

REGULATION D'UN SYSTEME DE CHAUFFAGE DES BATIMENTS

Daniel POPESCU

Université Technique des Constructions de Bucarest
Faculté d'Équipements Techniques des Bâtiments
Bd Pache Protopopescu nr. 66, 73232 București
dpopescu@instal.utcb.ro

Résumé. L'article fait l'analyse d'une installation de chauffage des bâtiments, composée d'une chaudière et d'une enceinte chauffée par des radiateurs. L'objectif du système est de pouvoir contrôler la température d'une enceinte, malgré les perturbations subies par le système. La relation entre la température de l'enceinte en fonction de la température de consigne et d'extérieur est établie en utilisant les équations en transformée de Laplace.

Mots clé: équations de fonctionnement, fonctions de transfert, schéma bloc du système, graphe de fluence.

Introduction

On propose de faire l'étude simplifiée d'un système de régulation automatique pour les installations de chauffage des bâtiments, composé du point de vue technologique, d'une chaudière, d'une enceinte et des radiateurs qui chauffe l'enceinte. Pour assurer le control de la température de l'enceinte est obligatoire d'utiliser un contrôleur et un détecteur de température.

L'objectif du système est de pouvoir contrôler la température de l'enceinte malgré les perturbations subies par le système.

Schéma de principe

Le schéma de principe de ce système de chauffage est donné dans la figure 1.

Le système est constitué des éléments suivants:

- La chaudière qui est à température homogène θ . La capacité calorifique totale (chaudière et eau qu'elle contient) est C_1 . L'équation qui régit l'échange entre l'élément chauffant et la chaudière, conformément [4, 5], est:

$$P_1 = C_1 \cdot \frac{d\theta_1}{dt} + K_1 \cdot (\theta_1 - \theta) \quad (1)$$

θ est la température de l'enceinte à régler, K_1 est le coefficient d'échange entre la chaudière et l'enceinte. Les échanges entre la chaudière et le milieu extérieur sont négligés.

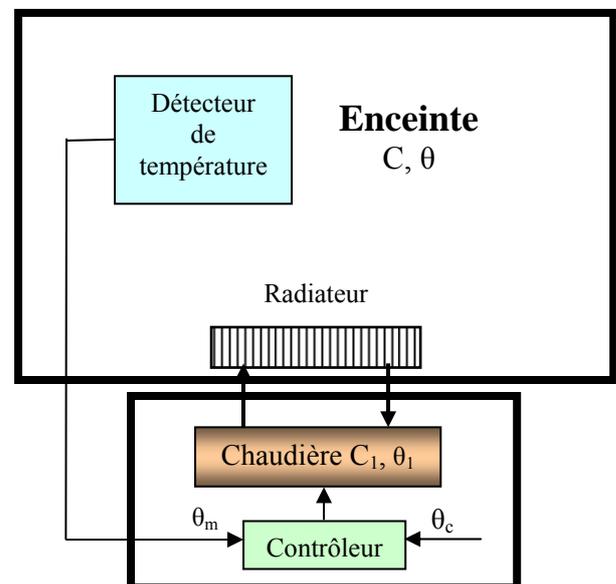


Figure 1.

- Le détecteur de température est constitué d'un thermocouple représenté par une fonction de transfert du premier ordre [1, 2, 3] avec une constante de temps de 2 secondes et un gain statique de 1. La température θ_m mesurée par ce thermocouple est utilisée par le contrôleur pour commander une puissance calorifique P_1 ,

proportionnellement à l'écart entre une température de consigne θ_c et la température mesurée θ_m . La constante de proportionnalité correspondante est a . La puissance P_1 est fournie à la chaudière par l'élément chauffant de celle-ci.

- L'enceinte est à température homogène θ . La capacité calorifique de l'enceinte, y compris ce qu'elle contient, est C . Le coefficient d'échange entre l'enceinte et le milieu extérieur à température θ_0 est K .

Schéma bloc du système

Pour construire le schéma bloc du système, nous allons considérer θ_c comme variable d'entrée et θ comme variable de sortie, et expliciter les équations caractérisant le fonctionnement de chaque élément constituant le système.

▪ Le thermocouple

Compte tenu de la description du comportement dynamique du thermocouple, nous pouvons écrire la fonction de transfert:

$$\frac{\theta_m(s)}{\theta(s)} = \frac{1}{1+2s} \quad (2)$$

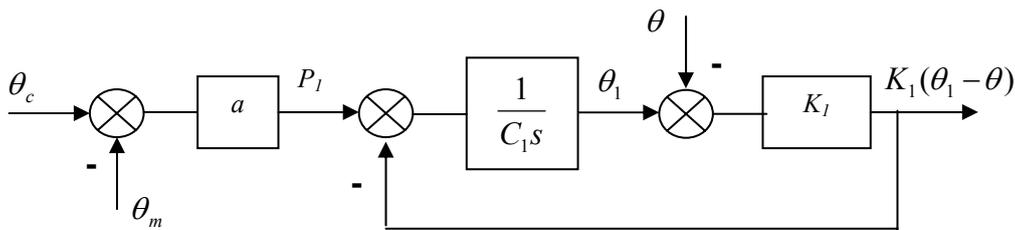


Figure 2.

En passant en transformée de Laplace avec condition initiale nulle, nous obtenons:

$$\begin{aligned} P(s) &= K_1(\theta_1(s) - \theta(s)) = \\ &= Cs\theta(s) + K(\theta(s) - \theta_0(s)). \end{aligned} \quad (5)$$

Le schéma bloc pour l'enceinte est représenté dans la figure 3.

▪ La chaudière

La chaudière est caractérisée par l'équation (1), avec $P_1 = a \cdot (\theta_c - \theta_m)$.

En utilisant la transformée de Laplace avec les conditions initiales nulles [2, 3], nous avons:

$$\begin{aligned} P_1(s) &= a \cdot (\theta_c(s) - \theta_m(s)) = \\ &= C_1s\theta_1(s) + K_1 \cdot (\theta_1(s) - \theta(s)) \end{aligned} \quad (3)$$

d'où le schéma bloc pour la chaudière dans la figure 2.

La variable de sortie de la chaudière $K_1(\theta_1 - \theta)$ représente la puissance calorifique fournie par la chaudière à l'enceinte par le radiateur.

▪ L'enceinte

L'équation qui caractérise le fonctionnement de l'enceinte [4, 5] est du même type que l'équation qui caractérise le fonctionnement de la chaudière:

$$P = C \frac{d\theta}{dt} + K(\theta - \theta_0) \quad (4)$$

avec $P = K_1 \cdot (\theta_1 - \theta)$.

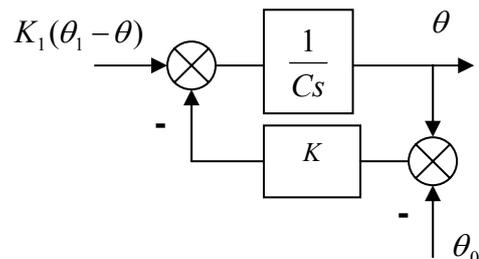


Figure 3.

Compte tenu de tous les éléments, nous obtenons le schéma global représenté dans la figure 4.

Relation entre les températures de l'enceinte, de consigne et d'extérieur.

On se propose de déterminer la relation donnant θ en fonction de θ_c et θ_0 .

Partant des équations caractérisant θ_m , P_I et P il vient les relations respectives:

$$\theta_m(s) = \frac{\theta(s)}{1 + 2s} \quad (6)$$

$$\theta(s) = \frac{(C_1s + K_1) \cdot \theta_1(s) + a\theta_m(s) - a\theta_c(s)}{K_1} \quad (7)$$

$$\theta_1(s) = \frac{(K_1 + C_1s + K) \cdot \theta(s) - K\theta_0(s)}{K_1} \quad (8)$$

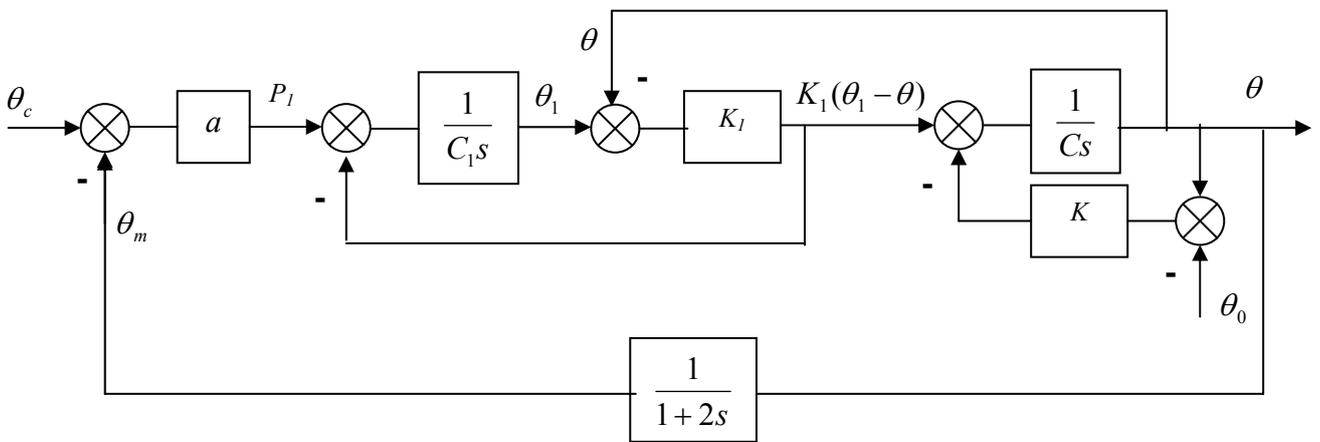


Figure 4.

Le graphe de fluence est dessiné dans la figure 5.

Partant de θ_c , il y a une chaîne directe de transmittance $T_c = \frac{-a}{K_1}$. Le déterminant associé est $\Delta_c = 1$.

Partant de θ_0 il y a une chaîne directe de transmittance $T_0 = \frac{-K \cdot (C_1s + K_1)}{K_1^2}$. Le déterminant associé est $\Delta_0 = 1$.

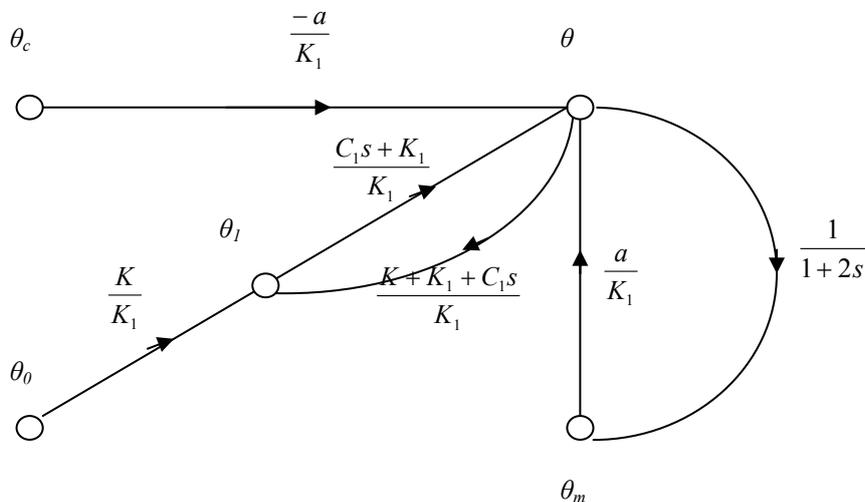


Figure 5.

Le déterminant Δ du graphe complet s'écrit:

$$\Delta = 1 - \frac{(C_1 s + K_1)(K + K_1 + C_1 s)}{K_1^2} - \frac{a}{K_1(1 + 2s)} \quad (9)$$

soit

$$\Delta = \frac{K_1^2 \cdot (1 + 2s) - aK - (1 + 2s) \cdot [K_1 K + (C_1 K + 2C_1 K_1) \cdot s + C_1^2 s^2]}{K_1^2 \cdot (1 + 2s)} \quad (10)$$

On obtient alors, en appliquant la règle de Mason, la relation (11):

$$\theta(s) = \frac{T_C \Delta_c}{\Delta} \theta_c(s) + \frac{T_0 \Delta_0}{\Delta} \theta_0(s) \quad (11)$$

entre les températures de l'enceinte, de consigne et d'extérieur.

Conclusions

La régulation d'un système de chauffage permet de:

- ✓ régler automatiquement la puissance de l'installation de chauffage en fonction des besoins (charge);
- ✓ maintenir à une valeur de consigne la température intérieure soumise à des variations.

Les tableaux de commande pour les chaudières assurent la température d'ambiance désirée dans un local, en réglant la température de la

chaudière (la température de départ) en fonction de la température extérieure, en concordance avec la courbe de chauffe choisie.

Complété avec une sonde d'ambiance, le système de régulation est capable d'assurer la température d'enceinte en concordance avec la valeur de consigne.

Le schéma bloc obtenu dans la figure 4 et l'équation (11) viennent de clarifier la stratégie de régulation pour les systèmes de chauffage des bâtiments.

La régulation automatique permet d'assurer le confort thermique tout en faisant des économies d'énergie.

Bibliographie

- [1] Popescu D. (1998) *Contribuții la conducerea ierarhizată a instalațiilor din clădiri*. Teză de doctorat, U.T.C.B..
- [2] Popescu D. (2000) *Teoria sistemelor automate*. Editura Matrix Rom, București.
- [3] Mira N. (coord.),..., Popescu D.,... (2002) *Manualul de instalații. Instalații electrice și de automatizare*. – Vol. IV (E), Editura ARTECNO București,.
- [4] Sueur C., Vanheeghe P., Borne P. (1997) *Automatique des systèmes continus*. Editions Technip, Paris.
- [5] Inard C. (2000) *Régulation des systèmes de chauffage*. Université de La Rochelle.