

Úkoly syntézy

Požadavky na regulaci:

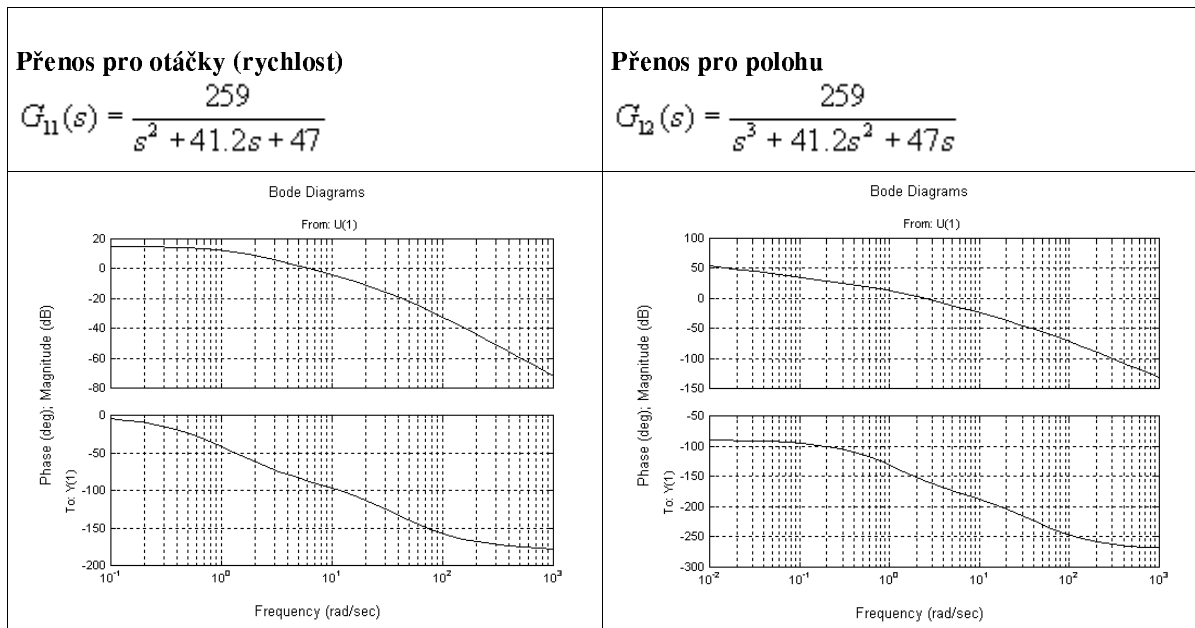
Snažte se o dosažení co nejkratší doby regulace s relativně malým překmitem na skok řídicí veličiny.

Regulace otáček:

- doba regulace (pásmo 5%) do $t_{\max} = 0.3s$, povolený překmit 40% (idální 20%)
- skok rychlosti max 0.6

Regulace polohy:

- doba regulace (pásmo 5%) do $t_{\max} = 1.5s$, povolený překmit 50% (idální 30%)
- skok polohy 0.2



Z frekvenčních charakteristik je zjevné že fázová charakteristik přenosu pro rychlost se k mezi stability -180 blíží až na vysoké frekvenci a tudíž lze na tento přenos aplikovat frekvenční metody návrhu jen omezeně (pro fázovou bezpečnost větší než 45 stupňů, protože mez stability -180 nelze odečíst). Ze stejného důvodu nepřichází do úvahy metoda Ziegler-Nichols. Metoda

Protože regulátory bez integrační složky nejsou schopny doregulovat na nulovou regulační odchylku, budeme uvažovat hlavně regulátory s integrační složkou, tedy PI a PID. S tím že pro polohu budeme uvažovat že přenos už člen $1/s$ ve jmenovateli obsahuje.

Frekvenční metoda návrhu PID regulátoru pro otáčky

Zvolíme-li poměr nul regulátoru $\frac{\omega_D}{\omega_I} = 10$, pak

$$\phi_{\Delta} = -225^{\circ} + 45^{\circ} = -180^{\circ}, \quad \omega_D = \omega_{\Delta} = \omega_k = 41.6 \text{ rad/s} \text{ a } \omega_I = 4.16 \text{ rad/s.}$$

Z toho

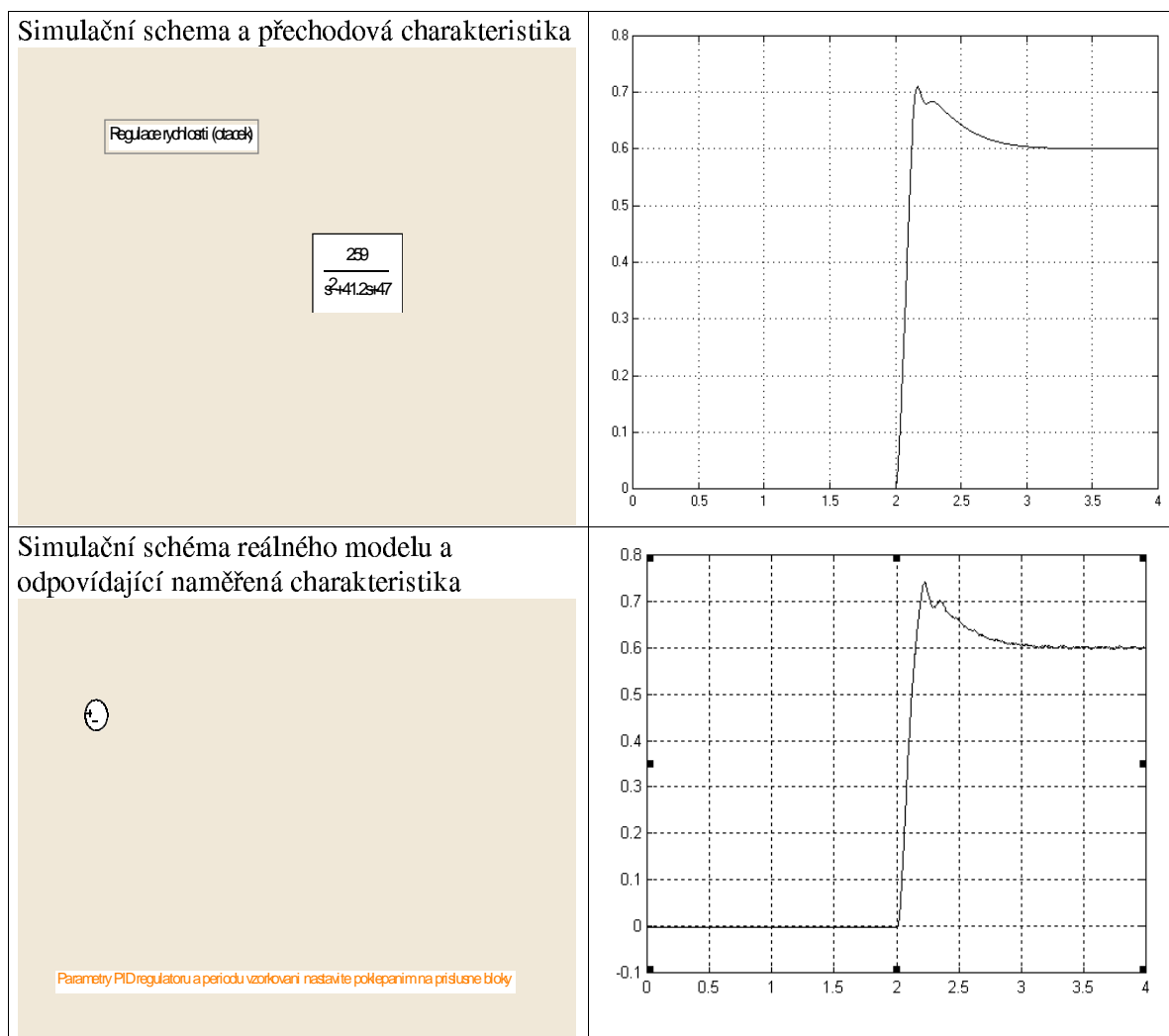
$$r_0 = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot |S(\omega_{\Delta})|} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0.416} = 6.43$$

Z přenosu PID regulátoru získáme

$$\text{pro derivační složku } r_1 = \frac{r_0}{1.1 \cdot \omega_D} = \frac{6.43}{1.1 \cdot 41.6} = 0.14 \text{ a}$$

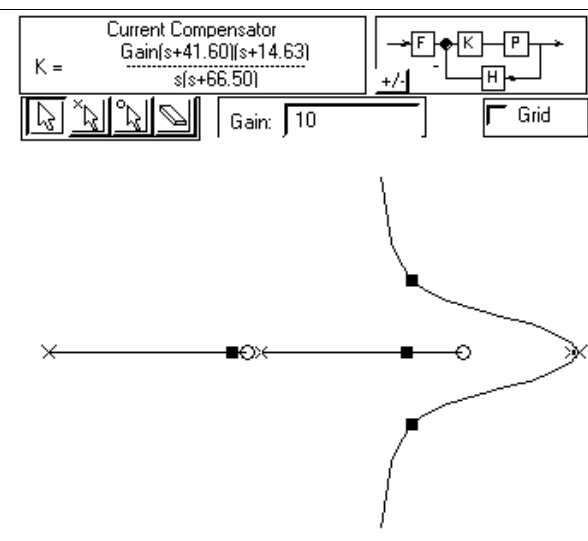
$$\text{pro integrační složku } r_{-1} = r_1 \omega_I \omega_D = 0.14 \cdot 4.16 \cdot 41.6 = 24.3$$

derivační dělitel N=15



Naměřené charakteristiky sice odpovídají simulovaným ale vzhledem k tomu že pro návrh jsme volili fázovou bezpečnost 45 stupňů a odpovídající kritickou frekvenci jsme ve frekvenčních charakteristikách spíše odhadli než odečetli protože fáze se k -180 asymptoticky blíží. A požadované parametry jsou t_{rmax} a překmit lze touto metodou jen přibližně nastavit regulátor, požadované hodnoty t_{rmax} a překmitu potom vyjdou nějak. Nicméně získané parametry nám poslouží jako vstupní data pro návrh regulátoru metodou GMK.

Návrh regulátoru pro otáčky metodou GMK



To sice vypadá vzhledově pěkně ale výsledné parametry po přepočtu vynásobením 10, roznásobením a vydělením 66.5 vychází

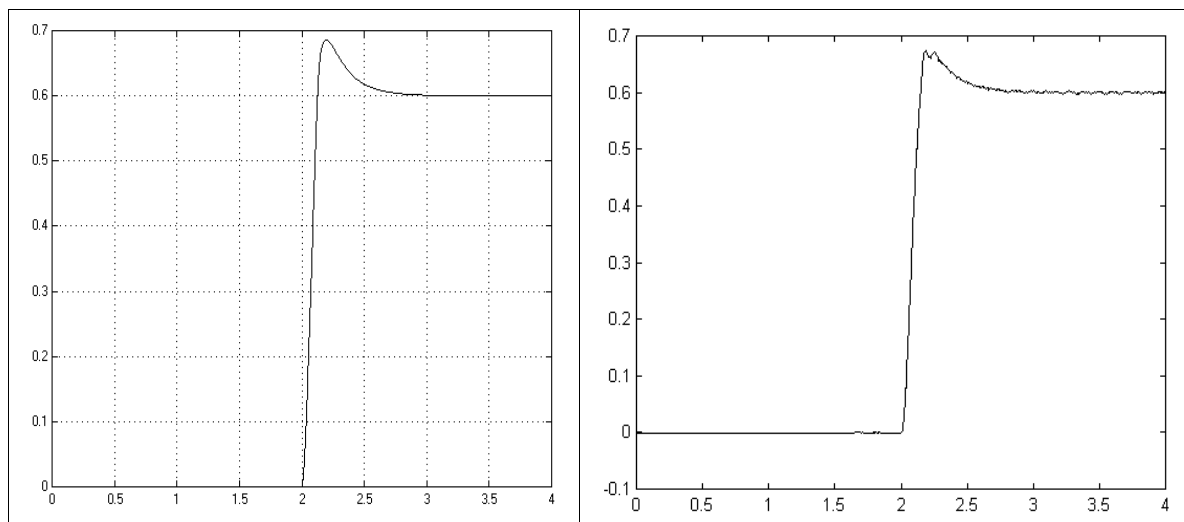
$$R(s) = \frac{10 \cdot (s + 41.6) \cdot (s + 14.63)}{s \cdot (s + 66.5)} =$$

$$= \frac{0.15 \cdot s^2 + 8.4 \cdot s + 91.4}{s}$$

Derivační dělitel jsme na začátku nastavili na 5. Ve výsledku je velká integrační složka, proto ji zmenšíme na polovinu a omezíme ještě anti-windupem čímž získáme nejlepší výsledek.

$$R(s) = \frac{0.15 \cdot s^2 + 8.4 \cdot s + 40}{s}$$

Výsledná simulovaná a naměřená přechodová charakteristika při použití **PID regulátoru s filtrovanou derivační složkou a antiwindupem**



Frekvenční metoda návrhu PID regulátoru pro polohu

Zvolíme-li poměr nul regulátoru $\frac{\omega_D}{\omega_I} = 10$, pak

$$\phi_{\Delta} = -225^{\circ} + 45^{\circ} = -180^{\circ}, \quad \omega_D = \omega_{\Delta} = \omega_k = 6.79 \text{ rad/s} \text{ a } \omega_I = 0.679 \text{ rad/s.}$$

Z toho

$$r_0 = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot |S(\omega_{\Delta})|} = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot 0.14} = 5.2$$

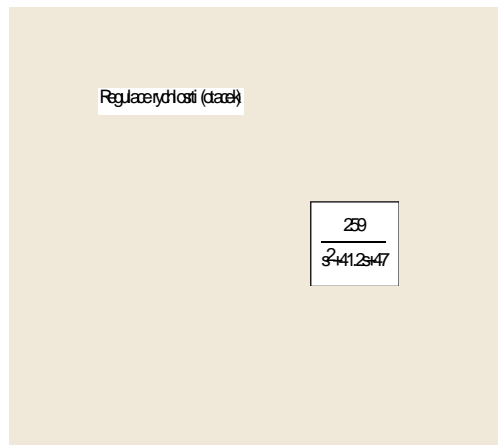
Z přenosu PID regulátoru získáme

$$\text{pro derivační složku} \quad r_1 = \frac{r_0}{1.1 \cdot \omega_D} = \frac{5.2}{1.1 \cdot 6.79} = 0.69 \quad \text{a}$$

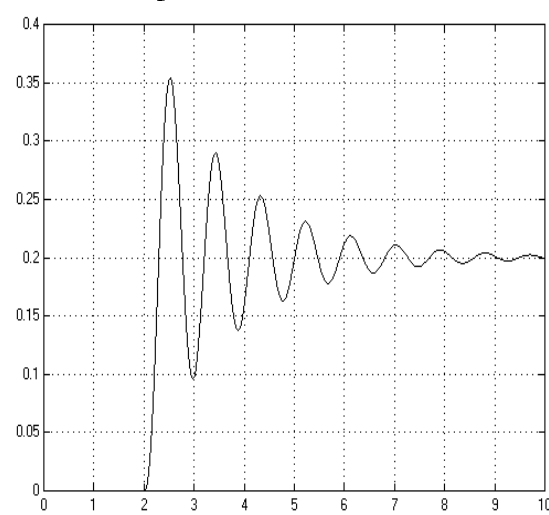
$$\text{pro integrační složku} \quad r_{-1} = r_1 \omega_I \omega_D = 0.14 \cdot 6.79 \cdot 0.679 = 3.2$$

derivační dělitel N=5

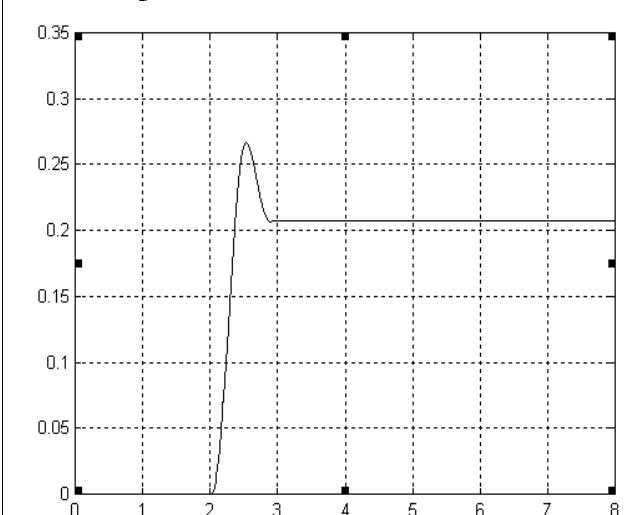
Simulační schéma



Simulovaná přechodová charakteristika

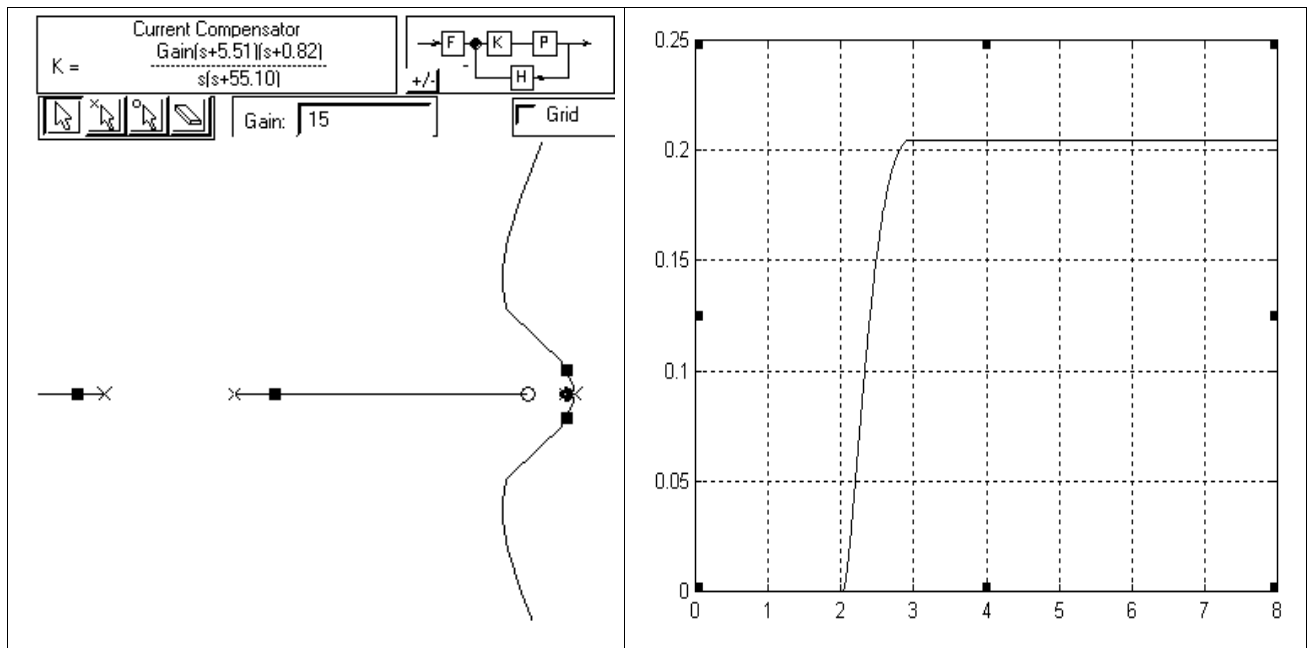


Naměřená přechodová charakteristika



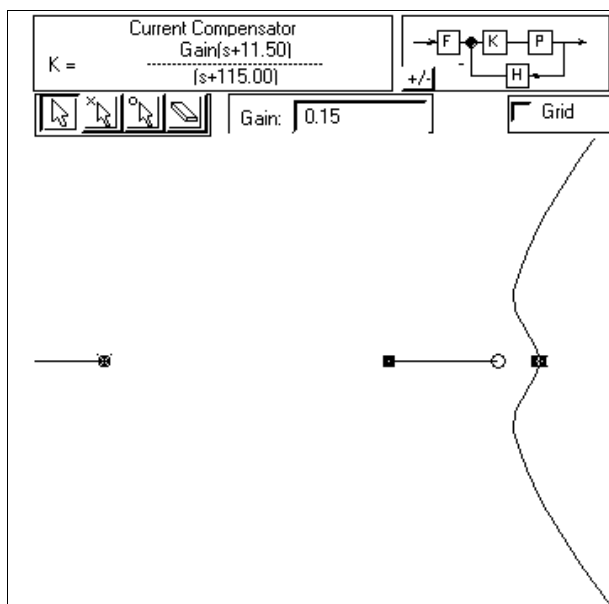
Použili jsme opět PID regulátor s antiwindupem, z obrázku je patrné že se simulací si moc nepomůžeme ale jinak by tento regulátor byl použitelný v rámci zadaných parametrů.

Návrh PID regulátoru metodou GMK



Použili jsme opět PID regulátor s antiwindupem, podařilo se odstranit překmit, N je v tomto případě 10

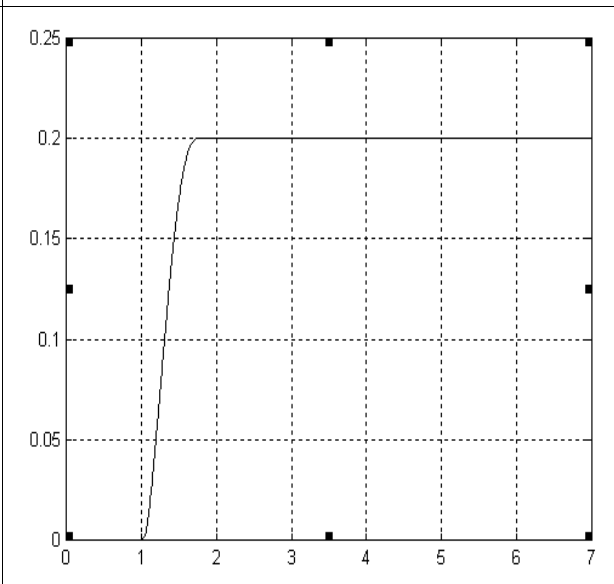
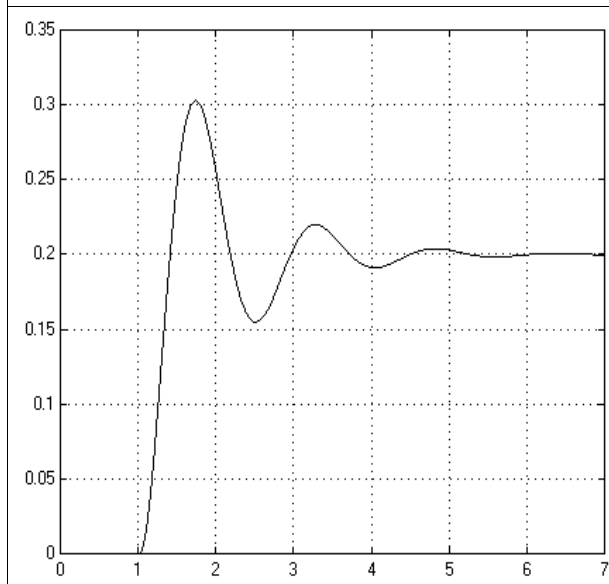
Návrh PD regulátoru pomocí GMK a cyklické optimalizace konstant



Zkusíme to ještě dále vylepšit PD regulátorem s antiwindupem jeho parametry jsme získali částečně pomocí metody GMK a částečně cyklickou optimalizací.

$$R(s) = 2.3 + 0.2 \cdot s$$

N je v tomto případě opět 10



Závěr

V úloze jsme si vyzkoušeli návrh regulátorů různými metodami. Metody návrhu regulátorů jsou úzce svázány s typem soustavy pro kterou má být regulátor navržen. Dále záleží na vstupních požadavcích na návrh regulátoru. V našem případě to byl minimální překmit a minimální doba regulace. Vstupními parametry pro návrh regulátorů jsou však parametry zcela jiné, např. pro frekvenční metody je vstupním požadavkem fázová bezpečnost. Platí že nejvhodnější vypočtený regulátor ještě nemusí být nejlepším regulátorem. Metodou GMK by teoreticky mělo být možné navrhnout regulátor přesně podle našich představ, což ovšem není pravda protože systém je omezený mnoha nelinearitami které mají na regulaci zásadní vliv. Přesto je tato metoda velmi názorná a velmi vhodná. Dosažené výsledky je tedy třeba kombinovat a doladit "ručně".