

APROXIMAREA MODELULUI MATEMATIC AL CUPTORULUI ELECTRIC CU OBIECT CU AVANS ȘI ÎNTÂRZIERE

Dumitru MORARU, Irina COJUHARI, Ștefan MORCODEANU

Universitatea Tehnică a Moldovei

Abstract: În lucrare a fost făcută identificarea experimentală al modelului matematic cuptorului electric. Pentru identificarea modelului matematic a fost ridicată curba experimentală, care a fost identificată în baza blocului System Identification Toolbox din pachetul de programe Matlab. Modelul matematic al cuptorului a fost aproximat cu modelul de obiect cu avans și întârziere.

Cuvinte cheie: senzor, termocuplu, sistem automat, identificare, model matematic, funcție de transfer, proces tranzitoriu.

1. Introducere

Reprezentarea unui proces fizic printr-un model matematic a devenit o necesitate pentru proiectarea instalațiilor tehnologice sau studiul comportamentului unui proces fizic. A modela procese fizice înseamnă a determina un set de relații între variabilele fizice sub forma unor structuri matematice de tipul ecuațiilor diferențiale, care pot fi obținute în baza utilizării procedurilor de identificare. Identificarea proceselor reprezintă estimarea parametrilor și structurii modelului matematic asigurând aproximarea comportamentului modelului cu cel a procesului industrial cu o exactitate cât mai mare [1].

Există două tehnici de identificare a modelului matematic al procesului :

1. *Identificarea analitică* – în cazul dat modelul matematic se obține pe baza legilor fizico-chimice.
2. *Identificarea experimentală* – presupune obținerea modelului matematic pe baza datelor de intrare și ieșire achiziționate de la proces.

În procesul identificării se utilizează două modele de identificare:

1. *Parametrice* – cel mai des utilizate fiind modelele din clasa ARMAX.
2. *Neparametrice* – analiza procesului tranzitoriu, analiza în domeniul frecvențial și analiza spectrală.

2. Descrierea sistemului

Schema bloc funcțională a sistemului este prezentată în Fig. 1 unde avem următoarele însemnări: 1 – cuptor electric cu element de încălzire, 2 – traductor de temperatură termocuplu TXK(L), 3 – camera cuptorului, 4 – releu, 5 – placa de comandă, 6 – calculator PC [2, 3].

Caracteristicile tehnice ale cuptorului electric sunt :

1. Puterea disipata - 100 W.
2. Tensiunea de alimentare a cuptorului până la 100 V.
3. Cuptorul electric fiind construit din nicrom.
4. Diametrul sirmei de nicrom-0.5 mm.
5. Volumul cuptorului electric fiind de 400 cm³.
6. Temperatura maximală de lucru fiind $T=400$ °C.

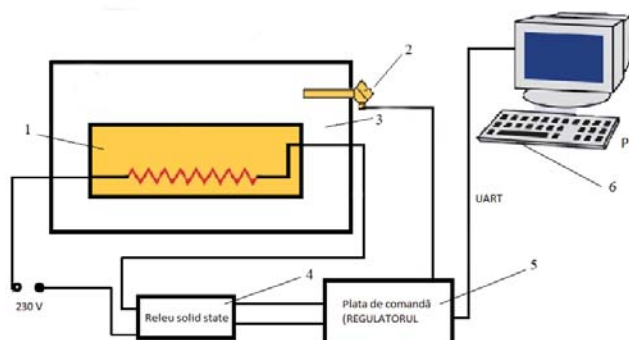


Fig. 1. Schema bloc funcțională cuptorului electric.

3. Identificarea modelului matematic

Pentru a obține modelul matematic al cuptorului electric s-a ridicat curba experimentală de variație a temperaturii (Fig. 2). La intrare sistemului a fost aplicată puterea de referință de 87 W, iar la ieșirea temperatura s-a setat la 225 °C.

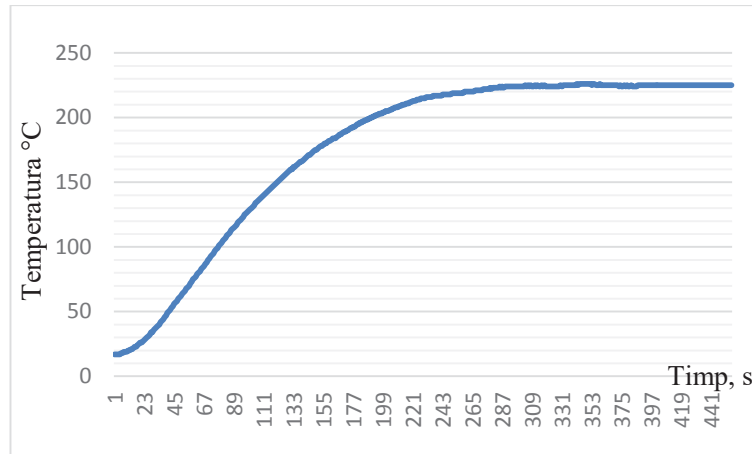


Fig. 2. Curba experimentală de variație a temperaturii.

Pentru estimarea parametrilor modelului matematic al cuptorului a fost utilizat System Identification Toolbox din Matlab, interfața căruia este prezentată în Fig.3.

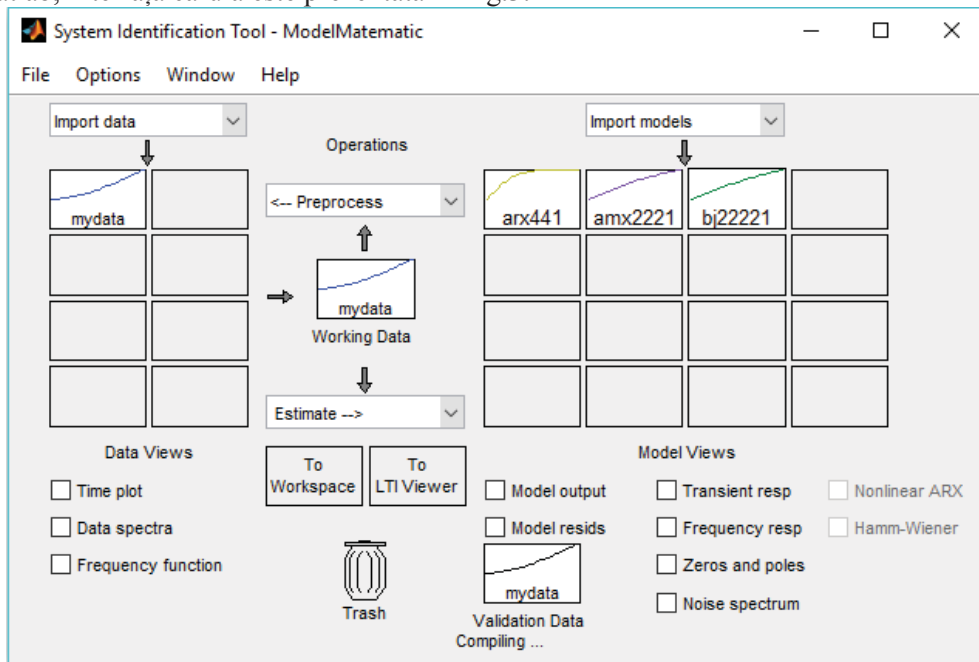


Fig. 3. Interfața System Identification Toolbox.

Pentru identificarea s-a folosit clasa ARMAX (Autoregressive Moving Average eXogenous) - modelele ARMAX, ARX, BJ și în urma identificării au fost obținute următoarele modele:

1. ARMAX [na nb nc nk]

$$A(q)y(t) = B(q)u(t) + C(q)e(t), \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{unde } A(q) &= 1 - 1.9682s^{-1} + 0.9682s^{-2}, \\ B(q) &= 0.0334s^{-1} + 0.0334s^{-2}, \\ C(q) &= 1 - 1.657s^{-1} + 0.7092s^{-2}. \end{aligned}$$

Funcția de transfer discretă identificată a fost convertită în funcția de transfer în transformata Laplace:

$$H(s) = \frac{-0.001828s + 6.789}{s^2 + 0.3232s - 2.813s - 0.14}. \quad (2)$$

2. ARX [na nb nk]

$$A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t), \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \text{unde } A(q) &= 1 - 0.7095s^{-1} - 0.6611s^{-2} - 0.0875s^{-3} + 0.4613s^{-4} \\ B(q) &= 0.1898s^{-1} - 0.1898s^{-2} + 0.1898s^{-3} + 0.1898s^{-4} \end{aligned}$$

Funcția de transfer discretă identificată pentru modelul ARX a fost convertită în funcția de transfer în transformata Laplace:

$$H(s) = \frac{0.9235s^3 + 87.24s^2 - 538.5s + 9243}{s^4 + 7.737s^3 + 605.3s^2 + 1108s + 77.92}. \quad (4)$$

3. BJ [nb nc nd nf nk]

$$y(t) = [B(q)/F(q)]u(t) + [C(q)/D(q)]e(t), \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{unde } B(q) &= 0.0212s^{-1} + 0.0212s^{-2}, \\ C(q) &= 1 - 1.005s^{-1} + 0.354s^{-2}, \\ D(q) &= 1 - 1.167s^{-1} + 0.1982s^{-2}, \\ F(q) &= 1 - 1.977s^{-1} + 0.9773s^{-2}. \end{aligned}$$

Funcția de transfer discretă identificată pentru modelul BJ a fost convertită în funcția de transfer în transformata Laplace:

$$H(s) = \frac{-0.0008207s + 4.289}{s^2 + 0.2296s + 0.03035}. \quad (6)$$

În Fig. 4 este prezentată compararea proceselor tranzitorii obținute pentru fiecare model identificat. Din Fig. 4 se observă că cel mai bun rezultat a fost obținut pentru modelul ARMAX.

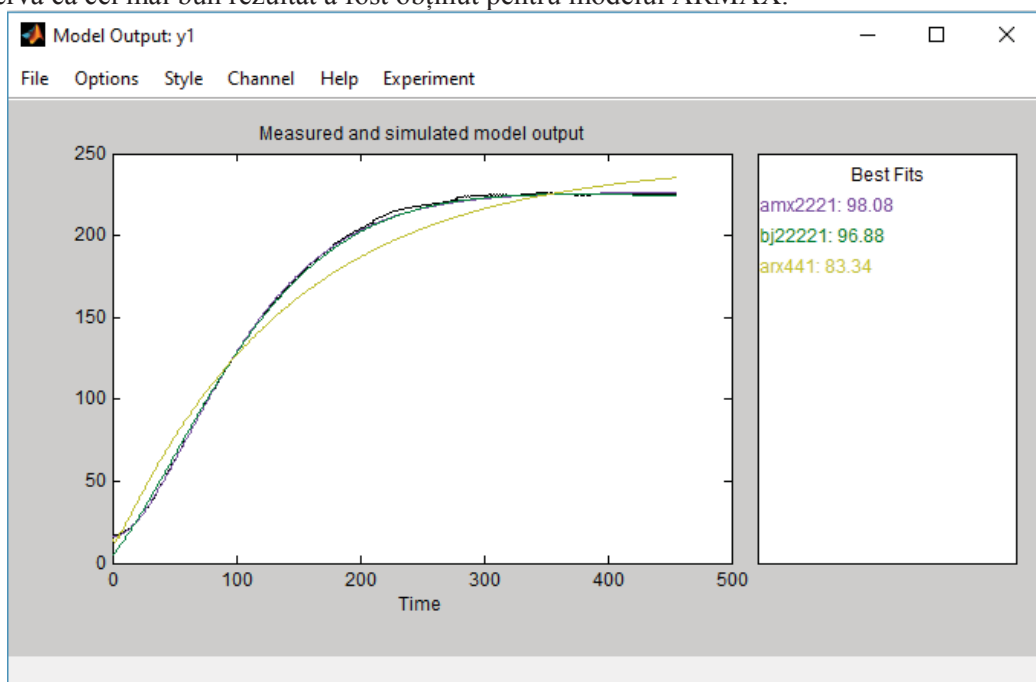


Fig. 4. Procesele tranzitoriu pentru modelele ARMAX, ARX, BJ.

Concluzie

În lucrare a fost efectuată identificarea experimentală modelului matematic a cuptorului electric. Pentru identificare s-a folosit System Identification Toolbox din Matlab. Pentru identificare au fost alese modelele ARMAX, ARX, BJ și s-a observat că cel mai bun rezultat a fost obținut pentru modelul ARMAX.

Bibliografie

1. Cojuhari I., Izvoreanu B. *Ghid pentru proiectare de curs "Modelare și identificare"*. Chișinău: Tehnica-UTM, 2015, p. 120. ISBN 978-9975-45-376-9.
2. Cojuhari I., Izvoreanu B., Fiodorov I., Moraru D. *Sinteza algoritmului de conducere cu procesul termic în cuptor*. Meridian Ingineresc, Nr. 2, 2016, UTM, p. 83-88.
3. Moraru D., Cojuhari I., Perov M. *Sistem de reglare automată a regimului termic al ciocanului de lipit*. În: *Materialele Conferinței Tehnico-Științifice a Colaboratorilor, Doctoranzilor și Studenților UTM*, 15-23 noiembrie 2013/Univ. Tehn. Moldovei. - Chișinău: Tehnica-UTM, 2013.-Vol. 1, p. 130-133.