



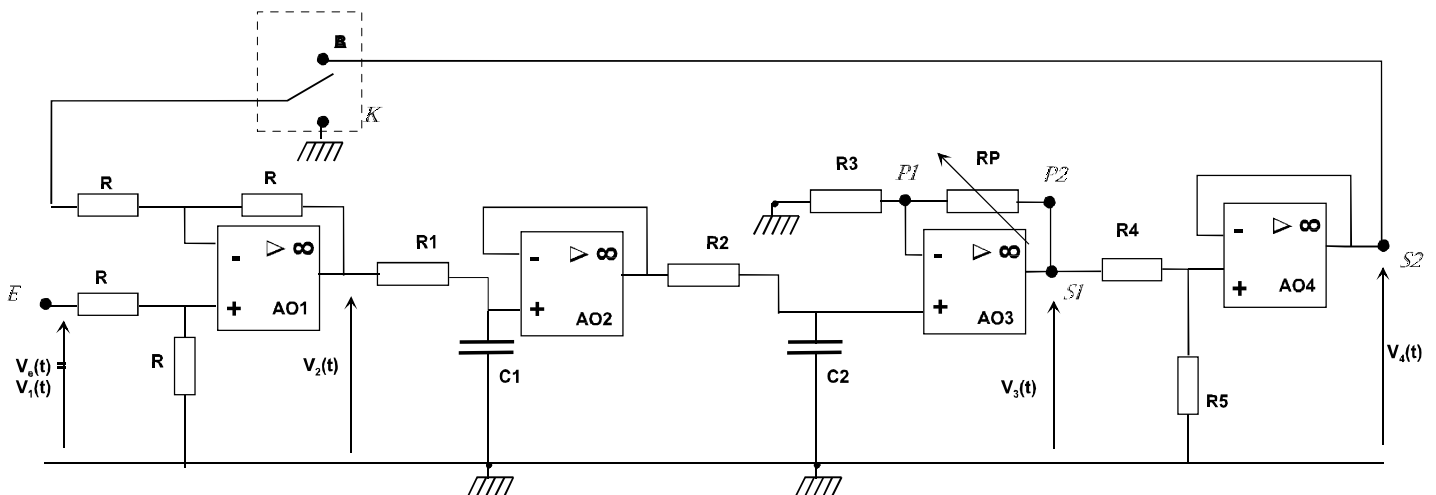
T.P. numéro 7 : étude d'une maquette d'un système bouclé du second ordre.

Buts du TP : le but de ce septième TP est l'étude d'une maquette comportant des montages à amplificateurs opérationnels constituant un système du second ordre. On étudie d'abord le système en boucle ouverte avec les diagrammes de Bode, puis la stabilité du système en boucle fermée à l'aide de la marge de phase. Enfin, on tente de répondre à la question : à quoi sert le bouclage du système ?

1°) - schéma du montage.

Le circuit est composé de deux circuits RC du premier ordre.

Le schéma de la maquette est le suivant :



$R = 22k\Omega$ $R1 = 10k\Omega$ $C1 = 100nF$ $R2 = 10k\Omega$ $C2 = 22nF$ $R3 = 10k\Omega$ $R4 = 2.2k\Omega$ $R5 = 1k\Omega$

A.O. : TL084 alimenté en $+15V$; $-15V$

Le point K peut être relié soit à la masse (en boucle ouverte) ou au point B (boucle fermée) par l'intermédiaire d'un interrupteur.

BO : interrupteur à gauche.

BF : interrupteur à droite.

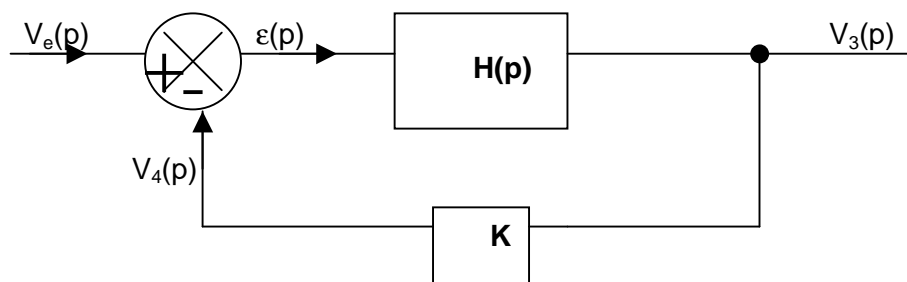
2°) - mise en équation du système complet.

On suppose que le point K est relié sur v_4 .

- donner la relation entre $V_e(p)$, $V_2(p)$ et $V_4(p)$.
- donner la relation entre $V_2(p)$ et $V_3(p)$.
- donner la relation entre $V_3(p)$ et $V_4(p)$.



Mettre l'asservissement proposé sous la forme classique :



Identifier $H(p)$ et $\varepsilon(p)$ et K en fonction des grandeurs du circuit.

Montrer en particulier que $H(p)$ peut se mettre sous la forme $H(p) = \frac{1}{1 + \tau_1 \cdot p} \cdot \frac{1}{1 + \tau_2 \cdot p}$

Exprimer τ_1 en fonction de R_1 et C_1 et τ_2 en fonction de R_2 et C_2 .

On choisit : $\tau_1 = 1$ ms et $\tau_2 = 0,22$ ms. Proposer des valeurs pour R_1 et C_1 puis pour R_2 et C_2 .

Que vaut la transmittance en Boucle ouverte ? (notée ici FTBO)

Que vaut la transmittance en Boucle fermée ? (notée ici FTBF)

3°) - étude du système en boucle ouverte en régime harmonique.

Mettre la FTBO en régime harmonique sous la forme : $FTBO = \frac{T_0}{1 + 2 \cdot j \cdot m \cdot (f/f_0) - (f/f_0)^2}$

en identifiant T_0 , f_0 et m .

Calculer les valeurs de ces deux paramètres avec les valeurs des composants.

Tracer le diagramme de Bode du filtre (**amplitude et phase**) pour $a=1$, f variant de $f = 50$ Hz à $f = 5$ kHz

Courbe de gain :
calculer G_0 , limite du gain lorsque $f \rightarrow 0$;
placer la fréquence f_0
placer les asymptotes à la courbe de gain.
calculer le gain G pour la fréquence f_0 .

Courbe de phase :
calculer φ_0 limite de l'argument de la FTBO lorsque $f \rightarrow 0$;
calculer φ_∞ limite de l'argument de la FTBO lorsque $f \rightarrow \infty$;
tracer les asymptotes à la courbe de phase ;
calculer l'angle φ pour $f=f_0$ puis pour $f=100$ Hz puis pour $f=1000$ Hz

On peut également faire tracer le diagramme de Bode par un logiciel à partir de son équation.

Je recommande le logiciel fourni avec les outils du physicien par Jérôme HENNECART sur le site de l'académie de Lille.

Ce logiciel permet de tracer le diagramme de Gain et de phase à partir d'une équation.

Trouver la fréquence f_1 pour laquelle la phase est de $\varphi = -135^\circ$.

En déduire la valeur qu'il faut donner au paramètre a pour que la marge de phase soit de 45° .

En déduire la valeur à donner au potentiomètre R_p pour obtenir cette marge de phase.

Ce filtre est-il alors stable ?



Etude pratique

Donner à la résistance variable R_p placée entre les bornes P1 et P2 de la maquette la valeur déterminée ci-dessus.

Réaliser le montage et vérifier la marge de phase. A-t-on une marge de phase réelle de 45° ?

Décrire les manipulations à effectuer pour rétablir cette marge de phase à 45° . Comparer la valeur pratique obtenue pour a à la valeur théorique calculée précédemment.

4°) - étude du système en boucle fermée en régime harmonique.

On gardera pour cette question la valeur de a trouvée précédemment pour avoir une marge de phase de 45° .

Mettre la FTBF sous la forme : $FTBF = \frac{T'_0}{1 + 2j.m'.(f/f_0)' - (f/f_0)'^2}$

en identifiant T'_0 , f_0' et m' en fonction des paramètres du système en boucle fermée.

Relever le diagramme de Bode en amplitude du système en boucle fermée et trouver les valeurs **pratiques** de T'_0 , f_0' et m' . Quelles modifications apportent le bouclage du circuit ?

Annexe : diagrammes de Bode d'un second ordre.

