

Návrh robustného regulátora pre intervalové systémy s dopravným oneskorením

Mária Hypiúsová a Ľubomír Grman

Abstrakt

Predkladaný príspevok prezentuje návrh robustného regulátora vo frekvenčnej oblasti pre intervalový systém. Neurčitosti systému vchádzajú multilineárne, pre ktoré sú odvodené hraničné prenosové funkcie. S postačujúcou podmienkou stability sa aplikuje návrh robustného PI regulátora pomocou logaritmických frekvenčných charakteristík. Praktické použitie metódy je ilustrované na procese tavenia skla v sklárskej peci. Koeficienty prenosovej funkcie modelu a veľkosť dopravného oneskorenia sú z daných intervalov. Výsledky syntézy sú overené simuláciou v prostredí MATLAB a ukazujú dosiahnutie požadovanej kvality riadenia a robustnosti.

Kľúčové slová: multilineárna neurčitosť, robustnosť, intervalový systém.

1. ÚVOD DO PROBLEMATIKY

V súčasnej literatúre sa často rieši problém robustnej analýzy a robustného riadenia reálnych procesov. Metódy riadenia konkrétnych aplikácií sú zvyčajne založené na matematickom opise reálnych procesov získaných identifikáciou. Takýto model je len aproximáciou pre návrh riadenia. Vždy je rozdiel medzi reálnym systémom a jeho modelom, a preto sa model procesu dopĺňa o neurčitosti.

V praktických situáciách sa uvažujú dva typy neurčitostí: nemodelovaná dynamika, ktorá reprezentuje vysokofrekvenčné neurčitosti a parametrické neurčitosti reprezentujúce nedostatok znalostí o parametroch aktuálneho systému. Ak sa jednotlivé parametre modelu môžu meniť v konkrétnych intervaloch, potom sa hovorí o intervalových systémoch.

Súčasný vývoj robustného riadenia systémov s parametrickými neurčitosťami je ovplyvnený Charitonovou teorémou (1978), pomocou ktorej stačí kontrolovať stabilitu iba štyroch polynómov. Ďalší významný pokrok v robustnej analýze parametrickej stability vyvolala publikácia Barlett, Hollot a Lin (1988). Dokázali stabilitu celej skupiny polynómov, ktorých koeficienty sa menia v ľubovoľnom polytope, ak sú stabilné všetky hraničné prenosové funkcie.

V príspevku je ukázaný praktický návrh robustného regulátora pre sklársku pec. Princíp robustnej syntézy a analýzy je založený na metodike Bhattacharyyu, Chapellata a Keela (1995).

2. PRAKTICKÝ NÁVRH ROBUSTNÉHO REGULÁTORA

Uvažujme intervalovú prenosovú funkciu procesu sklárská pec v tvare:

$$G(s) = \frac{b_1 s + b_0}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + a_0} e^{-sD},$$

kde $b_1 = [2.5, 3.5]$, $b_0 = [0.15, 0.25]$,

$a_3 = [5020, 6010]$, $a_2 = [2750, 3100]$, $a_1 = [110, 130]$, $a_0 = 1$, $D = [5; 10]$.

Pre multilineárne intervalové neurčitosti bolo odvodených 960 hraničných prenosových funkcií. Na obr. 1 sú znázornené logaritmicko frekvenčné charakteristiky procesu. Keďže modul je menší ako jedna, z teórie malého zosilnenia vyplýva, že daný systém je stabilný.

Klasickým postupom sme navrhli PI regulátor vo frekvenčnej oblasti v tvare:

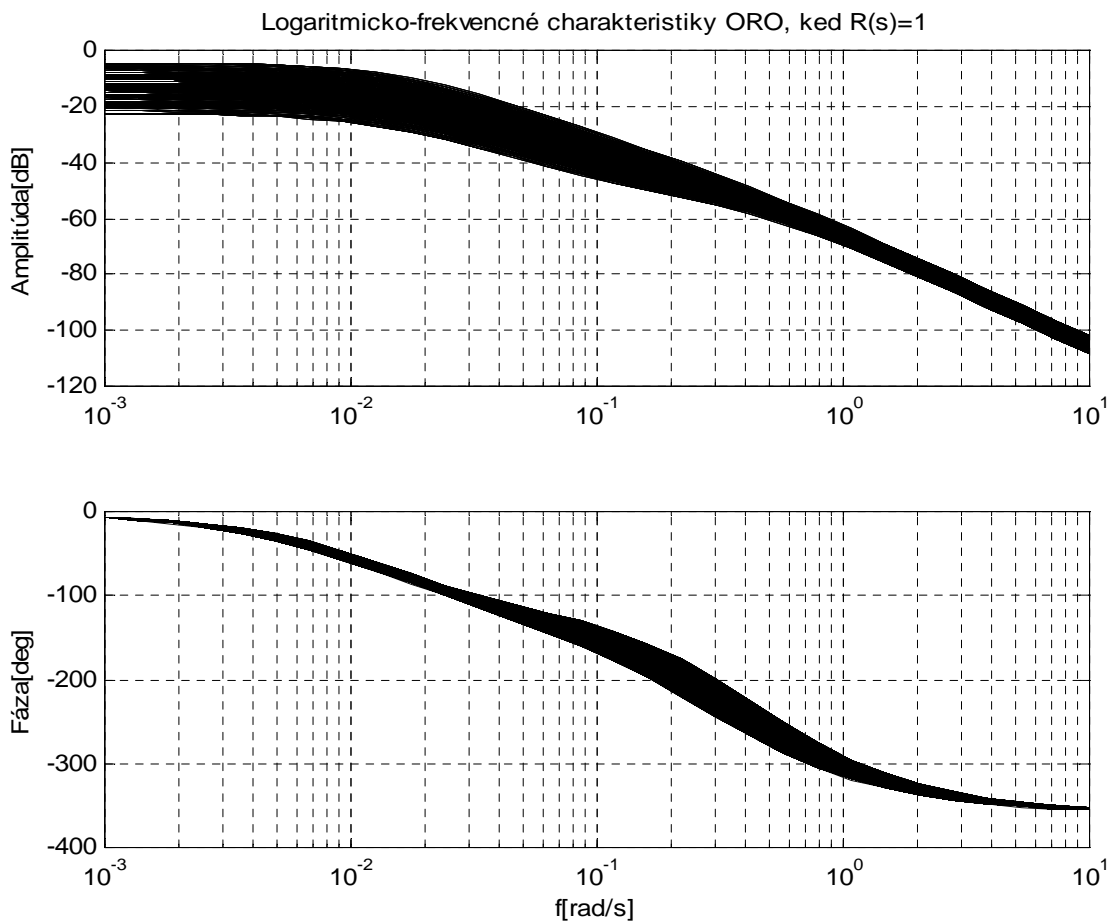
$$G_R(s) = K \left(1 + \frac{1}{T_i s} \right),$$

kde $K = 1$, $T_i = 300$ [s].

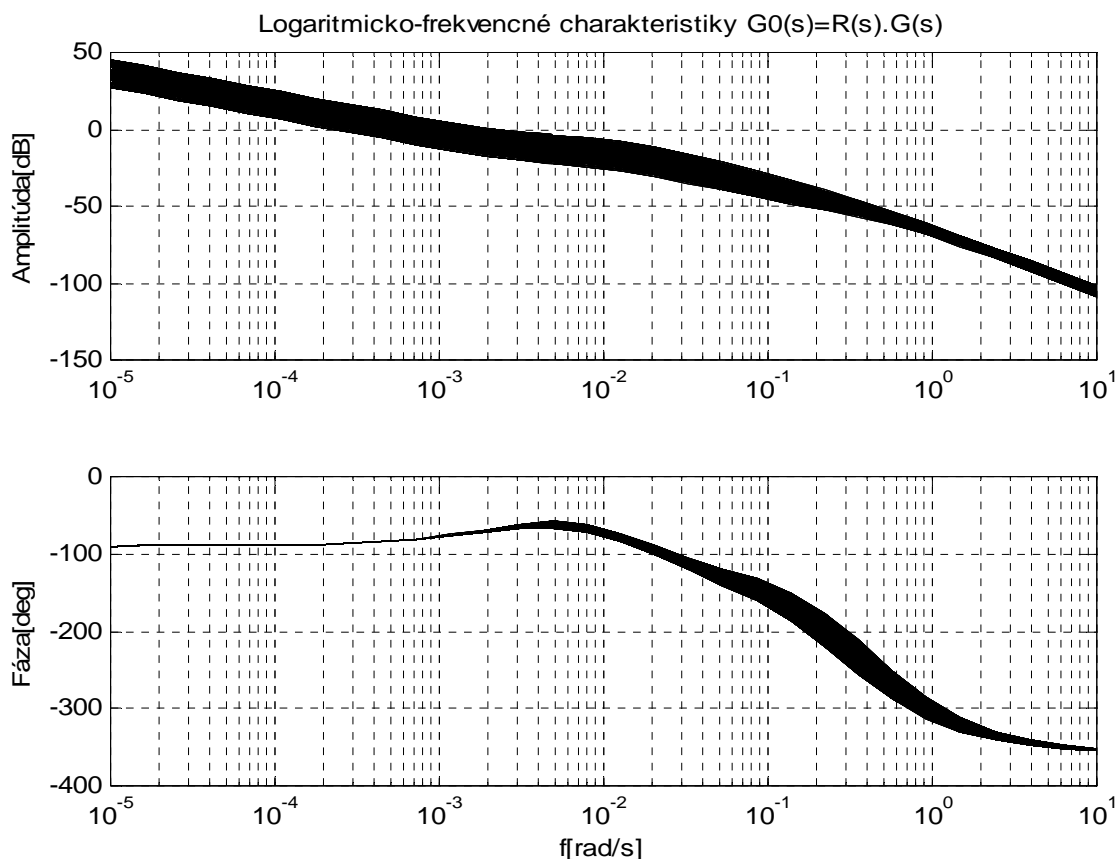
Na obr. 2 sú znázornené logaritmicko frekvenčné charakteristiky procesu s regulátorom, z ktorých je odčítaná fázová a amplitúdová bezpečnosť:

$$\Delta\varphi \in \langle 90, 115 \rangle^\circ$$

$$\Delta K \in \langle 30, 40 \rangle \text{ dB.}$$



Obr. 1 Logaritmické frekvenčné charakteristiky procesu



Obr. 2 Logaritmicke frekvenčné charakteristiky procesu s regulátorom

3. SIMULÁCIE

Identifikáciou procesu sme získali nasledovné tri prenosové funkcie:

$$G_1(s) = \frac{3s + 0.2}{5660s^3 + 2800s^2 + 115s + 1} e^{-8s}$$

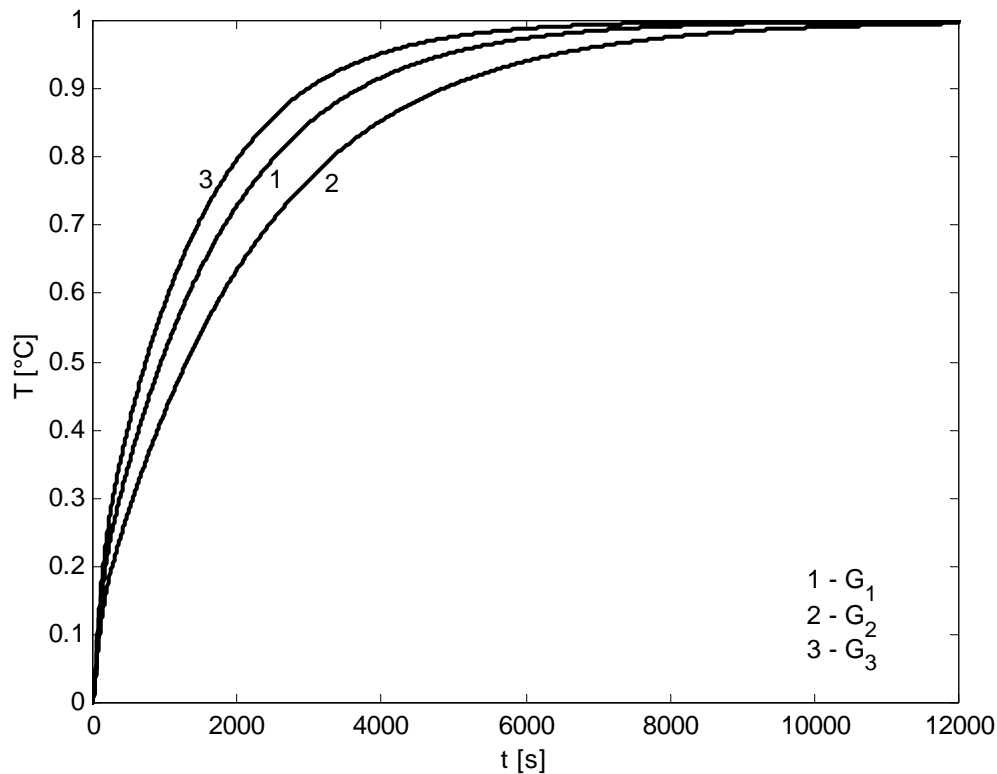
$$G_2(s) = \frac{2.5s + 0.15}{5020s^3 + 2750s^2 + 110s + 1} e^{-5s}$$

$$G_3(s) = \frac{3.5s + 0.25}{6010s^3 + 3100s^2 + 130s + 1} e^{-10s}$$

Simulácie vlastností klasického regulačného obvodu pre jednotlivé prenosové funkcie spolu s navrhnutým PI regulátorom sú realizované v programovom prostredí MATLAB pod SIMULINK-om. Výsledné časové priebehy regulovanej veličiny sú uvedené na obr. 3.

4. ZÁVER

V článku sme sa zaoberali problematikou návrhu robustného riadenia SISO regulačných obvodov. Problém robustného riadenia sme riešili nastavením parametrov PI regulátora na základe logaritmickej frekvenčnej charakteristiky intervalového systému.



Obr. 3 Prechodové charakteristiky uzavretého regulačného obvodu s prenosovými funkciami procesu G_1 , G_2 , G_3

Verifikáciu dobrých výsledkov robustnosti a kvality regulácie sme uskutočnili na demonštračnom príklade tavenia skla v sklárskej peci.

LITERATÚRA

- BARTLETT, A.C., HOLLOT, C.V., LIN, H.: Root location of an entire polytope of polynomials: it suffices to check the edges. *Mathematics of Controls, Signals and Systems*, vol.1, pp. 61-71, 1988.
- BHATTACHARYYA, S.P., CHAPPELLAT, H., KEEL, L.H.: *Robust Control: The Parametric Approach*, Prentice Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1995.
- CHAPPELLAT, H., BHATTACHARYYA, S.P.: A generalization of Kharitonov's theorem: robust stability of interval plants. *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. AC-34, No. 3, pp. 306-311, 1989.
- KHARITONOV, V. L: Asymptotic stability of an equilibrium position of a family of systems of linear differential equations, *Differential Equations*, vol. 14, pp. 1483-1485, 1979.

Autori:

Ing. Mária Hypiusová
Bc. Eubomír Grman
Slovenská technická univerzita, Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra automatizovaných systémov riadenia
Ilkovičova 3, 812 19 Bratislava
Tel.: +421 7 60291193 Fax: +421 7 65429734
e-mail:hypiusov@kasr.elf.stuba.sk