Évaluation :
Régulation de niveau (Éléments de réponse)

Identification du groupe variateur + moto-pompe en boucle ouverte

Q1. On a consigné la réponse du groupe variateur + moto-pompe en fonction de la grandeur réglante dont le standard est 0-10 V. Préciser le type d'excitation utilisé lors de cet essai d'identification.

Il s'agit d'une excitation de type échelon.

Q2. Préciser l'ordre du système. Justifier votre réponse.

C'est un système du premier ordre, en effet la pente à l'origine est différente de zéro.

Q3. Donner la constante de temps du système, le gain statique ainsi que le coefficient d'amplification statique. Quel sera le temps de réponse de ce système à 5 % ?

En statique on a Q_e = 0,28 $Q_e = 0,28\,m^3 \cdot s^{-1}$. Donc le gain statique du système est $G_s = \frac{\Delta Q_e}{\Delta U_{CV}} = \frac{0,28}{10} = 28 \cdot 10^{-3}\ m^3 \cdot s^{-1} \cdot V^{-1}$.

La constante de temps τ se détermine soit en considérant 63 % de la variation finale ou à 95 % de la variation finale à 3τ.

0,63x0,28 correspond à t = 1,3 secondes. En tenant compte de l'instant où l'excitation démarre soit 1 secondes on trouve τ = 0,3 s.

Sens d'action du régulateur :

Q4. Associer les grandeurs images à M, C et Y_R.

L'image de la mesure est U_h, h_c est la consigne C et Y_R est U_{CV}.

Q5. Lorsque le débit augmente comment varie le niveau, en déduire le sens de variation (direct ou inverse) du procédé.

Si le débit augmente alors le niveau h augmente. Le système est donc directe.

Q6. Lorsque niveau augmente comment doit varier le débit, en déduire le sens direct ou inverse du régulateur.

Lorsque le niveau augmente le débit doit diminuer. Ce qui correspond à une configuration en mode inverse du régulateur.

Modélisation en régime dynamique de la cuve :

Q7. Pendant un petit intervalle de temps noté dt, le niveau a varié d'une hauteur notée dh. Quel est le volume d'eau dV correspondant à la variation de niveau dh ?

$\mathrm{dV} = \mathrm{S} \cdot \mathrm{dh}$

Q8. Montrer que l'on peut exprimer $\frac{\mathrm{dh(t)}}{\mathrm{dt}}$ en fonction de Q_e, Q_S et S_R par la relation $\frac{\mathrm{dh(t)}}{\mathrm{dt}} S_R = Q_e - Q_s$.

En faisant le bilan massique on a $\mathrm{dm_e} - \mathrm{dm_s} = \mathrm{dm_R}$ où $\mathrm{dm_e}$ est la variation de masse due au débit d'entrée, $\mathrm{dm_R}$ est la variation de masse due au débit de sortie et $\mathrm{dm_R}$ est la variation de masse dans le réservoir. La masse volumique est identique ce qui revient à écrire : $\mathrm{dV_e} - \mathrm{dV_s} = \mathrm{dV}$

En dérivant cette dernière équation on obtient : $\frac{\mathrm{dV_e} - \mathrm{dV_s}}{\mathrm{dt}} = \frac{\mathrm{dV}}{\mathrm{dt}}$ soit,

$\frac{\mathrm{dh(t)}}{\mathrm{dt}} S_R = Q_e - Q_s$.

Q9. Pour l'étude en régime dynamique, on applique la transformation de Laplace à l'équation trouvée à la question précédente. En déduire la relation entre $Q_e(p)$, $Q_S(p)$, $H(p)$ et S_R avec des conditions initiales nulles.

On obtient en appliquant la transformée de Laplace avec des conditions initiales nulles $S_R \cdot p \cdot H(p) = Q_e(p) - Q_s(p)$.

Etude de la chaîne de retour :

Q10. L e capteur de niveau délivre 0 volts pour h = 0 m et 10 Volts pour h = 10 m. On peut écrire que $u_h = K_h \cdot h$. Exprimer puis calculer K_h. Préciser l'unité de K_h.

$K_h = 0{,}1\ \mathrm{V \cdot m^{-1}}$.

Etude de la chaîne directe :

Q11. Montrer que $Q_e = K_D \cdot U_{CV}$ on précisera K_D en fonction des différents coefficients de proportionnalité.

On a : $Q_e = K_p \cdot N$, or $N = K_N \cdot F_V$ et $F_V = K_F \cdot U_{CV}$, en remplaçant ces relations dans l'équation de Q_e il en résulte : $Q_e = K_p \cdot K_N \cdot K_V \cdot U_{CV}$. En identifiant on a : $K_D = K_p \cdot K_N \cdot K_V$.

Q12. Exprimer $T_R(p)$.

La lecture du schéma bloc fournit l'équation suivante : $H(p) = Q_e(p) - Q_s(p) \cdot T_R(p)$, en considérant la relation établie à Q9, on identifie $T_R(p) = \dfrac{1}{S_R p}$.

Q13. En **régime statique**, quelle doit être la relation entre le débit de remplissage Q_e et le débit de vidange Q_s pour que le niveau reste constant ?

En statique le niveau p = 0 soit $p \cdot H(p) = 0$, donc $Q_e = Q_s$.

Q14. Par la méthode de votre choix montrer que :

$$H(p) = \frac{C(p) \cdot K_D}{S_R(1+\tau p)p + C(p) \cdot K_D} H_c(p) - \frac{1+\tau p}{S_R(1+\tau p)p + C(p) \cdot K_D} Q_s(p).$$

On peut appliquer la méthode de superposition.

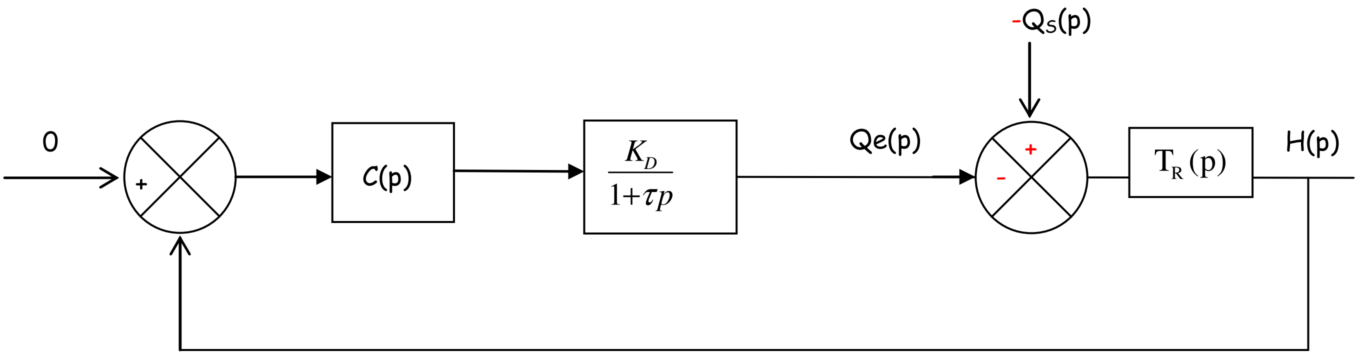
Cas 1 : $Q_s(p) = 0$

La chaîne directe est composée de $C(p)$, $T_1(p)$ et $T_R(p)$. La chaîne de retour est unitaire.

On obtient :

$$H(p) = \frac{C(p) \cdot T_1(p) \cdot T_R(p)}{1 + C(p) \cdot T_1(p) \cdot T_R(p)} H_c(p).$$

Cas 2 : $H_c(p) = 0$



Le schéma est ainsi modifié afin d'appliquer la relation $H(p) = \dfrac{\text{Chaîne directe}}{1 + (\text{chaîne directe}) \times (\text{chaîne de retour})}(-Q_s(p))$, la chaîne directe est $T_R(p)$ et la chaîne de retour est constituée de $C(p)$ et $T_1(p)$.

Etude avec un correcteur proportionnel tel que C(p) = A (une constante).

Q15. Comportement en asservissement, avec $Q_s(p) = 0$ et $H_c(p) = \frac{\Delta h}{p}$:

En utilisant le théorème de la valeur finale, calculer h en régime permanent, que dire de l'erreur dans ce cas.

$\Delta H = \lim_{p \to 0}(p \frac{C(p) \cdot K_D}{S_R(1+\tau p)p + C(p) \cdot K_D} \frac{\Delta h}{p}) = \Delta h$, l'erreur est nulle car la variation à l'entrée est entièrement répercutée sur la sortie.

Q16. Comportement en régulation : $h_c(p) = 0$ et $Q_s(p) = \frac{\Delta Q_s}{p}$ (échelon d'amplitude ΔQ_s).

$$\Delta H = \lim_{p \to 0}(p \times (-\frac{1+\tau p}{S_R(1+\tau p)p + C(p) \cdot K_D} \cdot \frac{\Delta Q_s}{p}) = -\frac{\Delta Q_s}{A \cdot K_D}))$$

Q17. On donne la réponse à un essai pour un échelon de consigne d'amplitude 8 m et pour une perturbation Qs(p) de type échelon d'amplitude. Que vaut alors Qe si $\Delta Q_s = 0{,}1 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$? On a en régime final (établi) une hauteur h = 6,21 mètres.

En régime établi $Q_e = \Delta Q_s$.
L'erreur est de 1,79 m. Le niveau varie de diminue de 1,79 m à partir de 8 m.

On a $A = \frac{0{,}1}{1{,}79 \times 0{,}028} = 2$.

Le correcteur proportionnel ne gomme pas la perturbation car l'erreur n'est pas nulle.Pour augmenter la précision du système il convient d'augmenter la valeur de A, mais il y a risque de saturation dans la chaîne directe en particulier au niveau du débit maximal.

Q18. On place un correcteur proportionnel intégral (PI) tel que : $C(p) = A(1 + \frac{1}{\tau_i p})$

En mode régulation on a $H(p) = \frac{\text{Chaîne directe}}{1 + (\text{chaîne directe}) \times (\text{chaîne de retour})}(-Q_s(p))$

$$H(p) = -\frac{T_R(p)}{1 + T_R(p) \times C(p) \cdot T_1(p)} Q_s(p)$$

En appliquant le théorème de la valeur finale on trouve bien 0. La variation du niveau due au débit de sortie est nulle.