

Comment ça marche ?

Les circuits réactifs (13)

Circuits oscillants parallèles couplés (1)

Par le radio-club F6KRR

Dans le dernier "Comment ça marche", nous avons vu le couplage entre deux bobines qualifié par un coefficient "K". Nous allons voir maintenant l'effet de ce coefficient quand les bobines font partie de circuits oscillants.

Objet de l'étude

Il s'agit, en vue d'obtenir un filtrage passe-bande, de remplacer un circuit oscillant parallèle par deux circuits parallèles couplés. Considérons la figure 1.

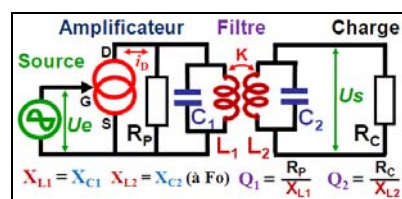


Figure 1

Nous avons un étage amplificateur similaire à celui de la fig.1 du précédent "comment ça marche", mais en remplaçant le circuit oscillant parallèle unique par deux circuits couplés. Comme précédemment, nous étudierons la variation de U_s en fonction de la fréquence.

Indices de couplage

Nous avons déjà vu le coefficient K (compris entre zéro et un) qui qualifie un couplage existant entre deux bobines isolées. Qu'en est-il quand ces bobines font partie de circuits oscillants (parallèles) ? On ne traitera que le cas où les fréquences de résonance des deux circuits sont identiques.

Nous avons vu également qu'avec un circuit oscillant parallèle, Q représentait le rapport entre le courant dans la charge et le courant échangé entre le condensateur et la bobine. En conséquence le champ électromagnétique produit par la bobine est Q fois plus important, et le couplage entre deux circuits le sera aussi. On définit alors un nouvel indice de couplage $n = K \times Q'$ avec $Q' = \text{racine de } (Q_{Lp} \times Q_{Ls})$. On voit que n peut être très supérieur à 1, même avec un faible coefficient de couplage K ⁽¹⁾.

Selon que n est inférieur, égal ou supérieur à un couplage transitionnel et selon le rapport $\alpha = Q_p / Q_s$ ⁽²⁾, nous aurons une réponse différente du système. En dessous du couplage transitionnel, il n'y a qu'un seul maximum à la fréquence centrale. Au dessus, il y a deux maxima disposés de part et d'autre de la fréquence centrale avec un écart d'autant plus important et un creux d'autant plus profond que le couplage est élevé.

Dans le cas où $\alpha = 1$ ($Q_p = Q_s$), nous avons les réponses de la figure 2.

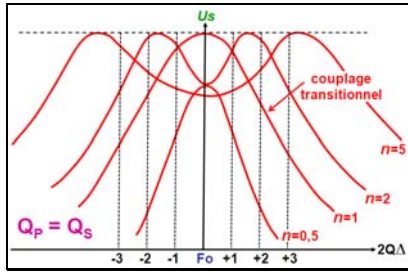


Figure 2

Dans ce cas le couplage transitionnel est égal au couplage critique pour lequel $n=1$. Maintenant pour $\alpha = 10$ ($Q_p = Q_s \times 10$), nous avons les réponses de la figure 3.

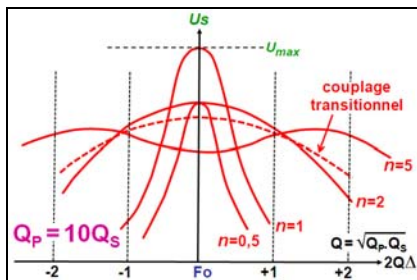


Figure 3

Dans ce cas U_s est toujours maximum pour le couplage critique ($n=1$), mais le couplage transitionnel a lieu pour $n=2,25$, valeur dépendant du rapport α . On définit alors un nouvel indice de couplage ν (nu) lié à n selon la valeur de α , et égal à 1 pour le couplage transitionnel. Voir la relation entre n et ν sur la figure 4 qui représente par ailleurs les courbes générales de sélectivité en fonction de l'indice de couplage ν .

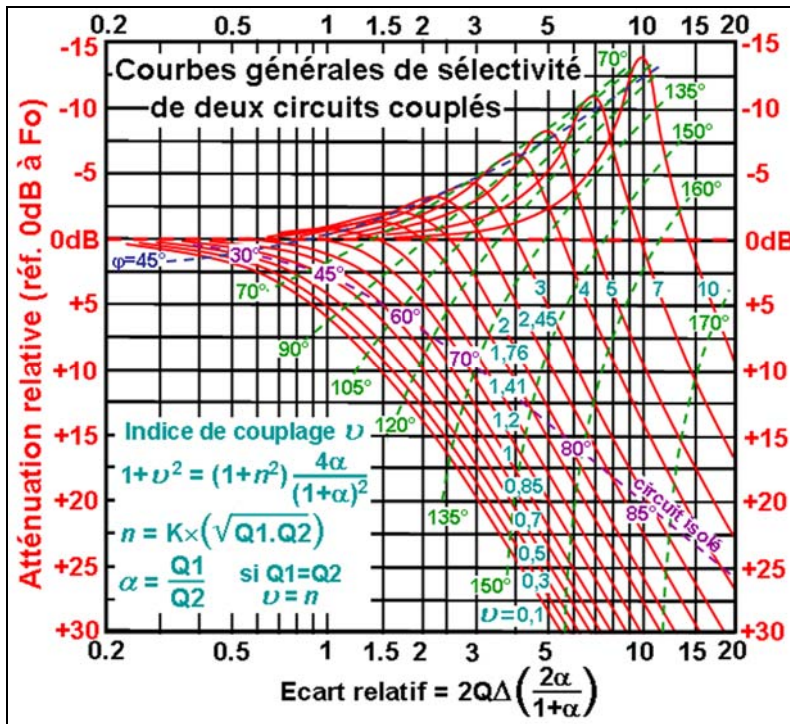


Figure 4

Pour $Q_p=Q_s$ ($Q_1=Q_2$), $n = \nu$. Sinon on obtient l'écart de fréquence pour une atténuation donnée en multipliant $2Q\Delta$ par l'expression $2\alpha / (1+\alpha)$ (qui vaut 1 pour $Q_1=Q_2$ car alors $\alpha=1$).

Bien faire la différence entre le couplage critique ($n=1$) pour lequel la tension de sortie est maximum et le couplage transitionnel ($\nu=1$) pour lequel la réponse à l'intérieur de la bande passante est la plus plate.

Variations de phase

Sur la figure 4, elles sont figurées en violet pour un circuit isolé, et en bleu ou vert pour deux circuits couplés. Nous voyons que plus l'indice de couplage est élevé et plus la variation de phase est rapide aux limites de la bande passante. Ceci entraîne un temps de propagation de groupe (retard) qui augmente rapidement également.

Dans le prochain "Comment ça marche" nous continuerons avec le couplage capacitif.

La Rubrique "Comment ça marche ?" est une activité collective du radio-club F6KRRK (<http://www.f6krk.org>). Pour une correspondance technique concernant cette rubrique : "f5nb@ref-union.org".

Notes.

- 1) *On peut ainsi réaliser des transformateurs HF bande étroite avec des bobines à air peu couplées ($K \ll 1$).*
- 2) *Cas le plus souvent rencontré. Mais c'est réversible ($\alpha = Q_s/Q_p$ si $Q_s > Q_p$)*