

BTS C.I.R.A.

INSTRUMENTATION ET RÉGULATION

Durée : 4 heures

Coefficient : 5

Calculatrices autorisées.

Le sujet comporte 6 pages.

INSTRUMENTATION ET REGULATION

Les différentes questions du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément. Néanmoins, il est souhaitable de rédiger les réponses dans l'ordre de l'énoncé en respectant les notations de celui-ci.

Présentation du procédé : Four de réchauffage.

Le four proposé permet de réchauffer un produit industriel à une température de 120°C . Le débit de la charge Q_c peut varier entre 10 et $20\text{ m}^3/\text{h}$; en fonctionnement nominal il est de $15\text{ m}^3/\text{h}$.

La vanne de régulation du débit gaz est alors ouverte à 60 %.

Les échelles des transmetteurs TT 01 et FT 01 sont réglées respectivement à $0/200^{\circ}\text{C}$ et $0/20\text{ m}^3/\text{h}$.

Le gaz de combustion est un mélange méthane/éthane dont le débit peut varier entre 0 et $120\text{ m}^3/\text{h}$ sous une pression relative de 1,5 bar relatif, à 27°C .

L'air de combustion est fourni par un compresseur sous 5 bars relatifs, à 27°C .

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 :

- Y_R signal de sortie d'un régulateur
- $y_R = DY_R = \text{variation}$.
- S = signal de sortie d'un transmetteur
- $s = DS = \text{variation}$.

Première partie : Mesure (9 points).

1. Etude et compréhension du procédé.

En fonction du schéma de régulation déjà installé, indiquer de quel type de régulation il s'agit. Préciser les avantages et les inconvénients du schéma proposé.

II - Calcul de l'échelle du transmetteur FT 03 de débit d'air.

En considérant que la combustion s'effectue pour l'instant sans excès d'air (combustion stoechiométrique), calculer l'échelle de ce transmetteur.

On indique qu'il faut $12 \text{ Nm}^3/\text{h}$ d'air pour brûler complètement $1 \text{ Nm}^3/\text{h}$ de gaz.

III - Régulation d'excès d'air.

On désire pouvoir réaliser une combustion avec un excès d'air réglable.

Proposer une modification de la boucle de réglage d'air de combustion, tenant compte de l'appareillage déjà installé. Préciser les types d'appareils, leurs fonctions, etc...

IV - Etude du transmetteur FT02.

Le débit de gaz est mesuré par un diaphragme à prise de pression sur la bride (canalisation horizontale diamètre 8 cm) associé à un transmetteur de pression différentielle $\square P$.

1 . Donner le schéma de montage du transmetteur et du diaphragme (préciser les diamètres, les robinets, l'emplacement des appareils et des prises de pression, le sens d'écoulement du fluide, les précautions d'installation, etc...).

2 . Le transmetteur de $\square P$ fournit un signal de sortie électrique au format 4/20 mA. Donner la valeur du débit gaz si le signal de sortie vaut 8 mA.

3 - En s'aidant de la relation entre le débit, la DP et la masse volumique [$Q=f(\square P, \square)$], expliquer ce qui se passe si la pression du gaz varie, comment doit-on procéder pour obtenir une mesure de débit, corrigée en pression ?

V . Analyseur.

La composition du gaz est contrôlée par chromatographie. En s'aidant d'un schéma détaillé, expliquer le principe d'un tel appareil.

Quelles sont les informations permettant d'identifier les composants, et de mesurer leur concentration.

Deuxième partie : Régulation (II points).

I - Identification d'un procédé.

On désire régler le régulateur TC 01. Pour cela on réalise une identification de la boucle par la méthode de la réponse indicielle en boucle ouverte. Le régulateur étant en position "Manuel", on réalise un échelon du signal de sortie y_R du régulateur, d'amplitude 6 %.

Un enregistrement du signal délivré par le transmetteur de température TT 01 est fourni en annexe 2.

Donner la fonction de transfert $F(p)$ du procédé, en utilisant le modèle de BROIDA.

II - Réponse indicielle du modèle.

Afin d'éviter les erreurs, on suppose pour la suite du problème que la fonction de transfert est :

les temps étant exprimés en secondes.

Déterminer la réponse théorique $s(t)$ du transmetteur TT 01 pour un échelon de commande $y_R = 10\%$.

N.B. $s(t)$ sera exprimé en %.

III . Etude de la boucle fermée.

Le régulateur TC 01 est du type PI. La fonction de transfert de son correcteur est :

- 1 . Représenter sous forme de schéma fonctionnel l'ensemble de la boucle (régulateur et procédé).
- 2 . Donner l'expression de la fonction de transfert $H(p)$ du système bouclé.

N.B. :

où $s(p)$ représente la sortie du transmetteur TT 01 et $w(p)$ la consigne du régulateur TC01.

3 - On affiche les valeurs suivantes sur le régulateur : $T_i = \square$ et $X_p = 50\%$ où X_p représente la bande proportionnelle exprimée en pourcentage.

A partir d'un point de fonctionnement stable (Mesure = Consigne = $120^\circ\text{C} = 60\%$ de l'échelle du transmetteur) obtenu à l'aide d'un talon (Bias), on effectue un échelon de consigne de $+20\%$ de l'échelle du transmetteur (Nouvelle consigne = 80%).

Quelle sera la température finale atteinte après stabilisation du système ?

4 - On affiche désormais $T_i = 50\text{ s}$.

Quelle est l'amplification critique r_c du régulateur qui fera entrer le système en oscillations entretenues ?

Quelle est alors la période des oscillations ?

Quelle valeur de l'amplification r faut-il afficher pour fonctionner avec une marge de gain de 6 dB ?

Quelle sera la température atteinte après une variation de consigne de + 20 % (température de départ = 120° C) ?

5 - On modifie l'échelle du transmetteur TT 01 et on la porte à 0/400 °C.

Toutes choses égales par ailleurs, quelles modifications de réglage de la boucle cela entraîne-t-il si l'on veut garder le même amortissement ?

IV - Amélioration de la boucle.

On désire améliorer la régulation en minimisant l'influence des variations du débit de charge sur la température de sortie.

1 - Proposer un schéma de régulation tenant compte de l'appareillage déjà installé.

2 - Indiquer clairement les mesures et essais qu'il faudrait entreprendre pour régler les nouveaux modules insérés dans le schéma ci-dessus.

Annexes

Annexe 1

TT = Transmetteur de température

FT = Transmetteur de débit

AT = Transmetteur analyseur

TC = Régulateur de température

FC = Régulateur de débit

Annexe 2

