

**Vaja III:**

**Snovanje v frekvenčnem prostoru s  
korekcijo**

--	--	--

## Kazalo

1	Namen vaje.....	3
2	Zahteve naloge.....	3
3	Uvod.....	3
4	Preračun.....	4
4.1	Prvi del.....	4
4.2	Drugi del.....	8
5	Zaključek.....	11
6	Literatura.....	11

## 1 Namen vaje

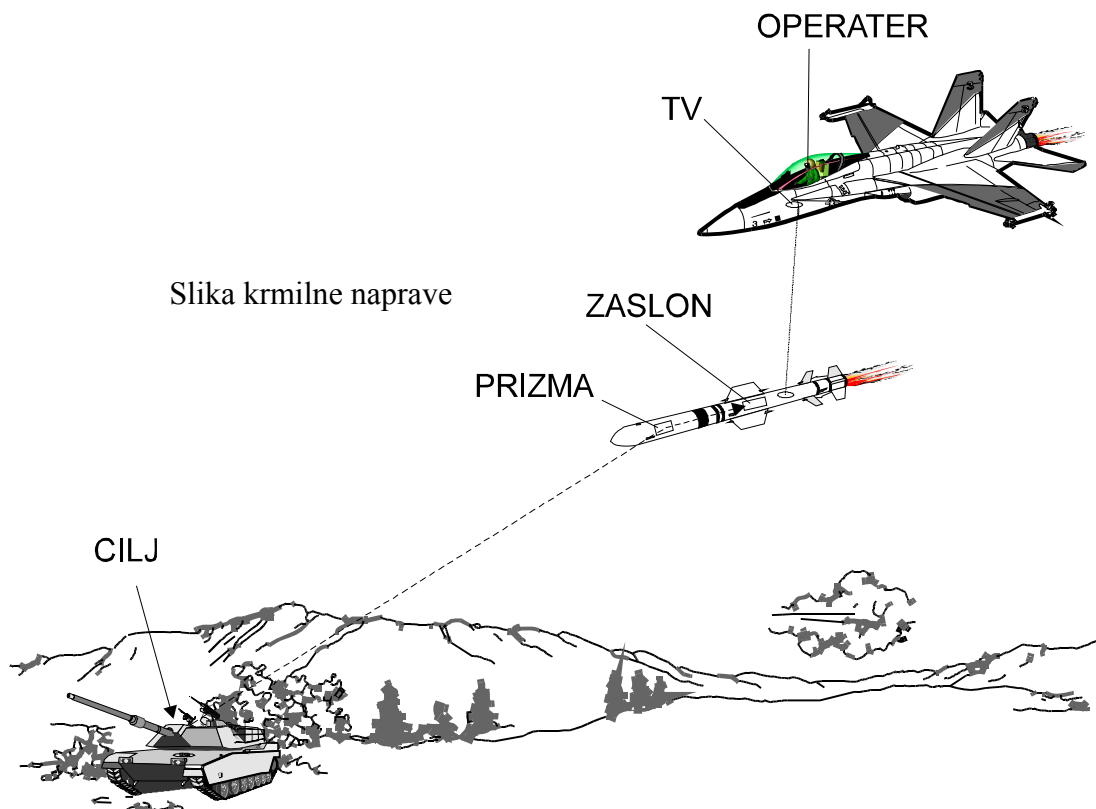
Spoznati postopek snovanja in snovanja s korekcijo v frekvenčnem prostoru

## 2 Zahteve naloge

- Pripraviti vhodne podatke za program COCON
- Narisati Bodejeve diagrame za  $K_{oj} \cdot P_M(s)P_P(s)$ ,  $P_R(s)$ ,  $P_S(s)$
- Odziv korigiranega sistema na skočno funkcijo

## 3 Uvod

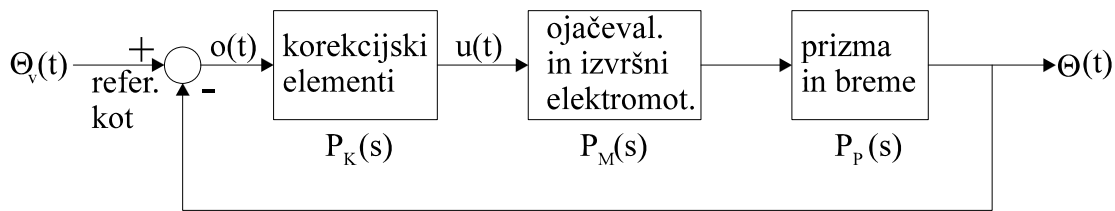
Podan je primer krmilnega sistema za pozicioniranje optične prizme kot sestavnega elementa avtomatske sledilne naprave rakete zrak – zemlja.



Operater v bližnjem letalu določi raketi cilj. Raketa se nato samostojno približa cilju in ga uniči.

Ko operater na TV zaslonu zasledi sovražni cilj, sproži delovanje krmilnega sistema za pozicioniranje optične prizme tako, da ta samostojno vodi raketo v cilj.

Glede na zgornjo sliko lahko narišemo naslednjo blokovno shemo:



Prenosna funkcija motorja, ki je istosmerni elektromotor s tujim vzbujanjem je:

$$P_M(s) = \frac{K_M}{1 + T_M \cdot s}; K_M = 2; T_M = 0,5s$$

$$P_M(s) = \frac{2}{1 + 0,5s}$$

Za prizmo in breme pa velja naslednja prenosna funkcija:

$$P_P(s) = \frac{K_P}{s \cdot (1 + T_P \cdot s)}; K_P = 1s^{-1}; T_P = 0,167s$$

$$P_P(s) = \frac{1}{s + 0,167 \cdot s^2}$$

Dodatni pogoji katerim mora zadostiti krmilni sistem za pozicioniranje prizme so:

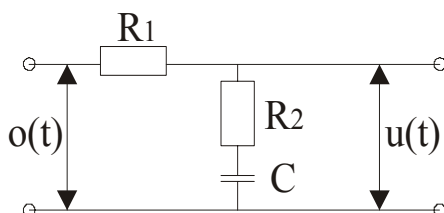
- Hitrostna konstanta  $K_v \geq 5s^{-1}$
- Fazna rezerva  $\phi_R \geq 35^\circ$
- Maksimalna velikost amplitudnega razmerja  $M$  sklenjenega sistema (ojačanja)  $M_m(\omega) \leq 5dB$
- Frekvenčno območje naj leži v mejah  $\omega_{fo} \leq 3,5 \text{ rad/s}$

## 4 Preračun

### 4.1 Prvi del

Najprej moramo zadostiti zgoraj navedenim pogojem. V ta namen uvedemo v sistem integralni korekcijski element. Z njim dosežemo, da ima sistem zahtevane dinamične lastnosti.

Integralni korekcijski element ima naslednjo shemo:



Prenosna karakteristika zgornje sheme ima obliko:

$$\frac{u}{o} = \frac{R_2 + 1/CD}{R_1 + R_2 + 1/CD} = \frac{1 + R_2 CD}{1 + (R_1 + R_2)CD}$$

$$D \rightarrow s$$

$$\frac{u}{o} = \frac{1 + R_2 Cs}{1 + (R_1 + R_2)Cs}$$

Element pa ima prenosno funkcijo oblike:

$$P_k(s) = K_{oj} \cdot \frac{a \cdot (b + s)}{b \cdot (a + s)} = \frac{u(s)}{o(s)}$$

Določiti je potrebno koeficienta a in b. Do njunih vrednosti bom prišel s pomočjo Bodejevih diagramov. V praksi lahko ob znanem enem uporu določim še drug upor in kondenzator, če primerjam istoležne koeficiente (zgornji dve enačbi).

Najprej moramo zadostiti zahtevi glede hitrostne konstante

$$K_V = \lim_{s \rightarrow \infty} [s \cdot P_R(s)] = s \cdot P_K(s) \cdot P_M(s) \cdot P_P(s)$$

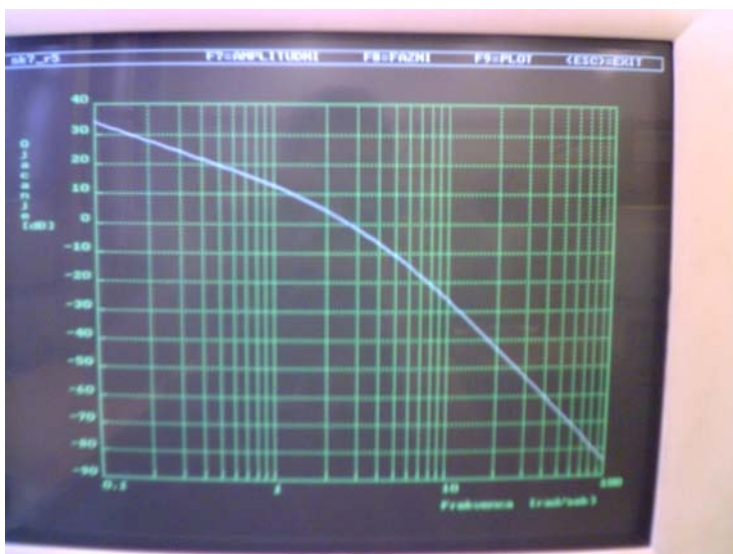
$$K_V = s \cdot \left( K_{oj} \cdot \frac{a \cdot (b + s)}{b \cdot (a + s)} \right) \cdot \frac{2}{1 + 0,5s} \cdot \frac{1}{(1 + 0,167s)s} = 5s^{-1}$$

Kjer predstavlja člen  $P_R(s)$  prenosno karakteristiko razklenjenega sistema.

Sedaj lahko narišemo Bodejev diagram za prenosno funkcijo  $P_1(s)$ :

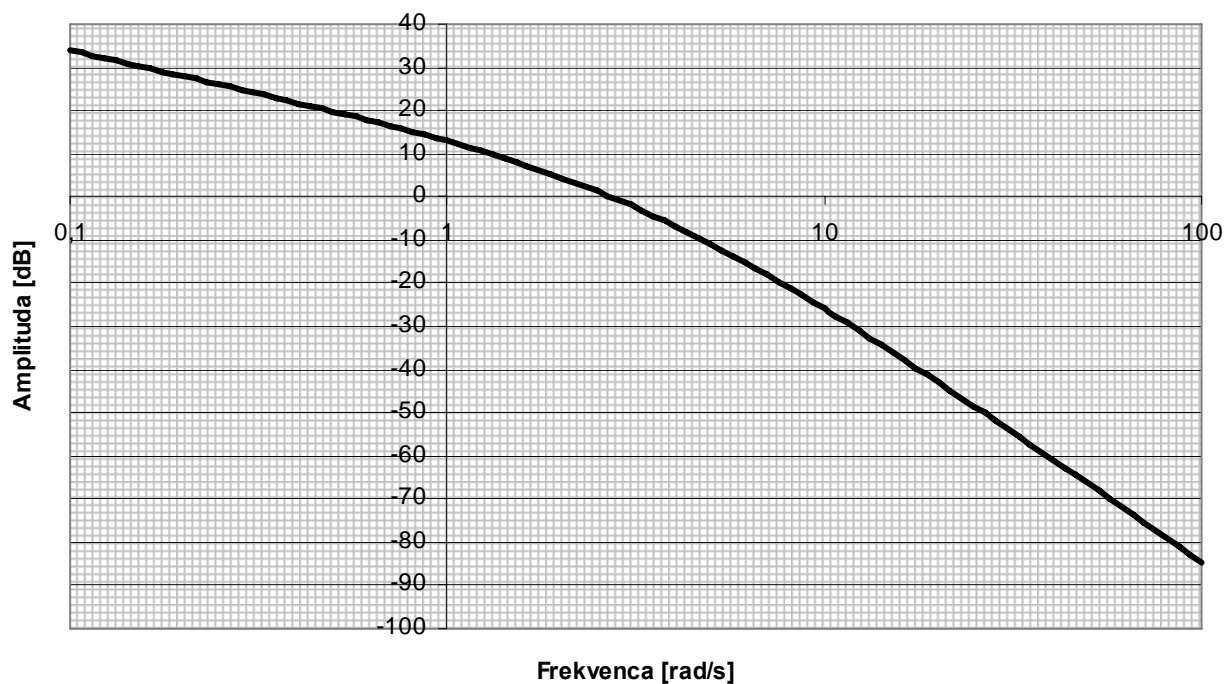
$$P_1(s) = K_{oj} \cdot P_M \cdot s \cdot P_P(s)$$

Na vaji smo zrisali naslednji Bodejeve diagrame:

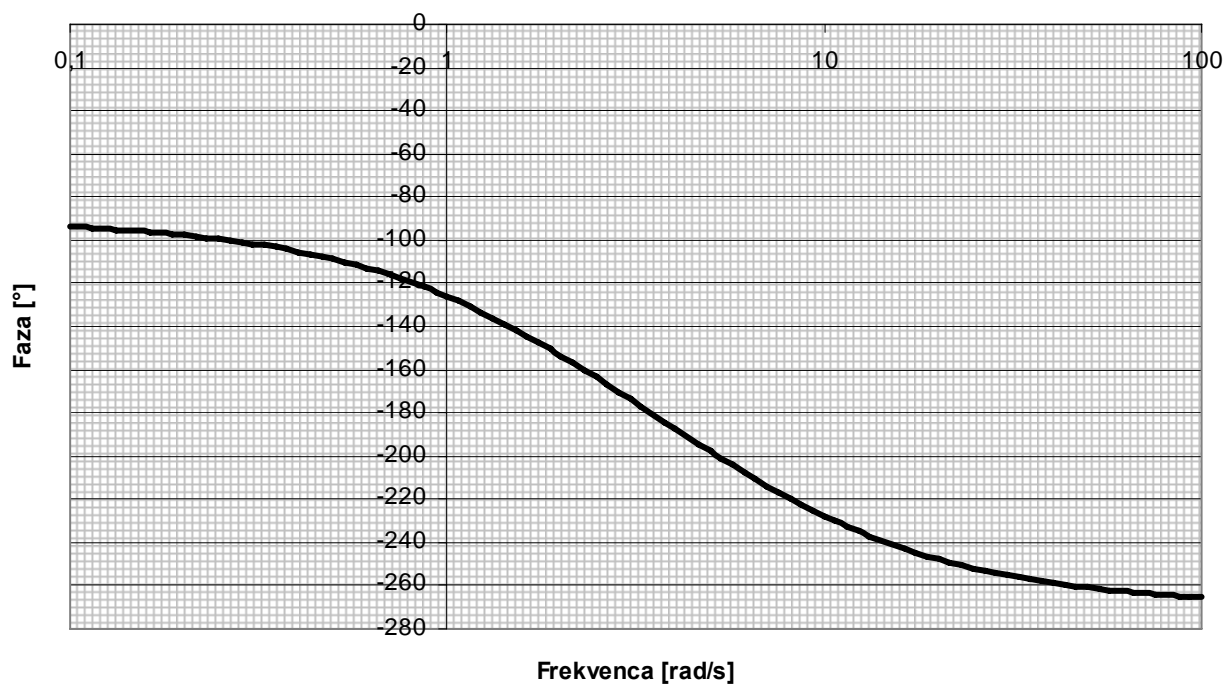


Slika desno prikazuje primer izrisa grafa na vaji s pomočjo programa Cocon. Bodejeve diagrame in odgovore prehoda sem izrisal v Excelu. Pri Bodejevih diagramih so x osi na katerih je nanesena frekvenca v logaritemskem merilu.

Amplitudni Bodejev diagram za razklenjeno zanko Foj=5



Fazni Bodejev diagram za razklenjeno zanko pri Kv=5



Z grafa sem določil naslednje vrednosti:

- Lomna frekvenca  $\omega_L=2,7$  rad/s
- Dejanska fazna rezerva  $\Phi_R=10^\circ$
- Dejanska amplitudna rezerva  $A_R=5$ dB
- Pri zahtevani fazni rezervi odčitam amplitudno rezervo  $A_{fr}=7,5$ dB

Sedaj zapišem:

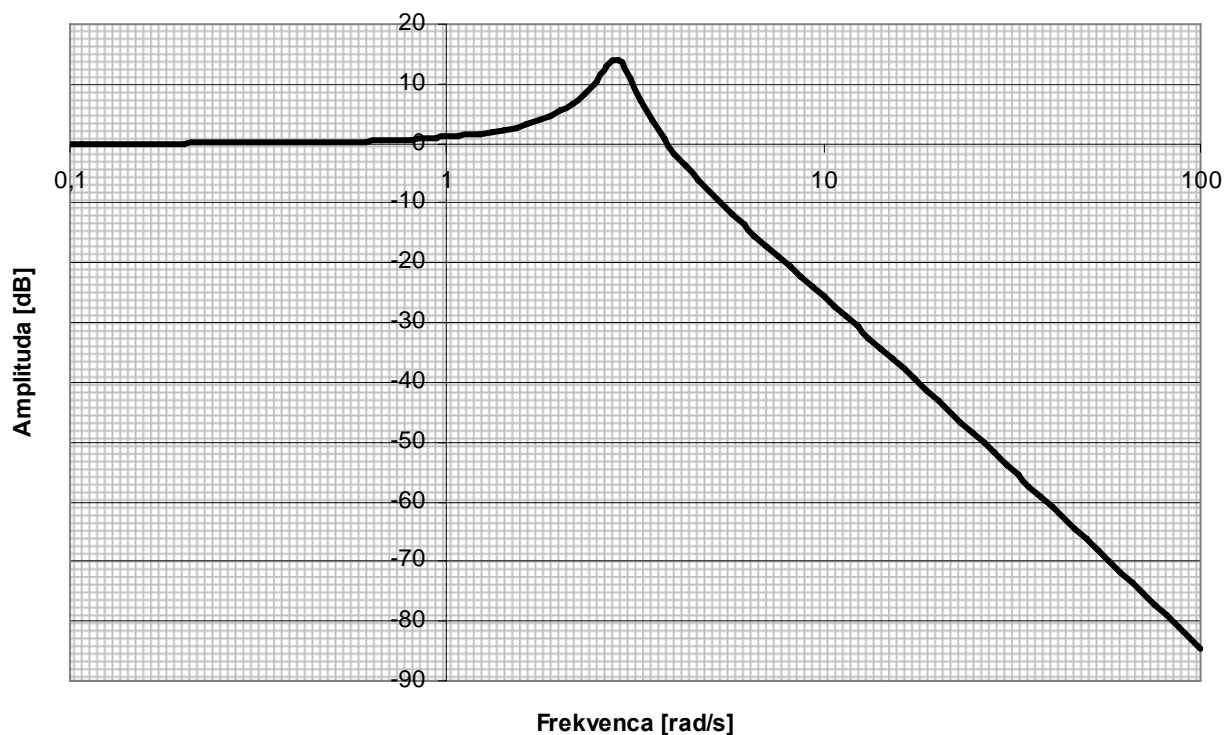
$$A_{fr} = 20 \cdot \log \frac{b}{a} \rightarrow \frac{b}{a} = 10^{\frac{A_{fr}}{20}} \rightarrow a = \frac{b}{10^{\frac{A_{fr}}{20}}} = \frac{0,1 \cdot 2,7}{10^{\frac{7,5}{20}}} = 0,11386$$

$$a = 0,11386; b = 0,1 \cdot 2,7 = 0,27$$

Kontrola sklenjenega sistema:

Za podatke narišemo ponovno Bodejev diagram za razklenjeni sistem. Zapišem lahko še ugotovitev, da pri faktorju ojačanja 5 ne zadostimo pogoju o minimalni fazni rezervi. Postopek spremenimo in ga ponovimo.

Amplitudni Bodejev diagram za sklenjen sistem



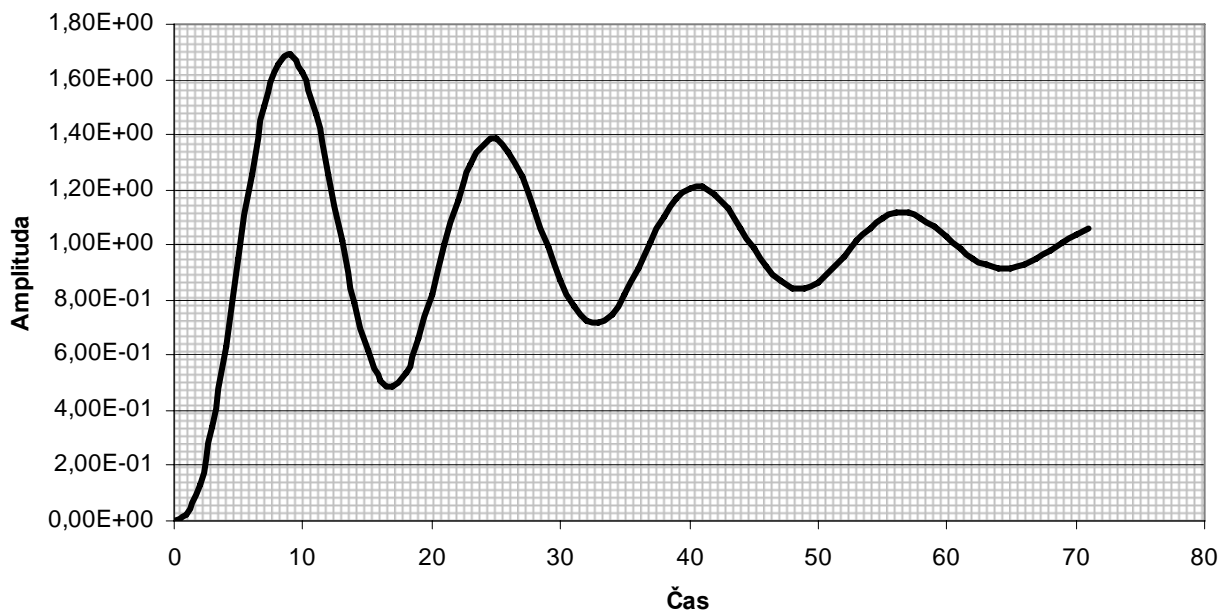
Iz zgornjega diagrama odčitam:

- Maksimalno vrednost amplitudnega razmerja  $M_m(\omega) = 14dB < 5dB$
- Frekvenčno območje na meji  $\omega_{fr} \approx 4 < 3,5$

Ugotavljam, da pri sklenjenem sistemu ne izpolnjujemo zgornjih dveh pogojev.

Narišem še graf odziva prehoda za enotski koračni vhod:

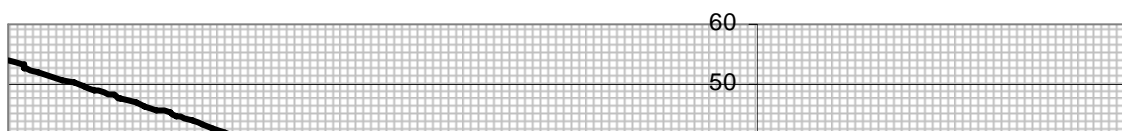
### Odgovor prehoda na enotski koračni vhod



## 4.2 Drugi del

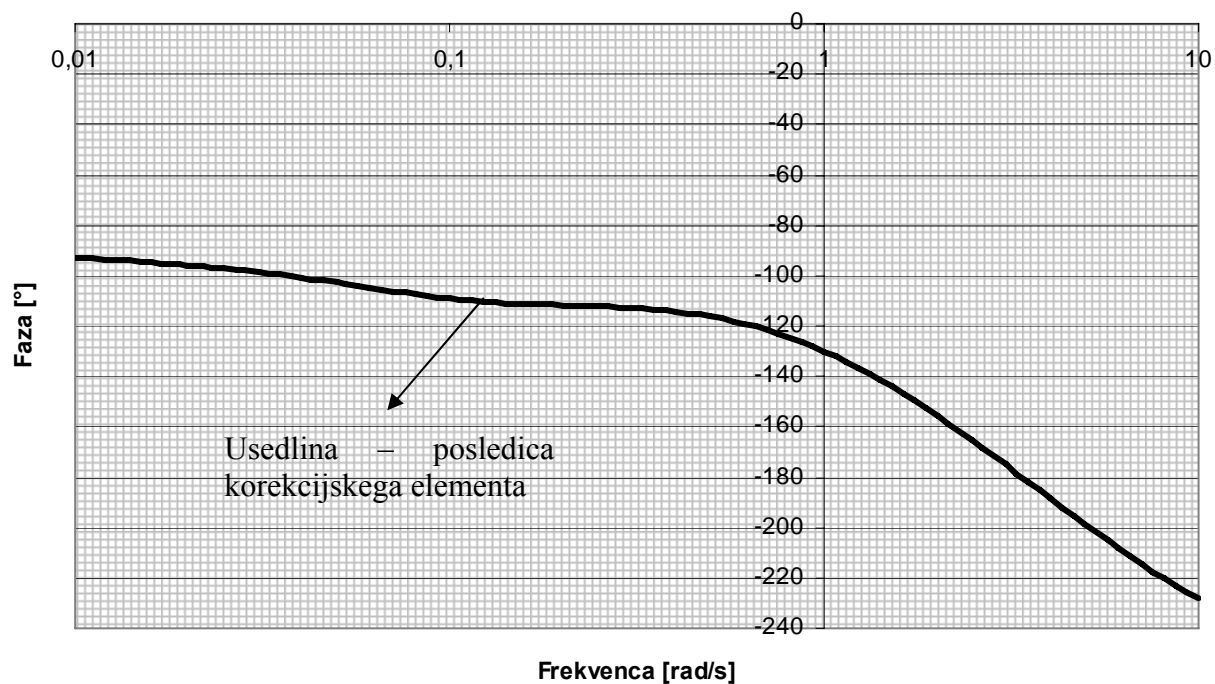
Sistem preračunamo popolnoma analogno, le da imamo v tem delu prisoten dodatni korekcijski element, ki spremeni osnovno prenosno karakteristiko:

### Amplitudni Bodejev diagram za razklenjeno zanko $F_{oj}=5$





Fazni Bodejev diagram za razklenjeno zanko pri  $K_v=5$



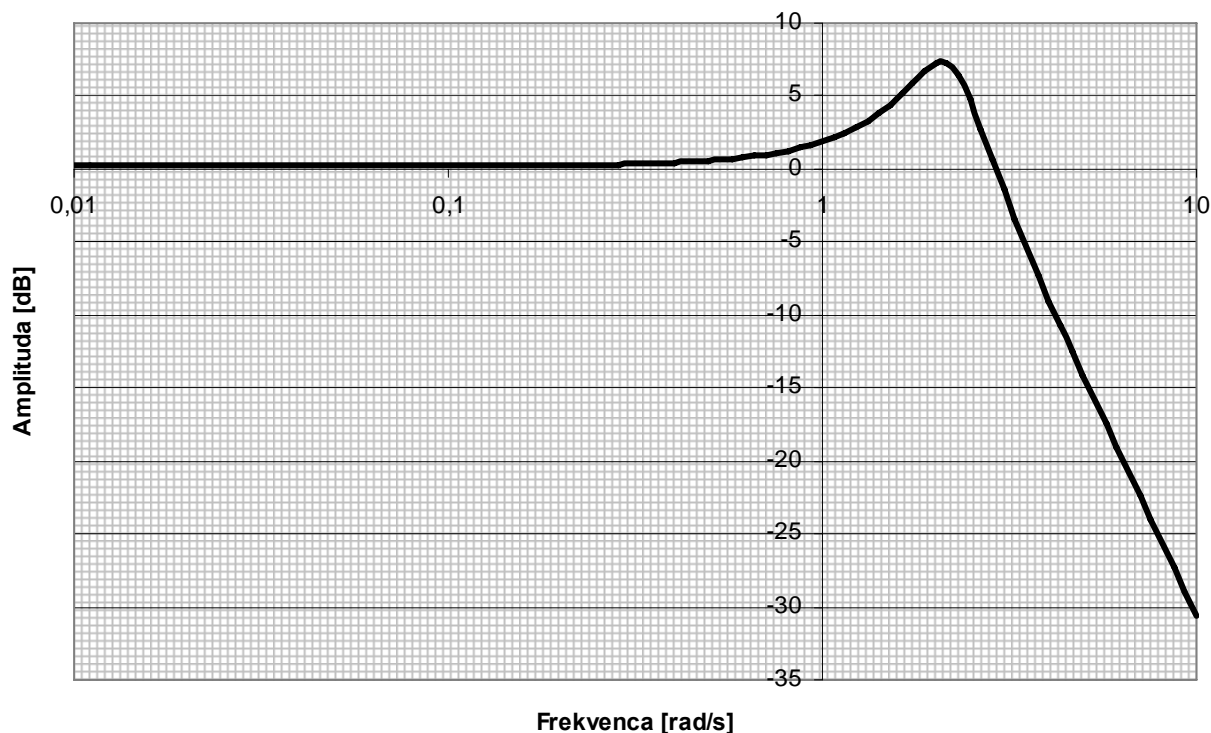
Z grafa sem določil naslednje vrednosti:

- Dejanska fazna rezerva  $\Phi_R=25^\circ < 35^\circ$
- Dejanska amplitudna rezerva  $A_R=9\text{dB}$

Kljub prisotnosti korekcijskega elementa še vedno nismo zadostili minimalni fazni rezervi. Dobil sem  $25^\circ$  namesto najmanj  $35^\circ$ .

Kontrola sklenjenega sistema:

**Amplitudni Bodejev diagram za sklenjen sistem**



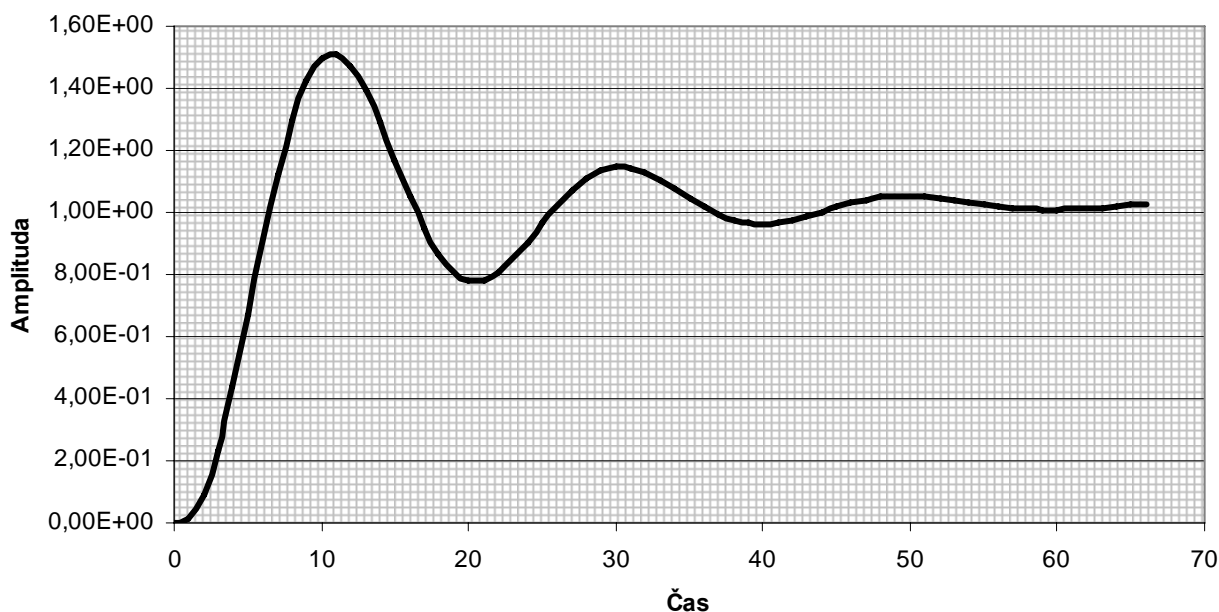
Iz zgornjega diagrama odčitam:

- Maksimalno vrednost amplitudnega razmerja  $M_m(\omega) = 7,3\text{dB} < 5\text{dB}$
- Frekvenčno območje na meji  $\omega_{fr} \approx 3,1 < 3,5$

Drugi pogoj je izpolnjen, torej frekvenčno področje leži v dopustnih mejah. Še vedno nimamo maksimalne vrednosti amplitudnega razmerja manjše od 5dB.

Odgovor sistema:

### Odgovor prehoda na enotski koračni vhod



Glede na prejšnji graf odziva prehoda na vhod se drugi graf (zgornji) hitreje približa limitni vrednosti. Proces korekcije se pri večjem faktorju hitreje zaključi.

## 5 Zaključek

Zrisal sem dva različna sklopa grafov. Zaključujem, da kljub temu, da smo pri drugem delu dodali korekcijski element, nismo dosegli zahtevanih pogojev oziroma zelenega cilja. To bi se dalo popraviti tako, da bi lomno frekvenco in fazno rezervo premikali toliko časa, da bi zadostili pogojem. Z drugimi besedami bi morali amplitudni del pomikati po Bodejevem diagramu toliko časa navzgor, da bi bile vrednosti v mejah.

Ustreznostni koeficient ojačanja bi v praktičnem pomenu dobili tako, da bi izbrali ustrezne upore in kondenzatorje. Prava kombinacija bi nam dala pravilno ojačanje.

V kolikor bi opravili že več meritev in si s tem pridobili ustrezno več znanja in izkušenj, bi lahko v dokaj hitrem času prišli do zelene karakteristike. Glede na zahtevane pogoje bi v našem primeru zgoraj prikazane preračune opravili večkrat in na koncu prišli do pravih sklepov, kar pomeni da bi n raketa zadela predviden cilj.

## 6 Literatura

[1] Predloga za tretjo vajo pri Tehnični kibernetiki