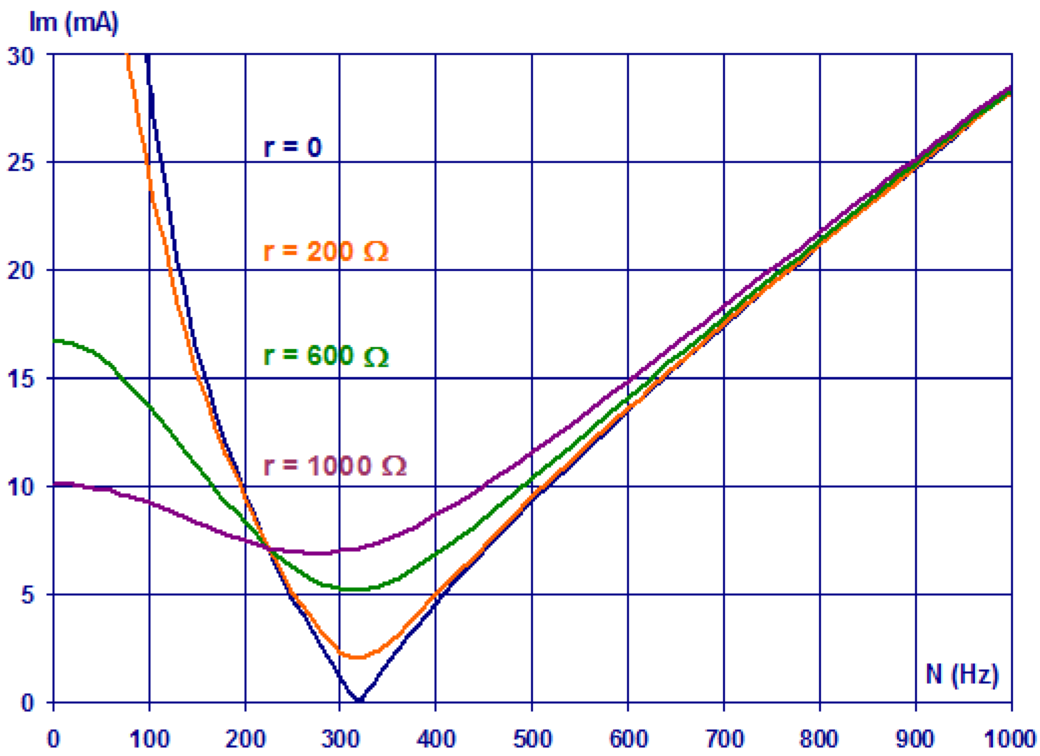
$I = (1/R^2 + (C\omega - 1/L\omega)^2)^{1/2}\, U$

I passe par un minimum quand $C\omega_o = 1/ L\omega_o$

$\omega_o = (1/LC)^{½}$

On a alors I = Im = U/R qui est proche de zéro car R est très grand. Le courant ne passe plus dans le circuit pour la pulsation ω_o dite pulsation d'antirésonance.

On comprend ainsi l'expression "circuit bouchon". Le courant est très faible au voisinage de ω_o.



Amplitude de la tension U = 10 V

Résistance R = 100000 Ω

Bobine L = 0,5 H et r

Condensateur C = 0,5 µF

No = ω_o/(2π) = (1/LC)^{½}/(2π) = 318 Hz Rq : ω_m dépend un peu de r, mais reste très proche de $\omega_o = (1/LC)^{½}$ tant que r n'est pas trop grande.

Si R est très grand, pour $N = N_o/2^{½}$, toutes les courbes passent par le même point $I_m = U/ (2^{½}L\omega_o)$ donc pour cette fréquence I_m ne dépend pas de r ! Tout se passe comme si aucun courant ne passait dans la bobine, pourtant il y passe bel et bien. C'est assez surprenant.

4. Etude physique du phénomène d'antirésonance

Supposons que l'on construise le circuit de la manière suivante :
On branche une bobine de résistance négligeable sur le générateur réglé à la pulsation $\boldsymbol{\omega_o}$, on observe un courant d'amplitude $U/L\boldsymbol{\omega_o}$
On ajoute en parallèle le condensateur, il y circule un courant d'amplitude $C\boldsymbol{\omega_o}U = U/L\boldsymbol{\omega_o}$ et le courant i s'annule !
Comment se fait-il qu'en ajoutant un élément en parallèle sur un autre, l'intensité diminue ?
Ne devrait-elle pas augmenter puisque les deux intensités s'ajoutent ?
Elles s'ajoutent, mais algébriquement et pour $\boldsymbol{\omega_o}$ les intensités ont même amplitude, mais elles sont en opposition de phase, ce qui fait que leur somme est nulle.
Quand les électrons "descendent" dans la bobine, la même quantité "monte" dans le condensateur et vice-versa, ce qui fait qu'aucun électron ne va vers le générateur.
Le circuit LC est comme déconnecté de l'extérieur, il oscille sur lui-même à sa pulsation propre $\omega_o = (1/LC)^{½}$. Bien sûr cela ne se produit qu'à cette valeur de la pulsation. Pour une autre valeur, le circuit est forcé et on a un courant extérieur.