

## Zbierka Príkladov z ADSS2

### 10. Návrh IIR filtra na báze analógových sústav (bilinear. transf.) [4]

#### Zadanie

Navrhnite dolnopriepustný filter typu Cauer-Cebyšev, ktorý má splnať nasledujúce požiadavky:

$$\text{pásma prepúšť.: } 0 - f_{\chi} = 6\text{kHz}, A_{\max} = 1\text{dB}$$

$$\text{pásma tlmenia: } f_k = 8\text{kHz} \rightarrow \infty, A_{\min} = 30\text{dB}$$

$$\text{vzorkovacia frekvencia: } f_{vz} = 32\text{kHz}$$

Takže nájdeme prenosovú funkciu  $H(z)$ , ktorá zodpovedá zadaným požiadavkám.

#### Riešenie

Prenosovú funkciu diskrétného filtra  $H(z)$  vypočítame z prenosovej funkcie spojitého filtra  $H(s)$  pomocou nasledujúcej rovnice, ktorá predstavuje bilineárnu transformáciu:

$$p^n \rightarrow \alpha^n \cdot [H_D(z)]^n = \alpha^n \cdot \left[ \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right]^n, \text{ kde } \alpha = \frac{2}{T_{vz}} \quad (1)$$

Zo vzťahu:

$$\alpha \cdot \tan \frac{\Omega_{\chi}}{2} = \omega_{\chi} \quad (2)$$

je zrejmé, že pomocou neho môžeme zabezpečiť ztotožnenie jedného bodu frekvenčnej charakteristiky spojitej sústavy s bodom diskrétny sústavy. Keďže v spojitych sústavách je transformácia pre návrh filtrov na báze prevádzkových parametrov zabezpečené k hranicnej frekvencii pásma prepúšťania, t.j. k hodnote  $f_{\kappa}$ , teda

$$\omega_{\chi \text{ NOR}} = \frac{\omega_{\chi}}{\omega_{\chi}} = 1$$

Hodnota pomerového kmitočtu potom je

$$\Phi_{\chi} = \frac{f_{\chi}}{f_{vz}} = 0,1875$$

Pomocou parametra  $\alpha$  zabezpečíme súhlas  $\omega_{\kappa \text{ NOR}}$  a  $\Phi_{\kappa}$

$$\omega_{\text{NOR}} = \alpha \cdot \tan\left(\frac{\Omega}{2}\right) = \alpha \cdot \tan\left(2\pi \cdot \frac{\Phi}{2}\right) = 1$$

z tejto rovnice vypočítame parameter

$$\alpha = \frac{1}{\tan(\pi \cdot \Phi_k)} = \frac{1}{\tan(0,1875 \cdot \pi)} = 1,4966$$

Vypočítame pomerový kmitocet  $\Phi_k$  odpovedajúci hranici pásma tlmenia

$$\Phi_k = \frac{f_k}{f_{vz}} = 0,275$$

Využijeme Vztah c.2, a pomocou nej vypočítame normovaný kmitocet PT analógového filtra.

$$\omega_{k\text{NOR}} = 1,4966 \cdot \tan(\pi \cdot \Phi_k) = 1,7523$$

Požiadavky na analógový filter v normovanom tvare na základe predchádzajúcich úvah sú nasledujúce:

$$\text{pásma prepúšť.:} \quad \omega_{\text{NOR}} \in \langle 0, 1 \rangle \quad A_{\text{max}} \leq 1\text{dB}$$

$$\text{pásma tlmenia.:} \quad \omega_{k\text{NOR}} \in \langle 1,7523, \infty \rangle \quad A_{\text{min}} \geq 30\text{dB}$$

Týmto požiadavkám zodpovedá prenosová funkcia

$$H(s) = \frac{1 + 0,25518s}{(1 + 1,8s)(1 + 0,407s + 0,985s^2)}$$

a po úprave:

$$H(s) = \frac{1 + 0,25518s}{1 + 2,2s + 1,714s^2 + 1,7687s^3}$$

Prenosovú funkciu diskrétného filtra  $H(z)$  dostaneme, ak urobíme substitúciu podľa vztahu c.1

$$s^n \rightarrow \alpha^n \cdot \left[ \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right]^n = 1,4966^n \cdot \left[ \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right]^n$$

Potom po zaokruhlení dostaneme:

$$H(s) = \frac{1 + 0,25518 \left( 1,5 \cdot \left( \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) \right)}{1 + 2,2 \left( 1,5 \cdot \left( \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) \right) + 1,7 \left( 1,5 \cdot \left( \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) \right)^2 + 1,77 \left( 1,5 \cdot \left( \frac{1 - z^{-1}}{1 + z^{-1}} \right) \right)^3}$$

$$H(z) = \frac{0,0984 + 0,2407z^{-1} + 0,1863z^{-2} + 0,044z^{-3}}{1 - 1,0892z^{-1} + 1,5162z^{-2} - 0,3112z^{-3}}$$

Rozloženie koreňov prenosovej funkcie a priebeh prevádzkového tlmenia navrhnutého filtra je:

