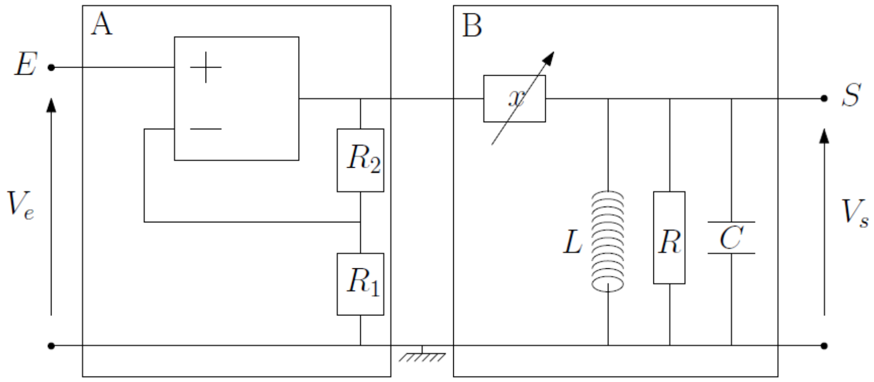
C – Oscillateur quasi-sinusoïdal

Le but de ce TP sera d'étudier dans un premier temps un filtre d'ordre 2 puis d'étudier l'oscillateur sinusoïdal obtenu à partir du montage donné par la figure. Les parties II et IV-2 étant chronophages si on ne maîtrise pas le sujet, on pourra les laisser en suspens afin de faire la partie V dans le temps imparti.

Matériel à disposition :
- 1 Oscilloscope numérique Keysight 4 voies avec câbles coaxiaux, et T…
- 1 GBF arbitraire FI5505GA = GBF1
- 1 GBF Enertec 4415 = GBF2.
- 1 ordinateur équipé de regressi, excel…
- 1 multimètre
- 1 papier semi-log 4 ou 5 décades
- 1 bobine 1000 spires d'environ 30-50 mH.
- 1 plaque P60 et les composants adaptés au TP.
- 1 plaque labdec.
- 1 boîte de composants libres (verte).
- 1 alimentation continue +15V/-15V.
- Les notices des différents appareils de mesure.
- Poste professeur : 3 RLC-mètre.

I – Montage



Dans ce montage :
- x est une résistance variable.
- $R_2 = 2R_1 = 2R = 2k\Omega$
- $L = 30 - 50\ mH$ (bobine de 1000 spires)
- $C = 100nF$

II – Préparation théorique du système en boucle ouverte

II-1) Démontrer que la fonction de transfert du bloc A se met sous la forme :

$$\underline{A} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

II-2) Démontrer que la fonction de transfert du bloc B se met sous la forme :

$$\underline{B} = B_0 \frac{\frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)}{1 + \frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right) + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2} \text{ où } Q = \frac{xR}{R+x}\sqrt{\frac{C}{L}} \text{ et } \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

Où l'on exprimera B_0 en fonction de R *et* x.

II-3) En déduire la fonction de transfert de l'ensemble bloc A et bloc B que l'on mettra sous la forme :

$$\underline{T} = AB_0 \frac{\frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)}{1 + \frac{1}{Q}\left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right) + \left(\frac{j\omega}{\omega_0}\right)^2}$$

II-4) Donner l'allure du diagramme de Bode (Gain et phase) de la fonction de transfert $\underline{T}$.

III – Préparation théorique du système en boucle fermée

III-1) On boucle la sortie du bloc B sur l'entrée du bloc A (on relie par un fil E et S et on éteint le générateur).

- Pour quelle valeur de x (notée x_c) le système oscille-t-il ?
- Quelle est, alors, la pulsation ω_{osc} des oscillations ?

III-2) Déterminer les valeurs numériques de x_c et ω_{osc} ainsi que leurs incertitudes.

IV – Etude du système en boucle ouverte

IV-1) Etude rapide du système

- Réaliser le montage permettant de visualiser à l'aide d'une wobulation la réponse fréquentielle en boucle ouverte. Une fois le montage fonctionnant, *appeler le professeur pour vérification*.
- Observer, grâce au montage précédent la réponse fréquentielle pour deux valeurs de x : $x < x_c$ et $x > x_c$

IV-2) Etude détaillée du système

- Réaliser le montage permettant de tracer le diagramme de Bode en gain et en phase.
- Remplir un tableau de valeurs puis réaliser le diagramme de Bode sur papier semi-log ou sur le logiciel de votre choix.

IV-3) Conclure sur les valeurs obtenues par rapport à la partie théorique.

V – Etude du système en boucle ouverte

V-1) Boucler le système en reliant E et S par un fil. Mesurer la fréquence des oscillations obtenues et comparer avec la valeur théorique.
V-2) Calculer le Z-Score. Conclure.
V-3) Mesurer x_c et comparer à la valeur théorique. Calculer le Z-score. Conclure.
V-4) Choisir deux valeurs de x supérieures à x_c de façon à observer nettement des non linéarités. Représenter (ou imprimer) le spectre du signal obtenu pour $x \sim x_c, x > x_c \; et \; x \gg x_c$.
En déduire le taux de distorsion du signal.

VI – Annexes

- Le taux de distorsion harmonique (abrégé THD, total harmonic distortion en anglais)

Le THD est un indicateur de la qualité du traitement du signal dans un appareil. Il s'exprime en pourcentage. Le taux de distorsion harmonique est une mesure de la linéarité du traitement du signal effectuée en comparant le signal en sortie d'un appareil à un signal d'entrée parfaitement sinusoïdal. La non-linéarité du système déforme cette sinusoïde. Le signal de sortie reste un phénomène périodique. Un signal phénomène périodique peut s'analyser en une somme de sinusoïdes de fréquences multiples de celle donnant la période, appelée fréquence fondamentale. Chacune de ces sinusoïdes est un harmonique de rang égal au quotient de sa fréquence par la fréquence fondamentale. Le taux de distorsion harmonique est le rapport des valeurs efficaces entre la fréquence fondamentale et les autres. Le taux de distorsion harmonique d'un système varie avec le niveau et avec la fréquence du signal d'essai. Ces paramètres de la mesure doivent être spécifiés dans les procédures et les comptes-rendus.

$$THD = \frac{\sqrt{H_{2,V}^2 + H_{3,V}^2 + \cdots H_{k,V}^2}}{H_{1,V}}$$

- Incertitudes

Lorsqu'on identifie un intervalle $[x_{min}; x_{max}]$ au sein duquel il semble raisonnable de situer la valeur x d'une grandeur physique X, le meilleur estimateur correspond au centre de l'intervalle :

$$\overline{x} = \frac{x_{min} + x_{max}}{2}$$

L'intervalle peut alors s'écrire $[\overline{x} - \Delta; \, \overline{x} + \Delta]$ en introduisant la demi-largeur : $\Delta = \frac{x_{max} - x_{min}}{2}$

Dans le cas d'une distribution uniforme, on peut établir que l'incertitude-type associée au mesurage vaut :

$$u(x) = \frac{\Delta}{\sqrt{3}}$$