Exercice n°1. AO du second ordre bouclé sur un retour réel

Un ALI du second ordre, de transfert $\underline{\mu} = \dfrac{\mu_0}{1+2m\left(j\omega/\omega_0\right)+\left(j\omega/\omega_0\right)^2}$, est bouclé par un retour réel positif β. On prendra $\mu_0 = 10^5$, $m = 1$, $\omega_0 = 10^4$ rad/s et $\beta = 1/10$.

1) Indiquer un circuit permettant de réaliser ce type de bouclage avec cette valeur de β.

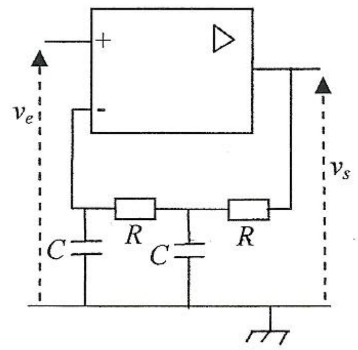
2) Représenter soigneusement le diagramme de Bode (G_{dB} seulement) correspondant à au transfert de l'ALI seul $\underline{\mu}$ et à celui du système bouclé $\underline{A_F} = \dfrac{\underline{\mu}}{1+\underline{\mu}\beta}$.

On montrera que le transfert en boucle fermé peut se mettre sous la forme

$$\underline{A_F} = \frac{A_0}{1+2m_F\left(j\omega/\omega'_0\right)+\left(j\omega/\omega'_0\right)^2} \text{ avec } A_0 \approx \frac{1}{\beta}\quad \omega'_0 = \omega_0\sqrt{1+\mu_0\beta} \text{ et } m_F = \frac{m}{\sqrt{1+\mu_0\beta}}$$

Commenter le résultat obtenu.

Exercice n°2. Stabilité d'un circuit à AO compensé avec bouclage sur la borne –



On considère le circuit suivant avec $R = 50$ KΩ et $C = 10$ µF.

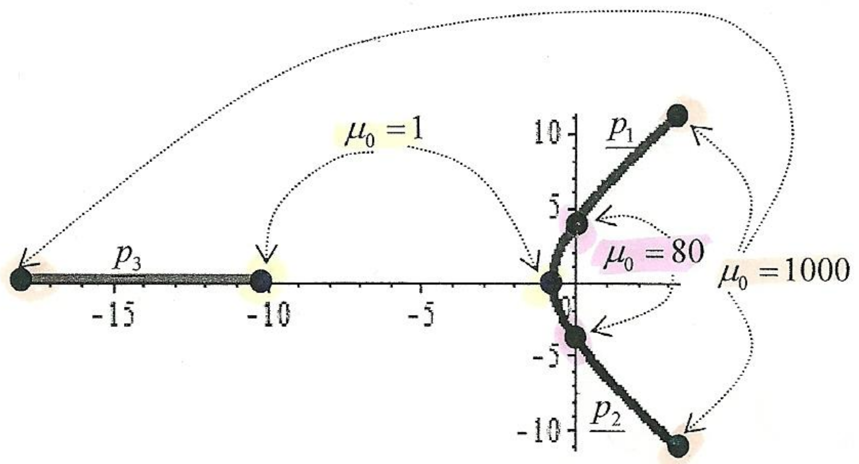
1) Pensez-vous que ce circuit sera stable ?

2) L'ALI est un ALI compensé de transfert $\underline{\mu} = \dfrac{\mu_0}{1+\left(j\omega/\omega_0\right)}$ avec $\mu_0 = 10^5$ et $\omega_0 = 10$ rad/s.

3) Le circuit est un système bouclé.
Identifier la chaîne directe et la chaîne de retour. Montrer que le transfert $\underline{K}$ de la chaîne de retour s'écrit $\underline{K} = \dfrac{1}{1+3jx+(jx)^2}$ en notant $x = RC\omega$.

4) Déterminer le transfert du système bouclé $\underline{H_{bf}}(j\omega)$ et déterminer sa limite pour un gain en boucle ouverte infini.

5) Etude détaillée de la stabilité. A partir du transfert "exact" obtenu en 4, montrer que l'équation caractéristique permettant d'étudier la stabilité s'écrit $\mu_0 + \left(1+\dfrac{p}{\omega_0}\right)\left(1+3RCp+R^2C^2p^2\right) = 0$.



On a représenté ci-contre l'évolution des trois racines dans le plan complexe (le lieu des racines) quand le gain μ_0 de l'AO évolue de 1 à 1000. Commenter les courbes précédentes et conclure sur la stabilité du montage.

Exercice n°3. Comparaison des bandes passantes des montages "inverseur" et "non inverseur"

On souhaite réaliser un montage amplificateur de tension de gain G_0 en valeur absolue dans sa bande passante. Le signe du gain est sans importance si bien que l'on peut utiliser pour cela un montage "inverseur" (gain négatif - G_0) ou un montage "non inverseur" (gain positif G_0). Les deux montages sont réalisés autour du même type d'ALI compensé dont on tient compte de la bande passante finie: $\underline{v}_s = \underline{\mu}(j\omega)\underline{\varepsilon}$ avec $\underline{\mu}(j\omega)$ du premier ordre $\underline{\mu}(j\omega) = \dfrac{\mu_0}{1 + j\omega/\omega_0}$. Numériquement, on prendra les valeurs typiques $\mu_0 = 10^5$ et $\omega_0 = 10$ rad/s.

Pour une valeur donnée de G_0 lequel des deux montages aura la bande passante la plus grande ? Commenter.

Exercice n°4. Amplificateurs en cascade

On souhaite réaliser un montage amplificateur de tension de gain G_0 positif donné dans sa bande passante. On peut utiliser pour cela un unique montage à ALI non inverseur (gain positif G_0) ou deux montages à ALI non inverseur de gain $\sqrt{G_0}$ chacun dans sa bande passante.

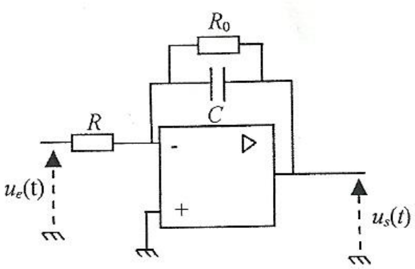
Les deux montages sont réalisés autour du même type d'AO compensé dont on tient compte de la bande passante finie: $\underline{v}_s = \underline{\mu}(j\omega)\underline{\varepsilon}$ avec $\underline{\mu}(j\omega)$ du premier ordre $\underline{\mu}(j\omega) = \dfrac{\mu_0}{1 + j\omega/\omega_0}$.

Numériquement, on prendra les valeurs typiques $\mu_0 = 10^5$ et $\omega_0 = 10$ rad/s.

Pour une valeur donnée de G_0 lequel des deux montages (un seul amplificateur ou deux en cascade) aura la bande passante la plus grande ? Représenter les diagrammes de Bode dans le cas $G_0 = 100$.

Exercice n°5. Comportement fréquentiel de l'intégrateur « amélioré »

On considère le montage intégrateur à ALI "amélioré" pour empêcher qu'il ne dérive : une résistance R_0, « grande », est placée en parallèle sur le condensateur. On prendra typiquement $R = 1$ KΩ, $C = 100$ nF et $R_0 = 1$ MΩ.



1) On suppose l'ALI idéal. Déterminer le transfert du montage. Dans quel domaine de fréquence est-il effectivement intégrateur ?

2) On souhaite maintenant prendre en compte le comportement fréquentiel de l'ALI compensé : $\underline{u}_s = \underline{\mu}\underline{\varepsilon}$ avec $\underline{\mu}$ du premier ordre : $\underline{\mu} = \dfrac{\mu_0}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_0}}$ Numériquement, on prendra les valeurs typiques $\mu_0 = 10^5$ et $\omega_0 = 10$ rad/s.

a) En tenant compte des simplifications permises par les ordres de grandeur de R, C, R_0, μ_0 et ω_0, montrer que le transfert de l'intégrateur peut se mettre sous la forme :

$$\underline{H} = \frac{-R_0/R}{1 + R_0C(j\omega) + \dfrac{R_0C}{\mu_0\omega_0}(j\omega)^2}$$

b) Mettre finalement le transfert précédent sous la forme : $\underline{H} = \dfrac{-R_0/R}{\left(1 + \dfrac{j\omega}{\omega_1}\right)\left(1 + \dfrac{j\omega}{\omega_2}\right)}$ avec les pulsations de coupure qui s'écrivent $\omega_1 = \dfrac{1}{R_0C}$ et $\omega_2 = \mu_0\omega_0$ compte tenu de l'inégalité $R_0C\mu_0\omega_0 \gg 1$. Représenter le diagramme de Bode correspondant. Dans quel domaine de fréquence le circuit est-il un intégrateur ? Comment se comporte t il en dehors de ce domaine ?