

# Domácí úkol ARI 04

Ladislav Štefka

17. března 2018

## Úkol 1 Routhova tabulka

Nalezněte rozsah zesílení  $(K, K_I)$  kaskádního kompenzátoru tak, aby uzavřená smyčka na obrázku byla stabilní. (Použijte Routh-Hurwitzovo kritérium).

Přenos otevřené smyčky:

$$L(s) = \left( K + \frac{K_I}{s} \right) \frac{1}{(s+2)(s+3)} = \frac{sK + K_I}{s(s+2)(s+3)} \quad (1)$$

Po úpravě dostávám přenos uzavřené smyčky:

$$T(s) = \frac{b(s)}{a(s)} = \frac{L(s)}{1 + L(s)} = \frac{sK + K_I}{s^3 + 5s^2 + 6(s+K) + K_I} \quad (2)$$

Charakteristická rovnice:

$$a(s) = s^3 + 5s^2 + 6(s+K) + K_I \quad (3)$$

Koeficienty tohoto polynomu  $(a_3 - a_0)$  postupně vyplníme první dva řádky tabulky. A zbylé doplníme podle pravidel. Například koeficient  $b_1$  bude dopočítán jako  $b_1 = \frac{\det \begin{bmatrix} a_3 & a_1 \\ a_2 & a_0 \end{bmatrix}}{a_2}$ .

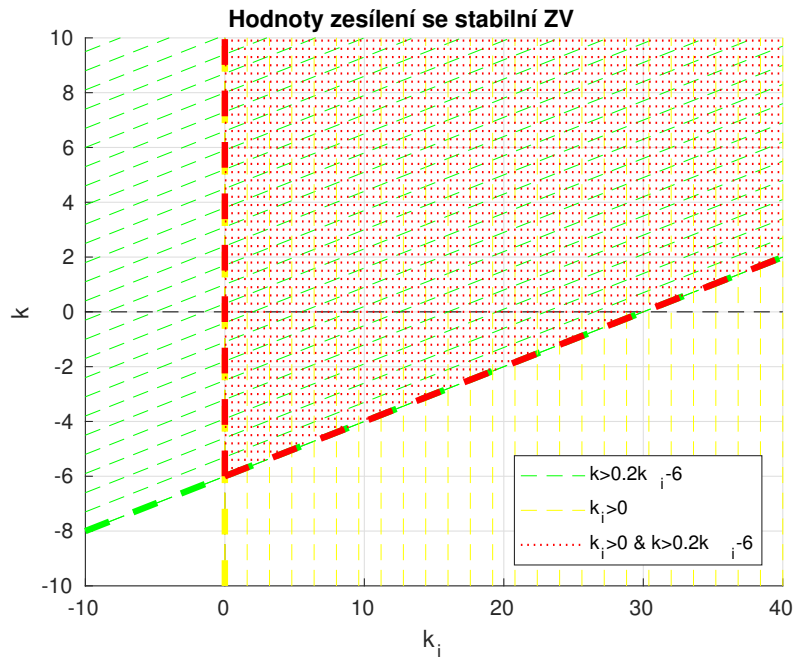
$s^2$	1	$6(s+K)$
$s^2$	5	$K_I$
$s^1$	$\frac{5(K+6) - K_I}{5}$	0
$s^0$	$K_I$	0

Tabulka 1: Routhova tabulka

Podle Routh-Hurwitzova kritéria stability, aby byl systém stabilní, nesmí koeficienty v prvním sloupci tabulky měnit znaménka. Každá změna znaménka totiž značí jeden nestabilní pól. Musí tedy platit rovnice:

$$K_I > 0 \quad (4)$$

$$K > \frac{K_I}{5} - 6 \quad (5)$$



Obrázek 1: Závislost stability uzavřené smyčky na velikosti parametrů  $K_I$  a  $K$

## Úkol 2 rltool

Navrhněte konstanty  $K_P > 0, K_I > 0$  kompenzátoru pomocí metody RL s využitím nástroje rltool Matlabu tak, aby se póly přenosu uzavřené smyčky nacházely co nejdále vlevo od imaginární osy (ten nejbližší byl co nejdál), a přitom jste dodrželi hodnotu poměrného tlumení  $\zeta = 0.7$ .

Nejdříve vygeneruji vlastní zadání podle data narození.

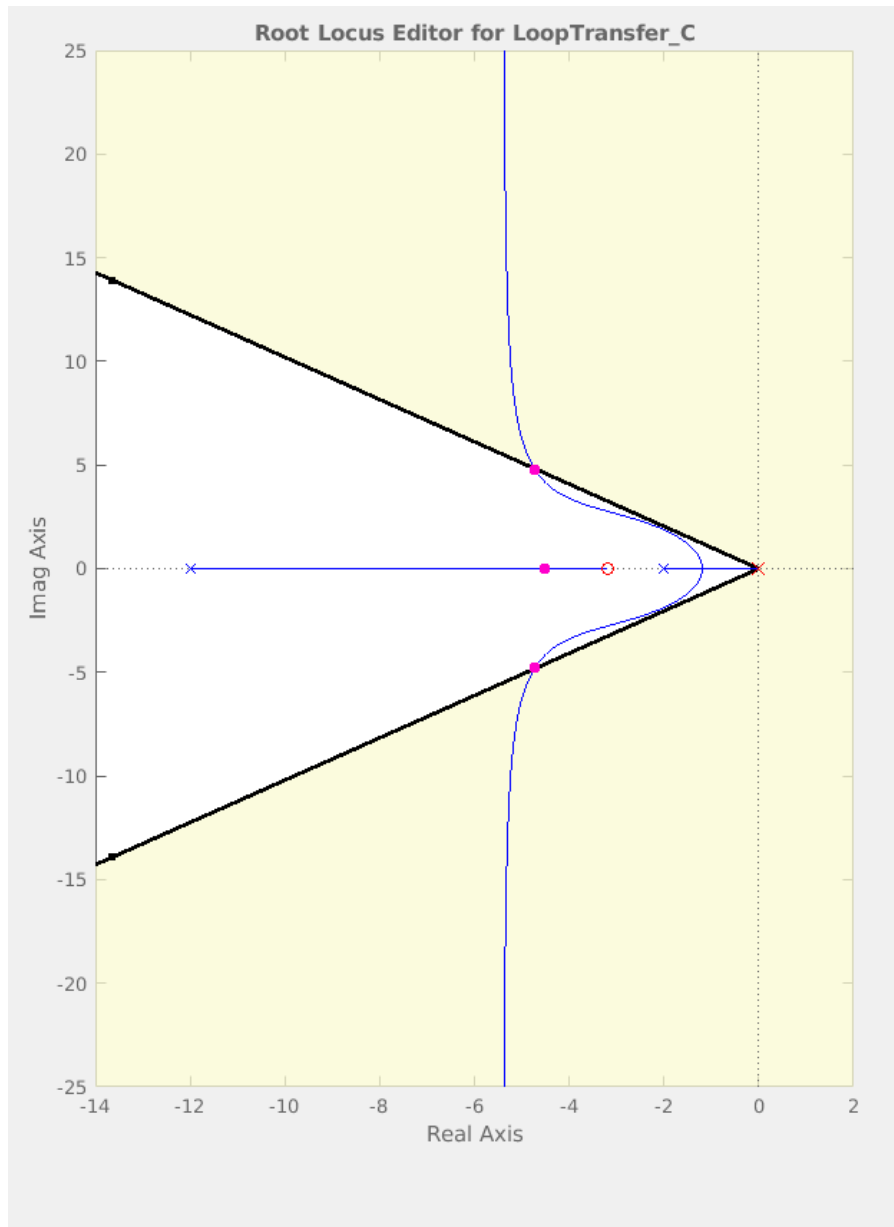
```
G= hw_4_std(02, 02, 97)
```

Vytvořený systém druhého řádu:

$$G(s) = \frac{1}{(s+2)(s+12)} \quad (6)$$

Postup ladění v Root Locus Editor

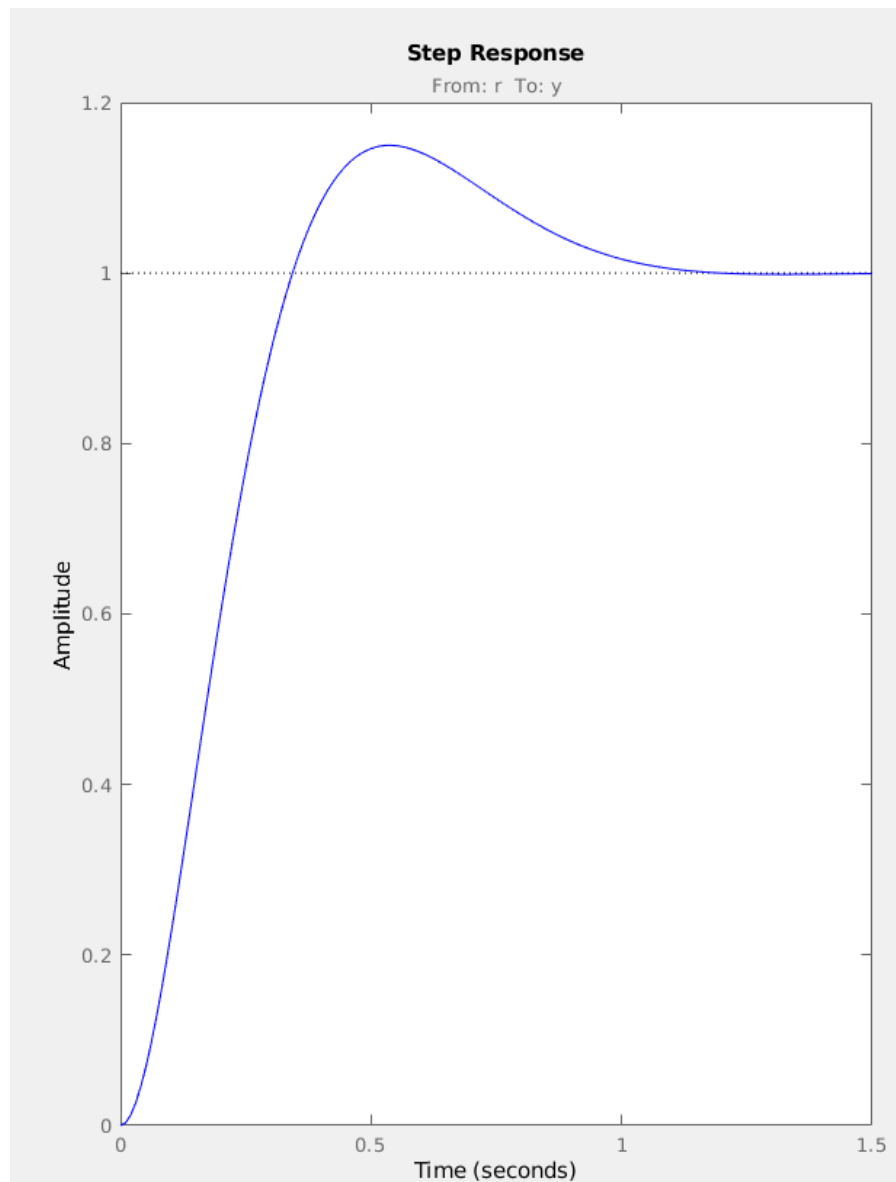
- V Root Locus editoru nejdříve v sekci *New Design Requirement* přidáme požadavek na relativní tlumení  $\zeta$ .
- V sekci *Add Pole/Zero* přidáme integrátor a nulu na reálné ose.
- Pohybujeme nulou a póly, tak aby nula ležela co nejvíce vlevo, póly byly umístěné nad sebou a také co nejvíce vzdálené od imaginární osy a bylo zachované tlumení.
- V sekci *Edit Compensator* odečteme výsledné parametry.



Obrázek 2: Grafické ladění metodou Root Locus

$$K(s) = K_P + \frac{K_I}{s} = \frac{sK_P + K_I}{s} = 206 \frac{(1 + 0.31s)}{s} \quad (7)$$

$$K_I = 206 \quad K_P = 63.86 \quad (8)$$



Obrázek 3: Odezva uzavřené smyčky na jednotkový skok

Odchylka odezvy na jednotkový skok reference v steady state bude nulová, protože kompenzátor obsahuje integrátor. Tedy konstanta rychlosti  $k_v$  bude nekonečná, a proto je ustálená odchylka nulová (má konstantu rychlosti ve jmenovateli).

## Reference

- [1] Leslie Lamport, *LaTeX: A Document Preparation System*. Addison Wesley, Massachusetts, 2nd Edition, 1994.
- [2] L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>Xtutorials, <http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX/>
- [3] Studenti předmětu ARI 2011, *ARI song (videoklip)* <http://www.youtube.com/watch?v=5gDfQK7dD7c>