

BTS CONTROLE INDUSTRIEL ET REGULATION AUTOMATIQUE

U41 – Instrumentation et régulation

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

**L'utilisation d'une calculatrice réglementaire est autorisée.
Aucun document autorisé.**

Note : Toutes les parties sont indépendantes et peuvent être traitées séparément, il est cependant recommandé de les traiter dans l'ordre naturel après avoir lu l'intégralité du sujet.

Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12

<p>Les annexes 2 et 3 sont à rendre agrafées avec la copie d'examen</p>
--

**Les feuilles à rendre seront agrafées à la copie par le surveillant sans
aucune identité du candidat.**

EXTRUDEUSE INDUSTRIELLE

L'extrusion est un procédé principalement utilisé en agroalimentaire, chimie-plastique et pâte à papier.

Un schéma d'une extrudeuse est donné en *Annexe 1, page 7/12*.

Une vis sans fin tourne à l'intérieur d'un fourreau en entraînant et mélangeant les matières brutes introduites dans la trémie.

Le profil de la vis est étudié en fonction du type de matière à transformer (ex : pâte à papier, farine pour les biscuits apéritifs, granules pour le plastique, etc.).

La matière brute durant son transport sera chauffée afin d'être fondue ou cuite suivant les cas. Un profil de température est établi suivant des zones.

Pour contrôler la température sur chaque zone, sont installés une résistance chauffante et un système de refroidissement à l'eau. La mesure de température de chaque zone est effectuée par thermocouple.

En fin de fourreau (ensemble des zones), une filière permet d'obtenir la forme désirée du produit.

La machine utilisée comme support pour cette étude est une extrudeuse de gamme moyenne utilisée pour fabriquer des biscuits apéritifs.

Grandeurs de fonctionnement pour le type de machine étudié :

Débit des matières introduites • farine + additif : 800 kg/h
• eau : de 5 à 15 % du débit massique : farine + additifs.

Température de travail de 120 °C à 150 °C suivant les zones.

Puissance des colliers chauffants : 15 kW

Vitesse des vis 250 tr/min

Pression en tête de filière : 60 bar

Temps de transfert de la matière : 35 s

Masse volumique de l'eau à 20 °C : 1 000 kg/m³

INSTRUMENTATION (7 points)

I1 : MESURE DE TEMPERATURE (*Documents en Annexe 5*)

- I1-1 Justifier le choix du thermocouple **J**.
- I1-2 Déterminer l'erreur absolue maximum pouvant être commise par un thermocouple **J**, classe de tolérance 2, autour de 150°C.
- I1-3 Pour une mesure à 150°C et une température ambiante de 20°C, déterminer la f e m délivrée par le thermocouple **J**.

I2 : MESURE DE DEBIT D'EAU

On souhaite mesurer le débit d'eau introduite à l'entrée de l'extrudeuse avec un débitmètre électromagnétique *PROMAG 50 H* (*documents en Annexe 6*).

- I2-1 Déterminer le débit massique maximum d'eau introduit en kg/h.
- I2-2 Déterminer le débit volumique maximum d'eau introduit en m³/h.
- I2-3 Pour un débit de 0,08 m³/h et pour un DN de 4 mm, déterminer la vitesse du fluide en m/h puis en m/s.
- I2-4 Quelles sont les précautions à prendre quant à l'implantation d'un capteur de débit électromagnétique ?
- I2-5 Dans le cadre d'une modernisation de l'installation, l'implantation d'un SNCC est envisagée.
- expliciter le sigle SNCC
 - le capteur *PROMAG 50 H* peut-il être utilisé ? Justifier.

REGULATION (13 points)

R1 : RECHERCHE D'UN MODELE DU PROCEDE

On s'intéresse à la régulation de température de la zone 2.

A partir d'un point de fonctionnement stable un échelon de commande de 10% sur l'organe de chauffe a permis d'obtenir la réponse donnée en *Annexe 2 (à rendre avec la copie)*.

R-1 Déterminer le modèle de BROÏDA (par la méthode de Broïda) que l'on notera

$$H(p) = \frac{K \cdot e^{-T \cdot p}}{1 + \tau \cdot p}$$

Avec : K = gain statique

T = retard en secondes

τ = constante de temps en secondes

R2 : RECHERCHE D'UN REGLAGE

Pour la suite de ce sujet on prendra pour H(p) : $H(p) = \frac{0,4 \cdot e^{-30 \cdot p}}{1 + 240 \cdot p}$

Le correcteur utilisé est un PID de structure mixte de fonction de transfert notée C(p).

On choisit de réguler en **PI** avec $T_i = \tau$ (T_i est la constante de temps d'intégration).

L'amplification du régulateur sera notée A.

R2-1 Etablir la fonction de transfert en boucle ouverte notée T(p).

R2-2 Déterminer l'amplification critique du régulateur notée A_c qui met le système en oscillations entretenues.

R2-3 On désire fonctionner avec une marge de gain de 8dB. Donner la nouvelle valeur de A.

R2-4 Préciser qualitativement ce qu'apporterait une action dérivée.

R3 : REGULATION DE TENDANCE

La température d'une zone amont influe sur sa zone aval du fait notamment du transport de matière. Voir l'*Annexe 3*.

On se propose de mettre en place une régulation de tendance afin de limiter ce problème.

R3-1 Justifier le choix de cette stratégie.

R3-2 Compléter, sur le schéma TI de l'*annexe 3 (à rendre avec la copie)*, les fonctions des blocs FY1 et FY2.

- R3-3 A partir du schéma fonctionnel de l'*Annexe 3*. Calculer l'expression de $M(p)$ en fonction de $W(p)$, $Z(p)$, $C(p)$, $Hr(p)$, $Hz(p)$, $G(p)$. Donner le résultat sous la forme $M(p)=F1(p).W(p)+F2(p).Z(p)$
- R3-4 Donner l'expression de $G(p)$ qui permet théoriquement de s'affranchir de l'effet de la perturbation $Z(p)$ sur la mesure en fonction de $Hr(p)$ et $Hz(p)$.
- R3-5 On choisit de prendre pour $G(p)$ une simple amplification notée A_K que l'on cherche à calculer.
On réalise pour cela deux essais en charge dont les résultats sont présentés ci-dessous.

L'échelle des transmetteurs de température utilisés est de 0 +400°C.

ESSAI n°1 :

Situation de départ :

- zone amont en automatique température de consigne 150°C
- zone aval en manuel température stabilisée à 150°C.

On passe la consigne de la zone amont de 150 à 180°C

Après stabilisation :

- zone amont en automatique température de consigne 180°C
- zone aval en manuel température stabilisée à 155°C.

ESSAI n°2 :

Situation de départ :

- zone amont en automatique température de consigne 150°C
- zone aval en manuel température stabilisée à 150°C ; $Y_r=30\%$.

On passe Y_r de 30 à 35%

Après stabilisation :

- zone amont en automatique température de consigne 150°C
- zone aval en manuel température stabilisée à 157,5°C.

R3-5-1 A partir de l'essai n°1, déterminer le gain statique sans unités de la fonction de transfert $Hz(p)$. On le notera K_z .

R3-5-2 A partir de l'essai n°2, déterminer le gain statique sans unités de la fonction de transfert $Hr(p)$. On le notera K .

R3-5-3 Calculer l'amplification notée A_K de la fonction de transfert $G(p)$.

R4 : REGULATION A ECHELLE PARTAGEE

Le profil de la vis est tel que dans certaines zones la matière est en compression. Cela a pour effet d'accentuer les efforts mécaniques de cisaillement qui dégagent de la chaleur. Il est alors nécessaire de refroidir. Nous sommes ici en présence d'une régulation de type chaud/froid.

Les actionneurs sont pilotés par un signal analogique. La sortie du régulateur est commune aux deux actionneurs. Voir l'*Annexe 4*. Le partage est réalisé sur les actionneurs.

L'objectif est de rechercher une valeur judicieuse de Y_{r0} sur le diagramme de partage d'échelle.

Pour cela on réalise deux essais en charge dont les résultats sont présentés ci-après. Le point de partage initial est $Y_{R0} = 60 \%$.

L'échelle du transmetteur de température utilisé est toujours de 0 +400°C.

ESSAI n°1 :

A partir d'un point de fonctionnement stable, on passe le régulateur en manuel puis l'on effectue un échelon de +10 % sur Y_r . La température s'élève de 15,4°C.

ESSAI n°2 :

A partir du même point de fonctionnement stable, on passe le régulateur en manuel puis l'on effectue un échelon de -5 % sur Y_r . La température chute de 18°C.

R4-1 Déterminer le gain statique sans unités du procédé chaud noté K_{ch}

R4-2 Déterminer le gain statique sans unités du procédé froid noté K_{fr}

R4-3 Comment décaler le point de partage Y_{R0} pour équilibrer les 2 gains statiques.

R5 : REGULATION MODULEE

On s'intéresse ici à la commande du chauffage. Des colliers chauffants alimentés en 220V monophasé sont pilotés par des contacteurs.

La puissance de chauffe demandée par le régulateur va de 0 % (aucun chauffage contacteur ouvert) à 100 % (chauffage maximum contacteur fermé en permanence).

Le temps de cycle C_y est fixé à 10s.

R5-1 Quel est l'intérêt de ce genre d'actionneurs ?

R5-2 Quel pourcentage de la constante de temps du système représente ce temps de cycle ? Que se passe-t-il si le temps de cycle est trop important ?

R5-3 Pour $Y_r = 40 \%$ puis $Y_r = 60 \%$ et un temps de cycle de 10 sec, tracer sur votre copie deux chronogrammes représentant la commande du contacteur en fonction du temps (0 : ouvert ; 1 : fermé).

Echelles : en abscisse 1 cm correspond à 1s et en ordonnée 5 cm correspondent à 1.