



# Automatizační cvičení

|             |  |      |            |
|-------------|--|------|------------|
| <b>A4</b>   | 309. Dynast2 – Modelování regulačního obvodu |      |            |
| Tenk Jakub  |  | 1/11 | Známka:    |
| 23. 3. 2022 | 30. 3. 2022                                  |      | Odevzdáno: |



### Zadání:

Vytvořte model regulačního obvodu z bloků pro PID regulátor a zpoždění 1. řádu a statický systém 2. řádu s koeficienty dle zadaných rovnic. Odsimulujte přechodové charakteristiky bloků a odečtěte z nich konstanty ( $k_0$ ,  $k_{-1}$ ,  $k_1$ ,  $T_U$ ,  $T_N$ ,  $s_0$ ). Odsimulujte FCHVKR otevřeného regulačního obvodu a vyhodnoťte stabilitu. Propojte obvod do uzavřené regulační smyčky a odsimulujte průběh neoptimálního regulačního pochodu. Parametry regulátoru optimalizujte Z-N metodou (zjistěte  $K_{KRIT}$ ,  $T_{KRIT}$ , vypočtěte  $k_0$ ,  $k_{-1}$  a  $k_1$ ). Odsimulujte optimální regulační pochod. Porovnejte kvalitu před a po optimalizaci integrálním kritériem kvality.

**PID:**  $1,5 \cdot u' + u = 2,2 \cdot e + 0,5 \int e \, dt + 1,1 \cdot e'$

**Systém:**  $2,5 \cdot y'' + 4,4 \cdot y' + 1,9 \cdot y = u$

### Postup:

1. Upravíme si zadané diferenciální rovnice (PID rovnici si rozdělíme na složky P, I a D) a vypočítáme koeficienty.

**P:**

$$1,5 \cdot u' + u = 2,2 \cdot e$$

$$1,5 \cdot u' = 2,2 \cdot e - u \quad / : 1,5$$

$$u' = 1,46e - 0,67u$$

**I:**

$$1,5 \cdot u' + u = 0,5 \cdot \int e \, dt$$

$$1,5 \cdot u' = 0,5 \cdot \int e \, dt - u \quad / : 1,5$$

$$u' = 0,33 \int e \, dt - 0,67u$$

**D:**

$$1,5 \cdot u' + u = 1,1 \cdot e'$$

$$1,5 \cdot u' = 1,1 \cdot e' - u \quad / : 1,5$$

$$u' = 0,73e' - 0,67u$$

**Systém:**

$$2,5 \cdot y'' + 4,4 \cdot y' + 1,9 \cdot y = u$$

$$2,5 \cdot y'' = u - 4,4 \cdot y' - 1,9 \cdot y \quad / : 2,5$$

$$y'' = 0,4u - 1,76y' - 0,76y$$

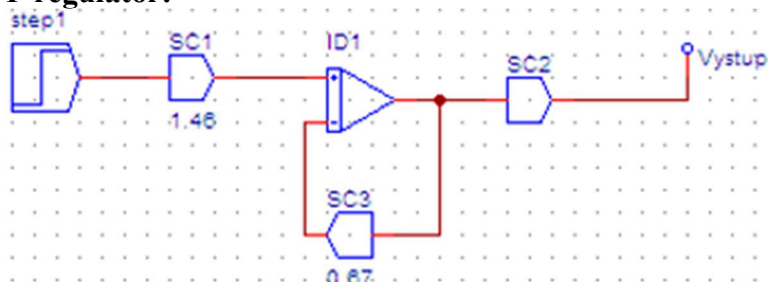
2. Dle rovnic si navrhne schémata všech zapojení (P, I, D, PI, PD, PID, Systém) a postupně je v programu Dynast sestavíme.
3. Vykreslíme si výsledné charakteristiky a uložíme si snímky obrazovky.
4. V programu Dynast vytvoříme PID regulátor s ideálními složkami P a I a zapojíme do série s modelem regulovaného systému, propojíme zpětnou vazbu a zaznamenáme regulační pochod a vyhodnotíme jej.
5. Optimalizujeme nastavení konstant regulátoru pomocí Z-N metody a vypočítáme si díky tomu  $K_{0KRIT}$  a  $T_{KRIT}$ .
6. Upravíme konstanty regulátoru dle vypočítaných hodnot a zaznamenáme regulační pochod.
7. Rozpojíme zpětnou vazbu a zaznamenáme FCHVKR
8. Z FCHVKR vyhodnotíme pomocí Nyquistovo kritéria stabilitu regulačního obvodu a určíme amplitudovou a fázovou bezpečnost.
9. Všechny data z měření vhodně vypracujeme do technické zprávy.



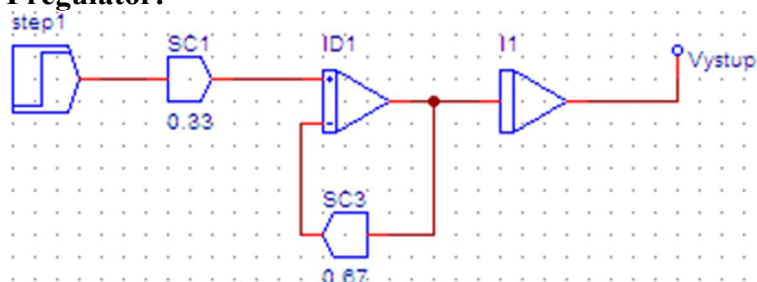
### Schéma řešení:

(Schéma zapojení pro charakteristiky FCHVKR a FCHVLS se liší jen ve zdroji, kde je místo step zdroje použit zdroj sinusového signálu)

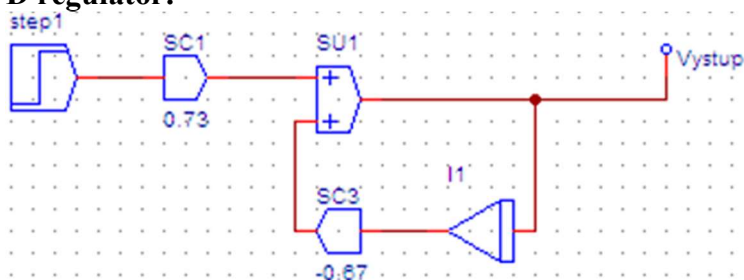
#### a) P regulátor:



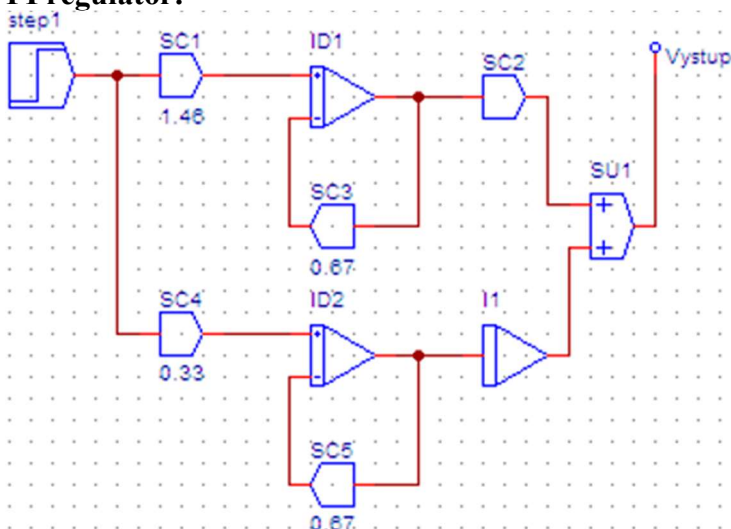
#### b) I regulátor:



#### c) D regulátor:

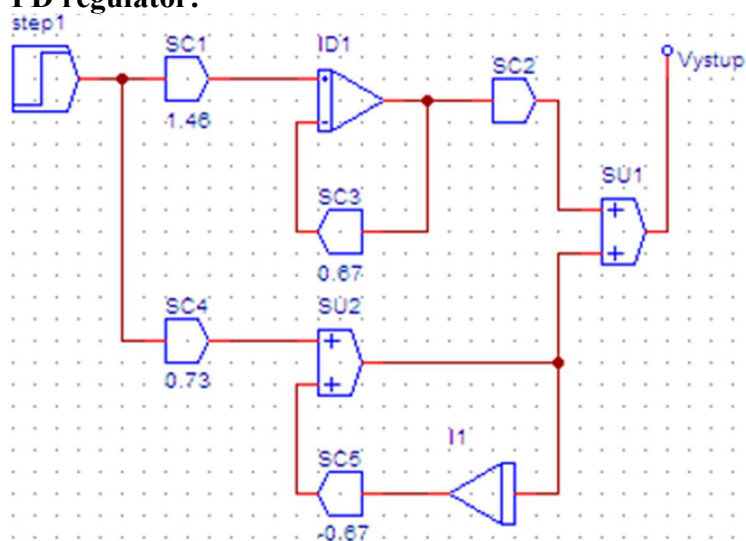


#### d) PI regulátor:

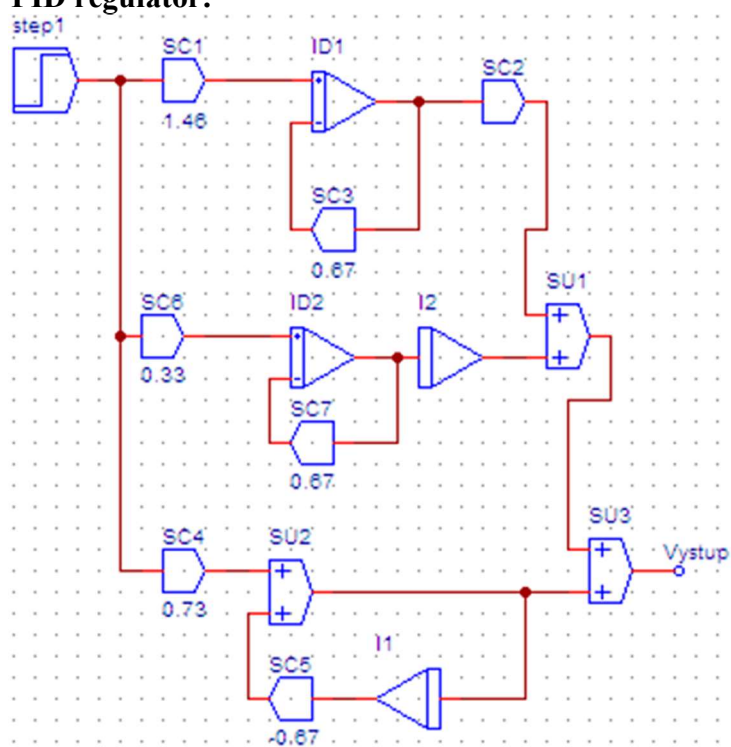




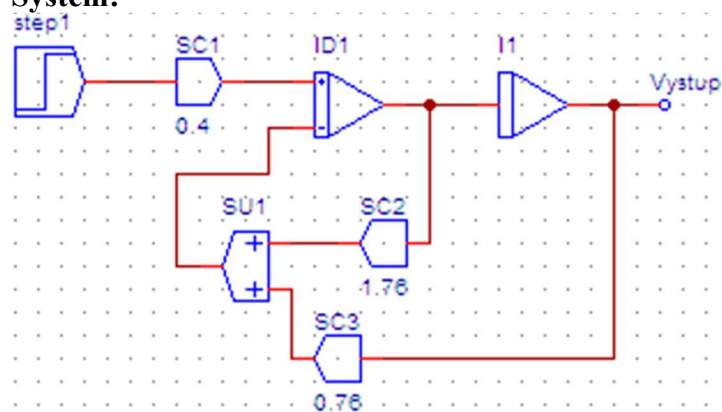
e) PD regulátor:



f) PID regulátor:

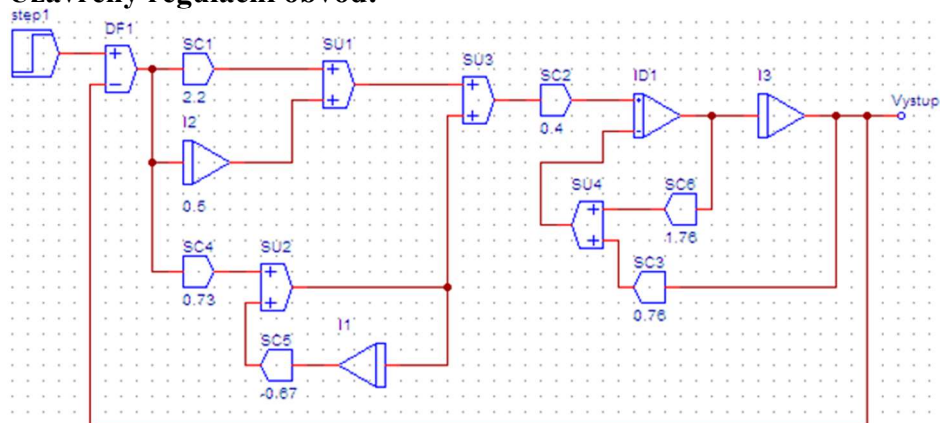


g) Systém:

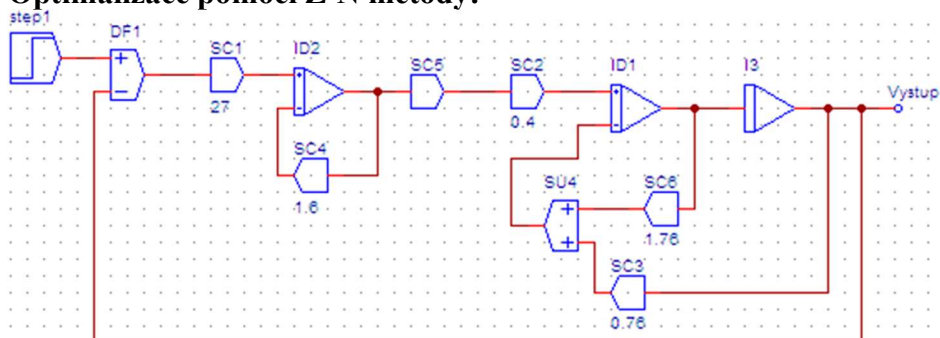




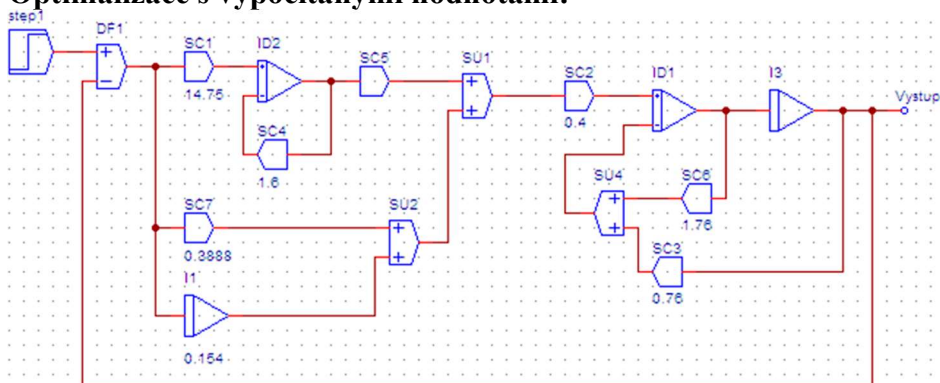
**h) Uzavřený regulační obvod:**



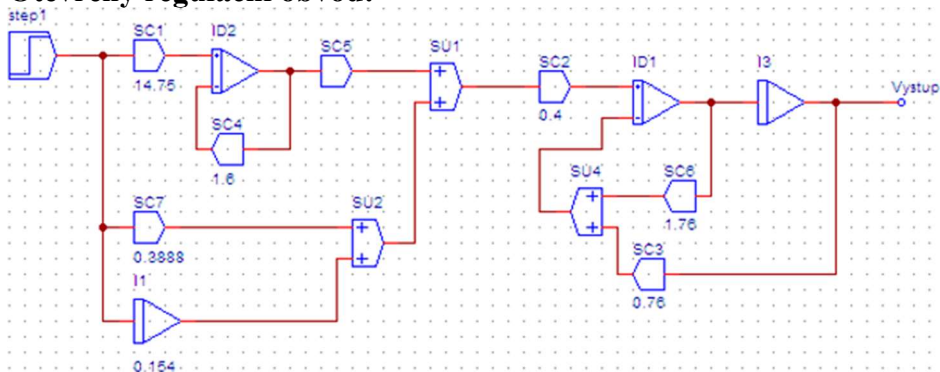
**i) Optimalizace pomocí Z-N metody:**



**j) Optimalizace s vypočítanými hodnotami:**



**k) Otevřený regulační obvod:**



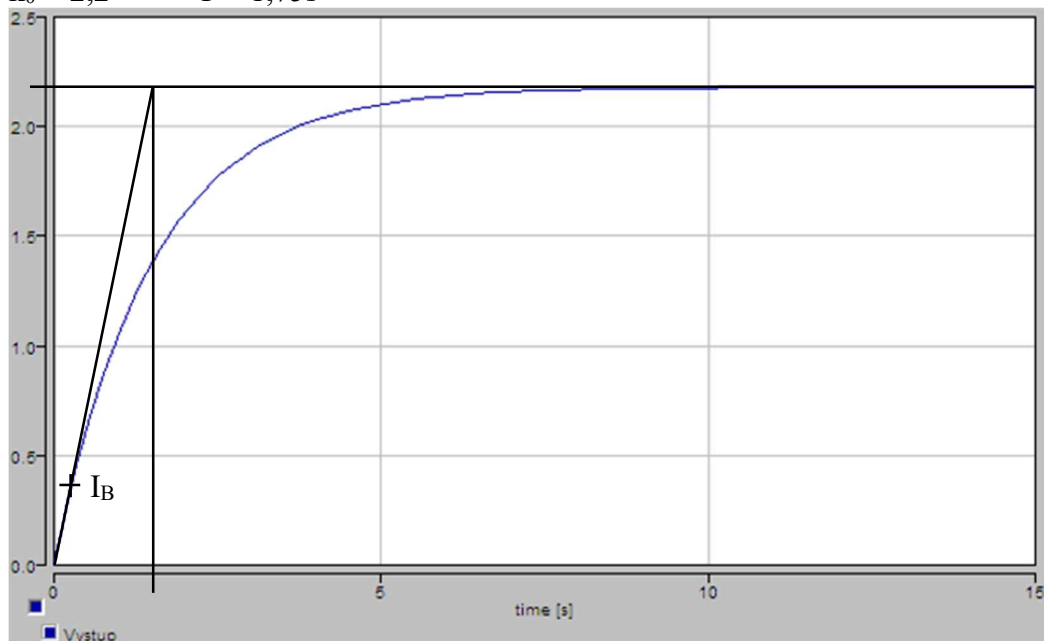


## Grafy:

### a) P regulátor:

Přechodová charakteristika:

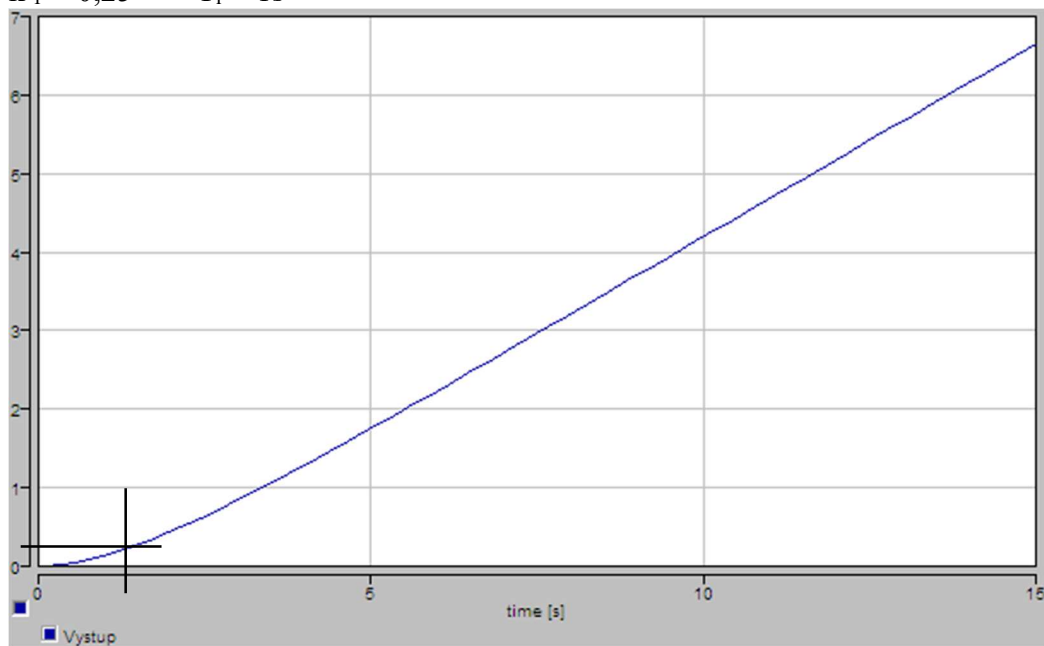
$$k_0 = 2,2 \quad T = 1,75s$$



### b) I regulátor:

Přechodová charakteristika:

$$k_{-1} = 0,25 \quad T_i = 1s$$

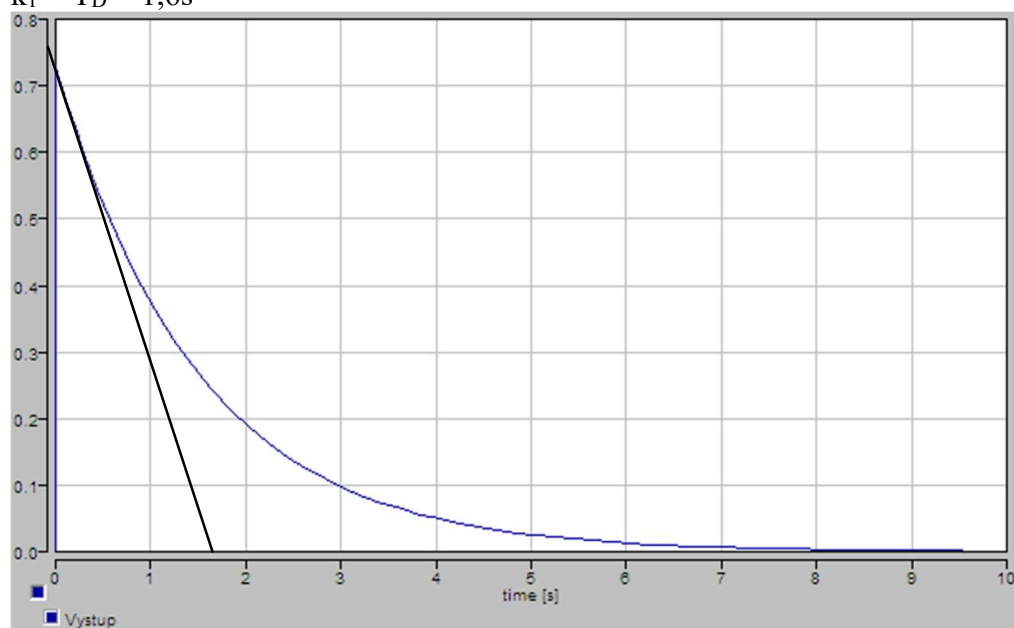




c) **D regulátor:**

Přechodová charakteristika:

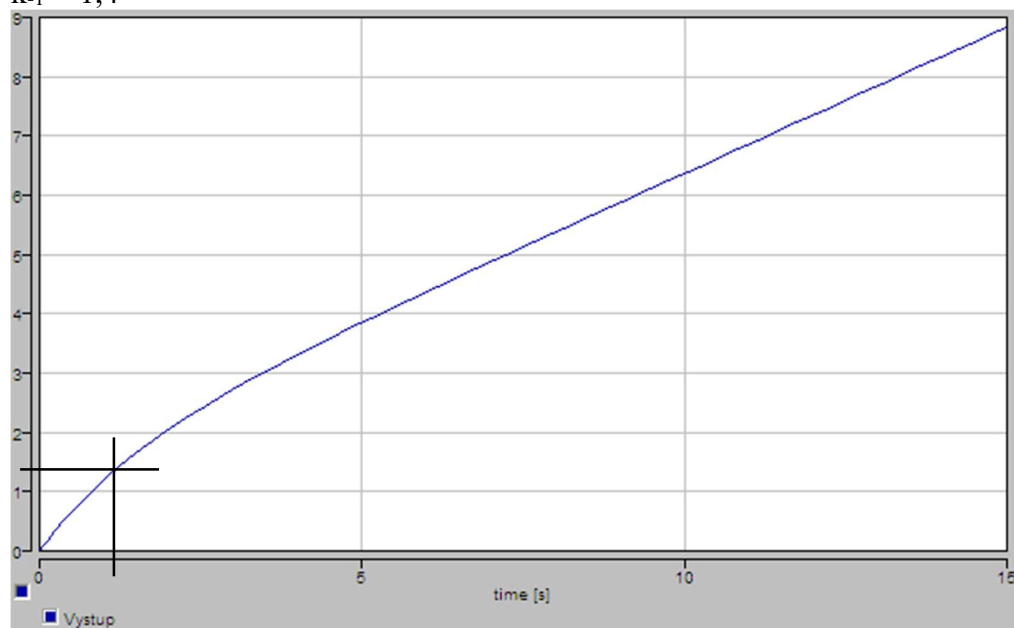
$$k_1 = T_D = 1,6s$$



d) **PI regulátor:**

Přechodová charakteristika:

$$k_1 = 1,4$$

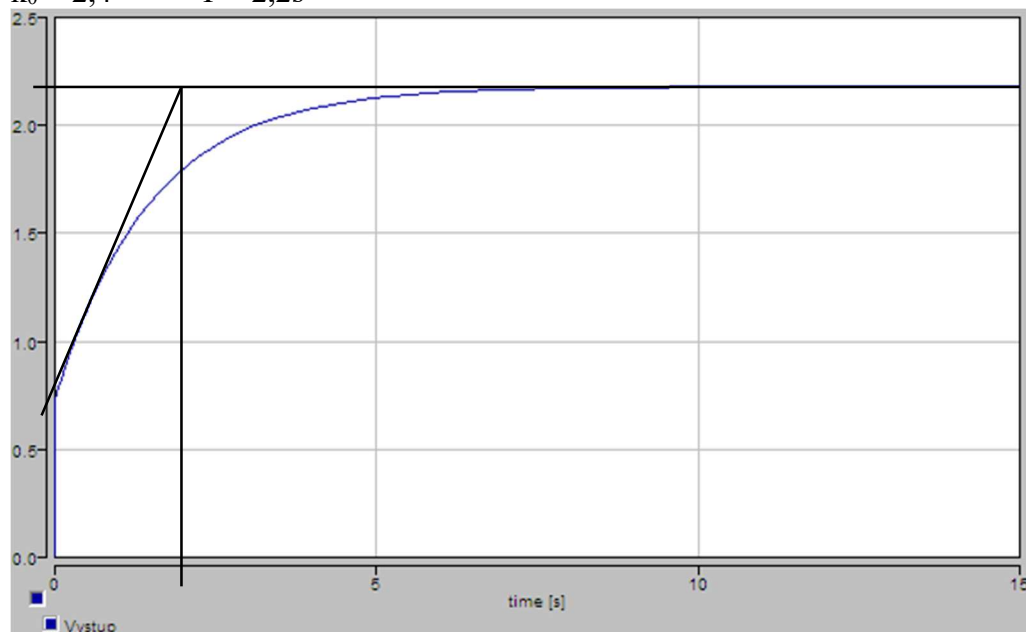




e) **PD regulátor:**

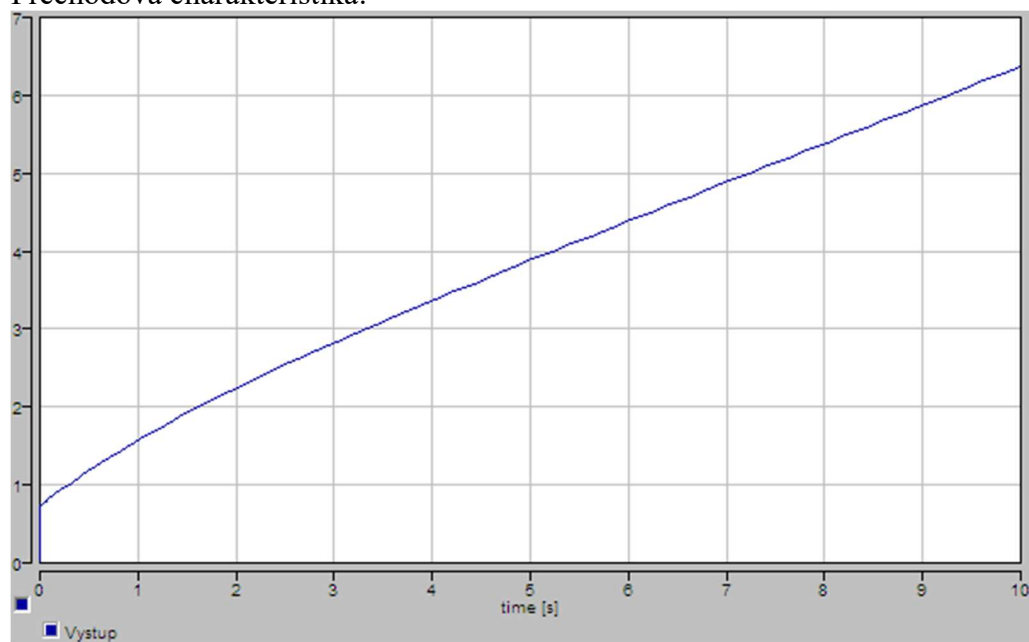
Přechodová charakteristika:

$$k_0 = 2,4 \quad T = 2,2s$$



f) **PID regulátor:**

Přechodová charakteristika:



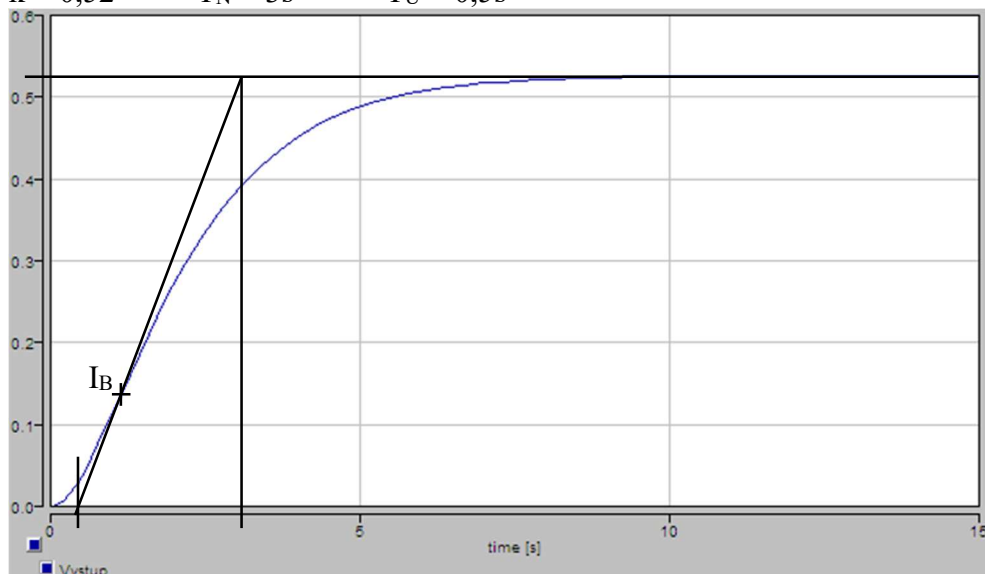




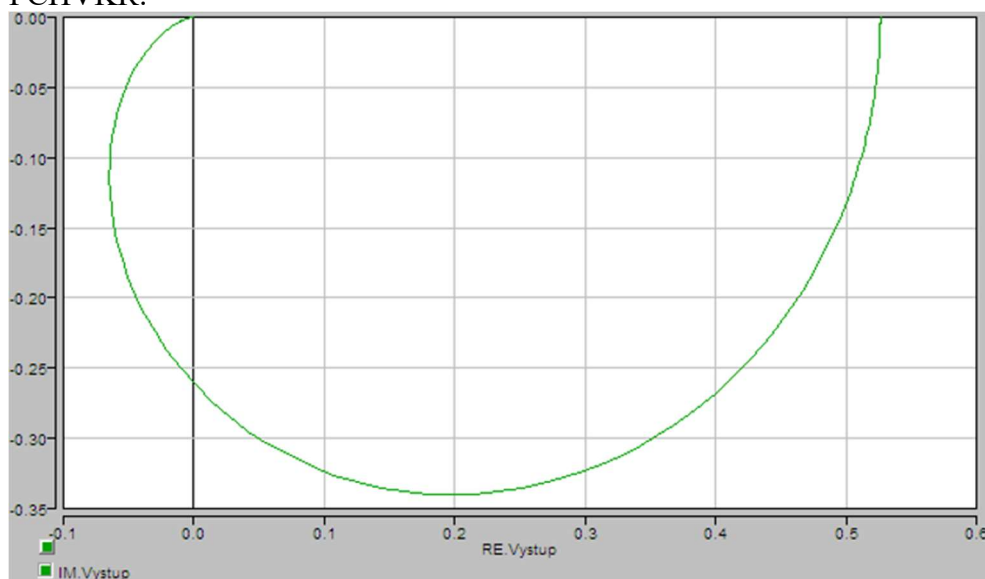
g) **Systém:**

Přechodová charakteristika:

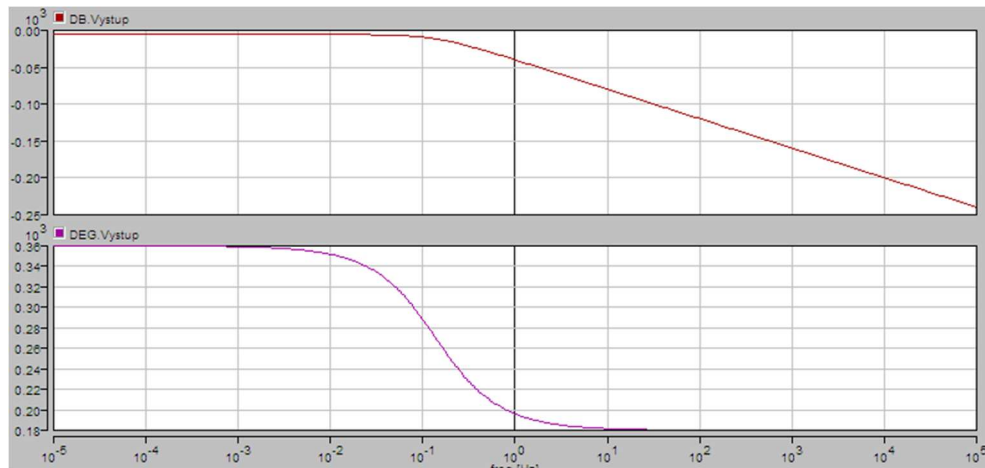
$$k = 0,52 \quad T_N = 3s \quad T_U = 0,5s$$



FCHVKR:



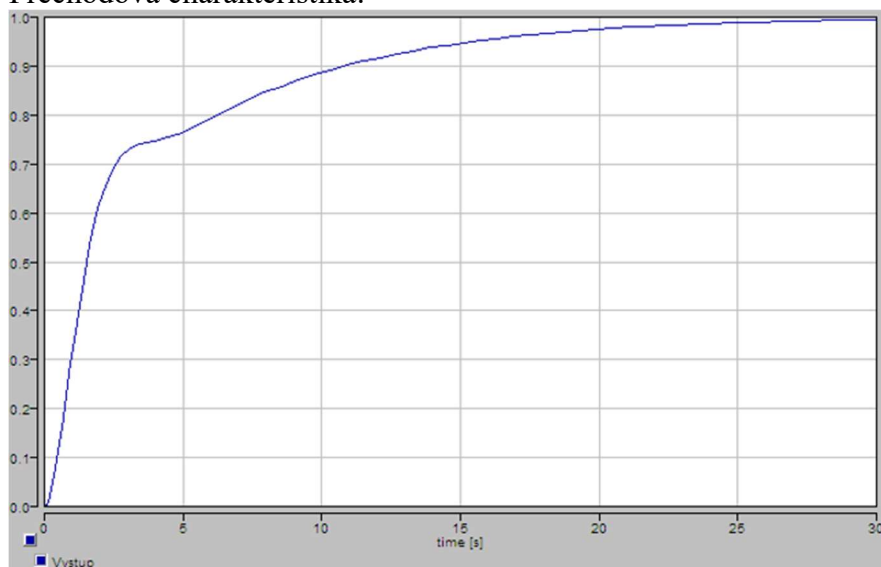
FCHVLS:





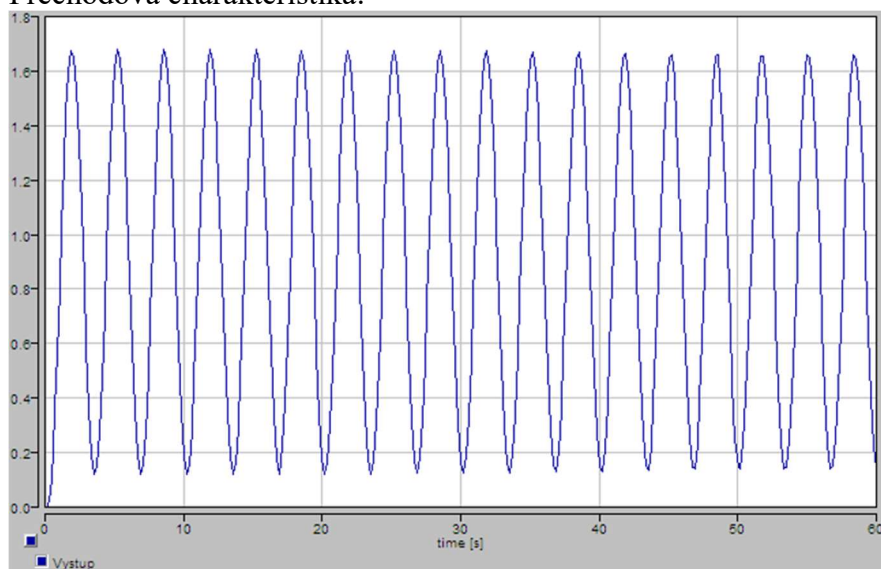
**h) Uzavřený regulační obvod:**

Přechodová charakteristika:



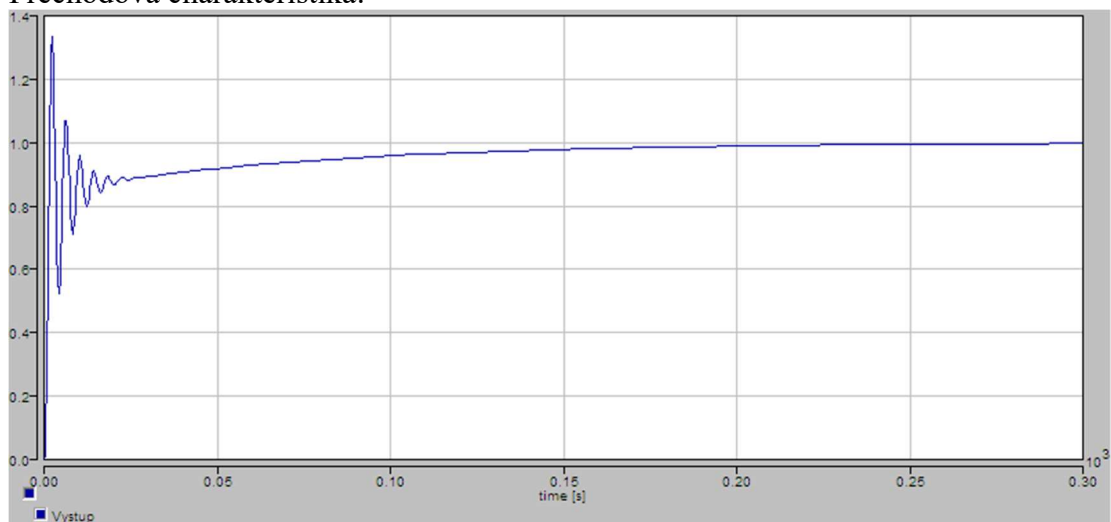
**i) Optimalizace pomocí Z-N metody:**

Přechodová charakteristika:



**j) Optimalizace s vypočítanými hodnotami:**

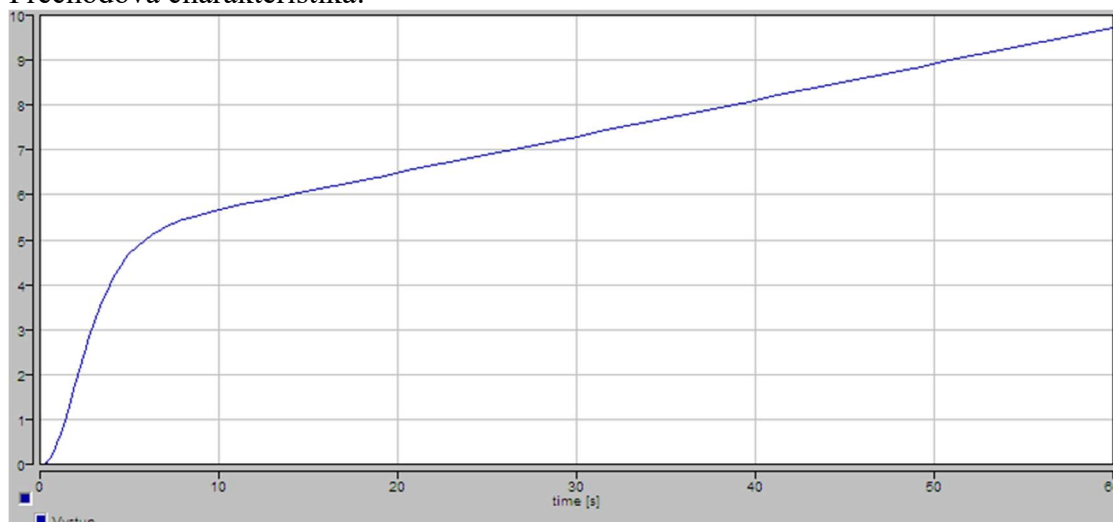
Přechodová charakteristika:



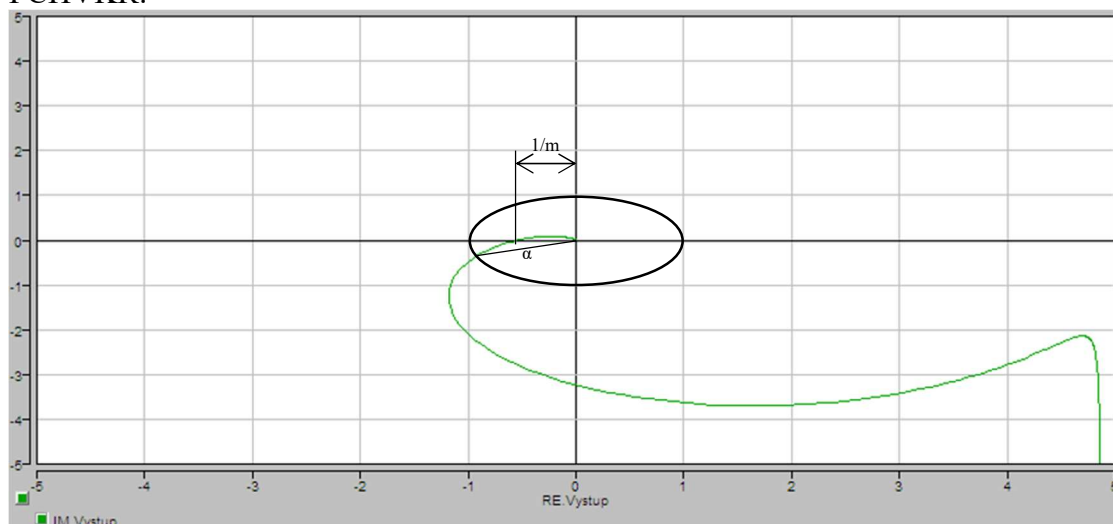


**k) Otevřený regulační obvod:**

Přechodová charakteristika:



FCHVKR:



**Závěr:**

Tuto úlohu jsem bez problému při cvičení stihnul celou udělat. Při optimalizaci po použití metody Z-N jsem získal hodnoty  $K_{0KRIT} = 25$  a  $T_{KRIT} = 3,24$  s.

Díky tomu jsem pomocí vzorců vypočítal hodnoty koeficientů regulátoru:

$$k_0 = 0,59 \cdot 25 = 14,75$$

$$k_{-1} = 0,5 / 3,24 = 0,154$$

$$k_1 = 0,12 \cdot 3,24 = 0,3888$$

Z FCHVKR otevřeného regulačního obvodu jsem zjistil, že obvod je stabilní. Dále jsem určil fázovou bezpečnost ( $\alpha = 18^\circ$ ) a amplitudovou bezpečnost ( $1/m = 0,55$ ).