

BTS C.I.R.A.

INSTRUMENTATION ET RÉGULATION

Durée : 4 heures

Coefficient : 5

Le sujet comporte 8 pages dont 4 annexes. Les annexes 1 et 2 sont à rendre avec la copie.

La calculatrices sont autorisées.

Les parties I, II, III, IV, V, VI sont largement indépendantes.

Les unités de temps sont données en secondes.

Sauf spécifications contraires, les unités des grandeurs "Procédé" sont données en pourcentage de l'échelle du transmetteur.

Notations de l'énoncé.

D'une manière générale les lettres majuscules représentent des signaux absolus, les lettres minuscules représentant des petites variations autour d'un point de fonctionnement.

Exemples :

- YR signal de sortie d'un régulateur
- $y_R = \square Y_R$ = variation.
- M = signal de sortie d'un transmetteur
- $m = \square M$ = variation.

Soit le système physique proposé :

Données techniques communes à l'ensemble du sujet :

Vanne V1 : fermée par manque d'air (F.M.A.) et à caractéristique linéaire.

Vanne V2 : fermée par manque d'air (F.M.A.) et à caractéristique linéaire.

La fonction de transfert de la vanne V1 est :

I - MESURE DU NIVEAU (LT).

On désire mesurer la variation de niveau (LT) du bac, par "insufflation" (bulle à bulle) à l'aide d'une canne plongeante.

- Fluide : liquide propre, masse volumique = $1\,130\text{ kg/m}^3$.
- Bac à la pression atmosphérique.
- Variation de niveau à mesurer : 80 cm.

Proposer le schéma de principe de cette mesure en faisant apparaître tous les éléments nécessaires :

- à la mise en service ;
- au fonctionnement.

Peut-on utiliser un appareil admettant une échelle de mesure comprise entre 200 et 1 200 mm de CE (Colonne d'Eau) ? On prendra $g = 9,8\text{ N/kg}$.

Le transmetteur utilisé est à cellule (capteur) à variation de capacité et subit l'influence de la température extérieure ($-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$). Établir le schéma de principe technologique de l'élément capteur.

Préciser, à l'aide d'un schéma, le ou les dispositifs permettant de minimiser ou de supprimer l'influence de la température extérieure.

II - ÉTUDE DU PROCÈDE

A partir d'un point de fonctionnement stable on fait subir des petites variations aux grandeurs.

Dans ces conditions la variation de niveau s'exprime par :

On admettra alors que la variation de débit de sortie peut s'exprimer par :

$$q_s(t) = 1,25\, m_1(t) \text{ (avec } Y_{R2} \text{ constant)}$$

Établir le schéma fonctionnel détaillé reliant $m_1(t)$ et $q_e(t)$.

En déduire celui liant $m_1(t)$ et $y_{R1}(t)$.

Donner alors l'expression de la fonction de transfert :

S'agit-il d'un système naturellement stable ou instable ?

Exprimer la relation liant $m1(t)$ à $yR1(t)$ sachant que l'on fait subir au signal $YR1$ un échelon $yR1$ d'amplitude 10 %. Pour cette variation $yR1$ en déduire les expressions de $qs(t)$ et $qe(t)$.

Représenter sur le même graphique (annexe 1, page 7, à rendre avec la copie) $yR1(t)$, $qe(t)$, $m1(t)$ et $qs(t)$ (on calculera les points correspondant à $t = 10, 20$ et 40 s).

III - RÉGULATION DE NIVEAU

Dans l'installation précédente une régulation de débit ($FT2$, $FC2$) maintient à chaque instant le débit de sortie Qs à une valeur constante. Dans ces conditions la variation de niveau s'exprime par :

3 - 1 - Préréglages

On demande :

- d'établir le schéma T.I. de la régulation de niveau (grandeur de réglage = Qe) ;
- de préciser le sens d'action du régulateur.

Avant la mise en service, les valeurs de préréglage introduites dans le régulateur de niveau sont :

- Bande proportionnelle : $BP\% = 100 \%$.
- Action intégrale : $Ti = 10$ secondes.
- Structure du régulateur : série.

Établir le schéma fonctionnel détaillé de l'ensemble (régulateur + procédé) faisant apparaître les éléments constituant la boucle.

$c1$ = consigne du régulateur de niveau. Calculer la fonction de transfert en chaîne fermée :

Que pensez-vous de ce pré réglage ?

3 - 2 - Étude :

Le correcteur du régulateur de niveau admet pour fonction de transfert :

Tracer le diagramme de Bode de la fonction de transfert en chaîne ouverte $FR(j\omega) \times G(j\omega)$ sur l'annexe 2, page 8 (à rendre avec la copie).

Déterminer graphiquement la marge de phase.

Donner votre avis sur la stabilité de la boucle.

IV - RÉGULATION DE TEMPÉRATURE.

Pour cette étude, on considère que la régulation de débit est parfaite ($M2 = C2$).

L'installation doit assurer en sortie de l'échangeur une température constante de la charge égale à 26 °C (mesure M).

A l'entrée de l'échangeur la charge a une température variable de 10 à 40 °C. On, dispose de deux canalisations apportant respectivement de l'eau chaude (débit Q_c) et de l'eau froide (débit Q_f).

4 - 1 - Justifier cette régulation de type "chaud-froid".

4 - 2 - On désire utiliser un seul régulateur pour cette régulation de température. Représenter

graphiquement le pourcentage d'ouverture des vannes en fonction du signal de sortie du régulateur. La vanne V3 est fermée par manque d'air (F.M.A.).

4 - 3 - Rappeler le sens d'action de la vanne V4 et déterminer le sens d'action du régulateur.

4 - 4 - Quel type de régulateur envisagez-vous et pourquoi ?

V- ACTIONNEUR-POSITIONNEUR

L'actionneur utilisé est à obturateur sphérique excentré et à servo-moteur à piston et membrane déroulante.

Donner les avantages de ce type de vanne.

VI - RÉGULATION ÉCHANTILLONNÉE.

L'ensemble de la régulation est assuré par un système de contrôle-commande numérique.

Représenter le schéma fonctionnel de la boucle de régulation de débit (FT2, FC2) en faisant apparaître les éléments spécifiques :

- échantillonneur(s) ;
- bloqueur(s).

On notera :

$FV2(p)$: fonction de transfert de la vanne ;

$X(t)$: grandeur analogique ;

$X(k)$: grandeur numérique.

Exemple : YR2 (K) grandeur de réglage numérique.

Qu'appelle-t-on Bloqueur d'Ordre Zéro (B.O.Z.) ? Préciser sa fonction.