- PROBLEME D' ELECTRONIQUE 1 -

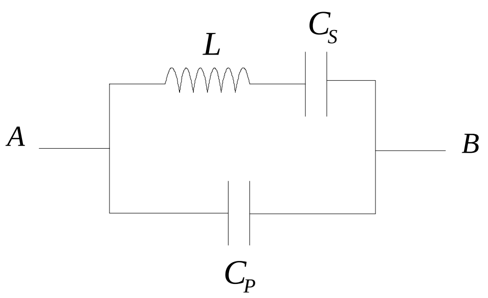
• ENONCE :

« Etude d'un oscillateur sinusoïdal à quartz »

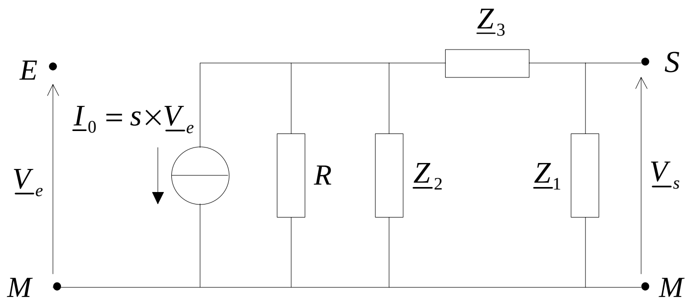
I. Etude d'un cristal piézoélectrique en régime sinusoïdal forcé

• Une lame de quartz taillée de façon à utiliser les propriétés piézoélectriques de ce matériau (rappelons qu'un tel matériau permet de transformer des vibrations électriques en vibrations mécaniques et réciproquement), est placée entre deux électrodes métalliques planes constituant les bornes A et B du système.

• Si l'on néglige tout phénomène d'amortissement, le cristal peut être représenté du point de vue électrique par le schéma équivalent de la figure 1.



- figure 1 -



- figure 2 -

1.1) Calculer l'impédance $\underline{Z}$ présentée par le quartz entre ses bornes A et B ; montrer que l'on peut mettre cette impédance sous la forme :

$$\boxed{\underline{Z} = jX = -j\frac{\omega^2 - \omega_s^2}{C_P\omega(\omega^2 - \omega_p^2)}}$$

Expliciter ω_s et ω_p

1.2) On pose $a = \dfrac{C_S}{C_P}$; exprimer ω_P en fonction de ω_s et a.

1.3) On donne : $L = 20H;\ C_S = 0{,}05pF;\ C_P = 25pF$; calculer ω_s et $\dfrac{\Delta\omega}{\omega_s} = \dfrac{\omega_p - \omega_s}{\omega_s}$.

1.4) Représenter graphiquement X et $|X|$ en fonction de ω ; indiquer le domaine de fréquence où le quartz présente un comportement inductif.

II. Principe d'un oscillateur à réaction

• Le schéma équivalent en « boucle ouverte » d'un oscillateur à réaction est représenté par le circuit de la figure 2 ; la source de courant $i_0(t)$ est « commandée » par la tension $v_e(t)$ présente entre les bornes E et M du montage.

 Christian MAIRE

• Ce courant est relié à la grandeur de commande par la relation :

$\boxed{i_0(t) = s \times v_e(t)}$ ou $\boxed{\underline{I}_0 = s \times \underline{V}_e}$ (lorsque les grandeurs sont harmoniques)

avec $s = cste \in \mathbb{R}$; s est appelée « **pente** » de l'élément actif de l'oscillateur.

2.1) Calculer la fonction de transfert en boucle ouverte de l'oscillateur, soit : $\underline{T} = \dfrac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e}$.

2.2) Les impédances $\underline{Z}_1, \underline{Z}_2$, et $\underline{Z}_3$ sont des réactances pures correspondant à des bobines idéales (non résistives) ou des condensateurs parfaits. A quelles conditions les tensions $v_e(t)$ et $v_s(t)$ ont-elles même amplitude et même phase ? On exprimera ces deux conditions sous la forme :

- d'une relation entre les impédances $\underline{Z}_1, \underline{Z}_2$, et $\underline{Z}_3$ permettant de déduire la fréquence des oscillations.
- d'une relation connue sous le nom de « condition d'accrochage des oscillations » donnant la valeur du produit sR en fonction de $\underline{Z}_1$ et $\underline{Z}_2$.

2.3) Quelles doivent être les natures respectives des impédances $\underline{Z}_2$ et $\underline{Z}_3$ comparées à $\underline{Z}_1$ pour que l'oscillateur puisse fonctionner ?

III. L'oscillateur Clapp

On envisage d' étudier le cas de l'oscillateur « Clapp » dans lequel $\underline{Z}_1$ et $\underline{Z}_2$ sont des impédances constituées par deux condensateurs parfaits de capacités respectives C_1 et C_2, et où l'impédance $\underline{Z}_3$ est constituée par l'association en série d'un condensateur parfait de capacité C_3 et d'une bobine non résistive de coefficient d'autoinductance L.

3.1) Exprimer la pulsation ω_0 de l'oscillateur en fonction de L et de C, où C est définie par :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

3.2) Calculer en fonction de C_1, C_2 et s, la valeur que doit avoir la résistance R pour que la condition d'accrochage des oscillations soit satisfaite.

IV. L'oscillateur Pierce

L'oscillateur « Pierce » est obtenu en remplaçant, dans le montage de l'oscillateur Clapp, la bobine idéale de l'impédance $\underline{Z}_3$ par le cristal piézoélectrique étudié dans la première partie ; le condensateur C_3 est conservé et se retrouve ainsi associé en série avec le quartz.

4.1) Ecrire l'expression de la pulsation $\omega_0^{'}$ de l'oscillateur en fonction de ω_s, a, C_P et C.

4.2) Exprimer en fonction de C_1, C_2 et s, la valeur que doit avoir R pour que la condition d'accrochage des oscillations soit satisfaite.