

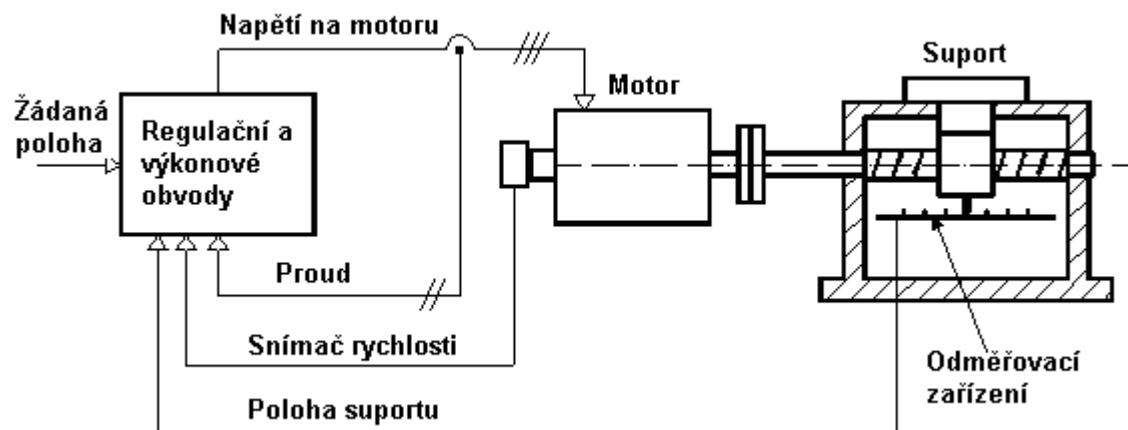
# Zásady regulace - proudová, rychlostní, polohová smyčka

M. Lachman, R. Mendřický - Elektrické pohony a servomechanismy

23.4.2014

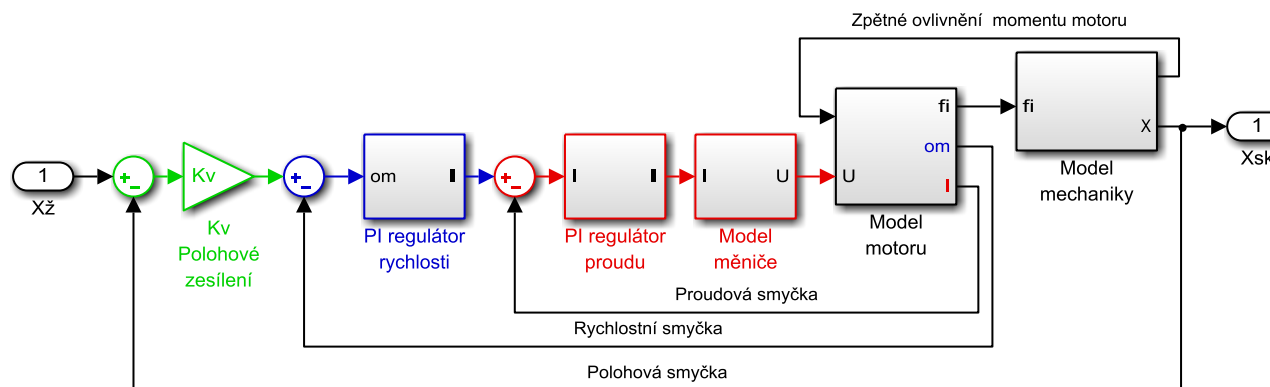
# Posuvová osa s rotačním motorem

## Schématické znázornění



- 3 regulační smyčky
- Proudová smyčka
  - Rychlostní smyčka
  - Polohová smyčka

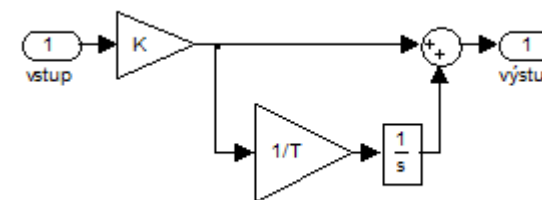
## Blokové schéma v Matlabu



# Obecné zásady nastavení regulátorů

## Použité regulátory

- Proudová a rychlostní smyčka – PI regulátor
- Polohová smyčka – P regulátor



Blokové schéma PI regulátoru

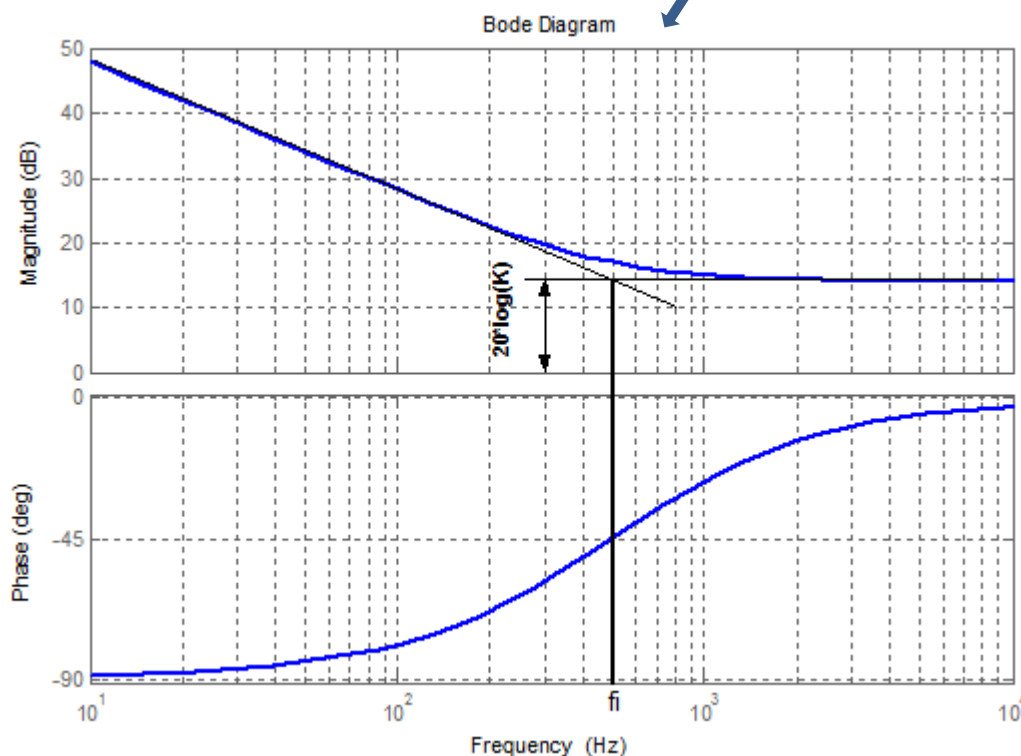
Přenos  $F = K \cdot \left(1 + \frac{1}{T \cdot s}\right) = K \cdot \left(\frac{T \cdot s + 1}{T \cdot s}\right)$

$$T = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f_i}$$

Proudový regulátor  $K = K_p \left[\frac{V}{A}\right] \quad T = T_p [s]$

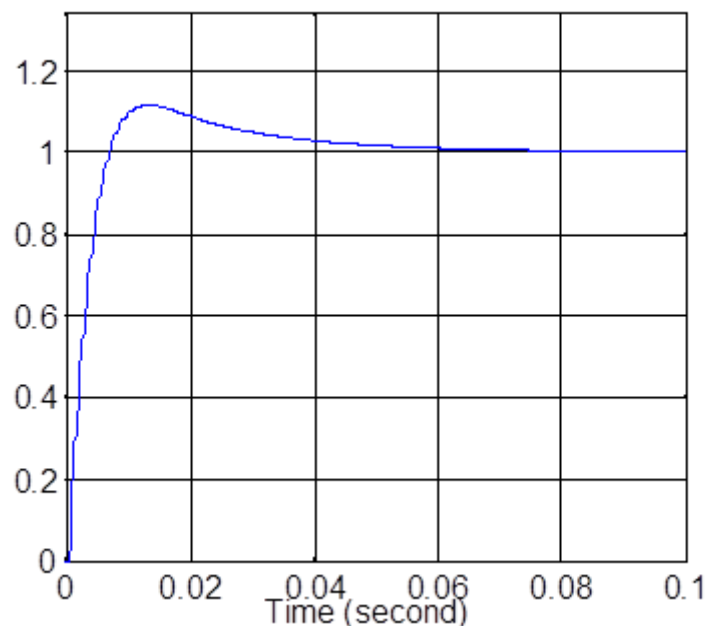
Rychlostní regulátor  $K = K_R \left[\frac{A \cdot s}{m}\right] \quad T = T_R [s]$

K – zesílení  
 T – časová konstanta  
 f<sub>i</sub> – frekvence zlomu [Hz]



Frekvenční charakteristika PI regulátoru

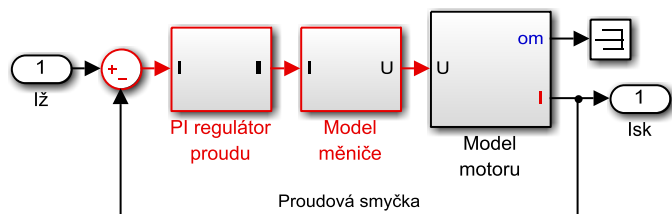
Při nastavování zesílení (K) a časové konstanty (T) u PI regulátorů (proudový, rychlostní), by u přechodové charakteristiky překmit skutečné hodnoty proudu (u proudové smyčky) nebo rychlosti (u rychlostní smyčky) by **neměl překročit 1,2 x hodnotu žádaného proudu či rychlosti**.



Ukázka přechodové charakteristika rychlostní smyčky

Propustné pásmo smyčky se určuje pomocí frekvenční charakteristiky a je nejvyšší frekvence sinusového vstupního signálu, při které amplituda výstupního signálu neklesne více než o 3 dB (t.j. na 70,8 % amplitudy při nízkých frekvencích) nebo při které fázový posuv výstupního signálu vůči vstupnímu neklesne pod  $-90$  stupňů.

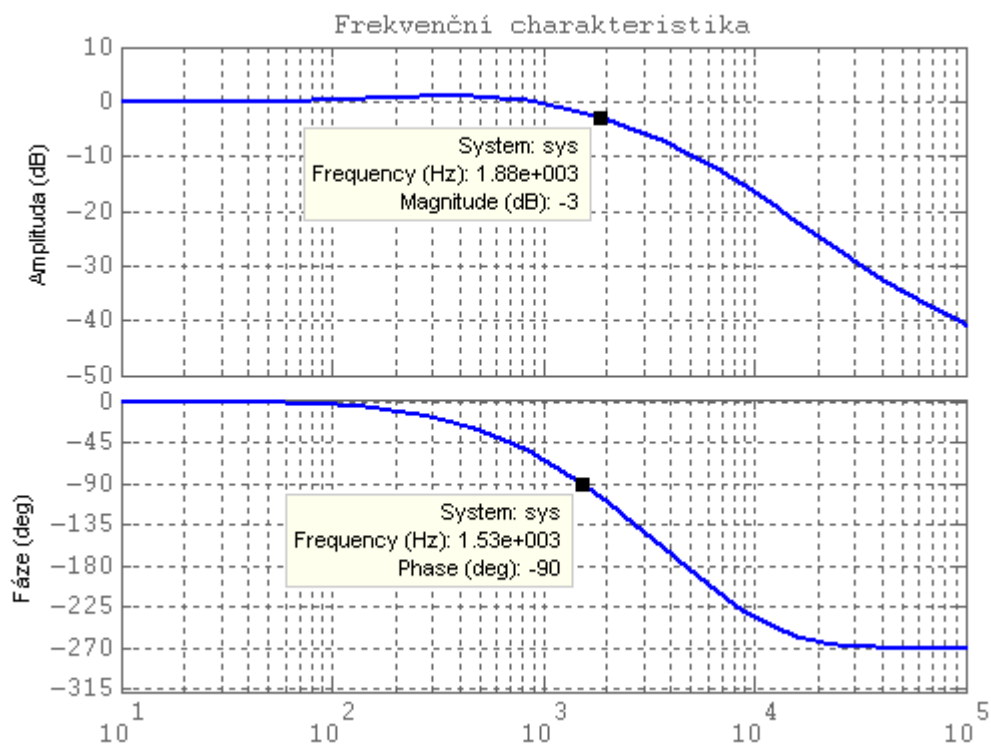
# Proudová smyčka



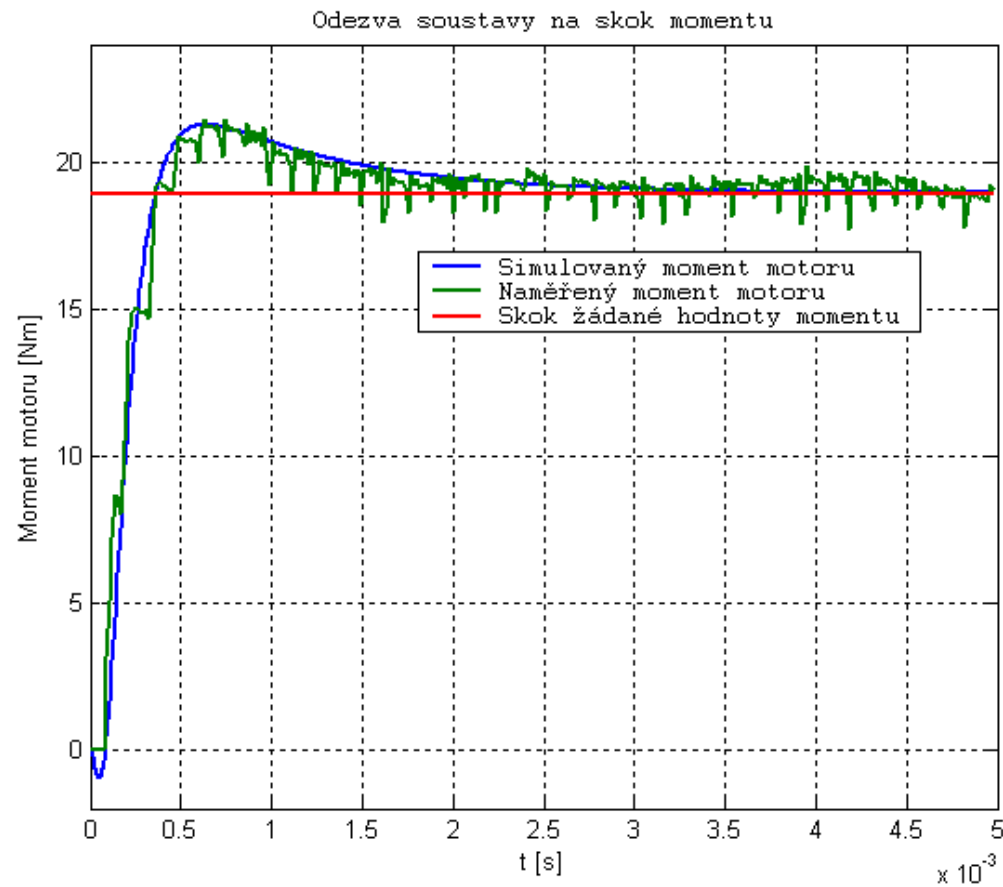
Měniče:

- Tyristorové
- Tranzistorové

Model měniče se zjednodušeně nahrazuje dopravním zpožděním.

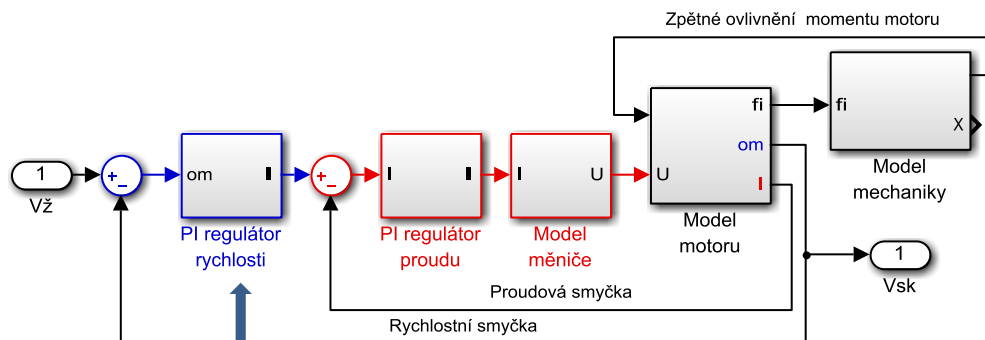


Propustné pásmo proudové smyčky 1 až 2 KHz



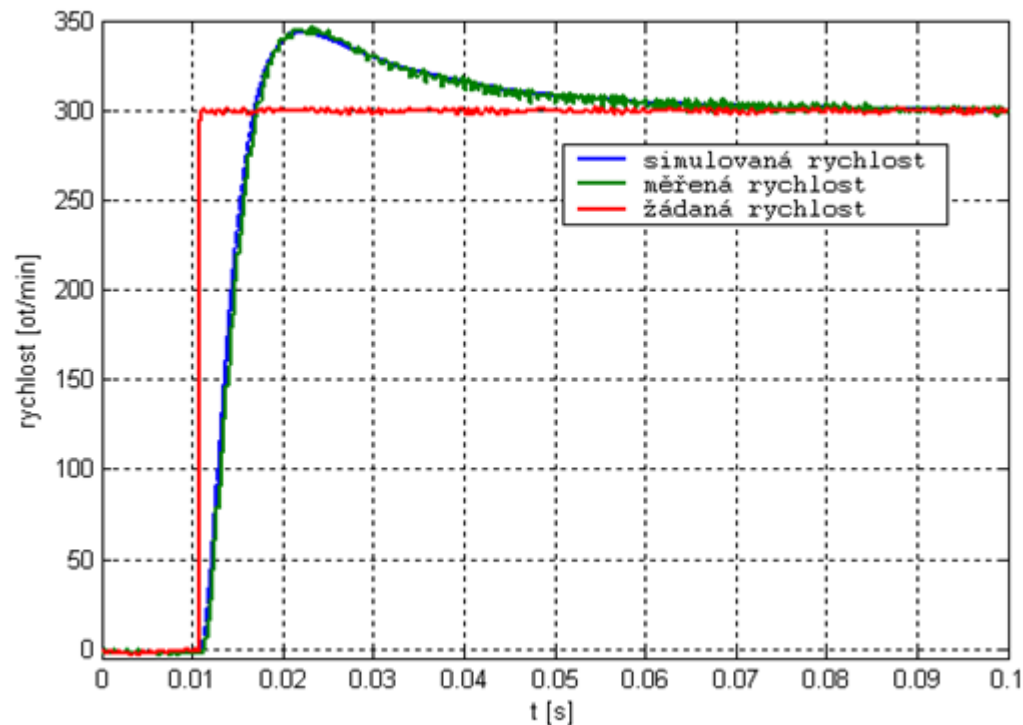
Odezva motoru Yaskawa na skokovou změnu žádaného momentu motoru z 0 Nm na 19 Nm. Porovnání měření a simulace v Matlabu.

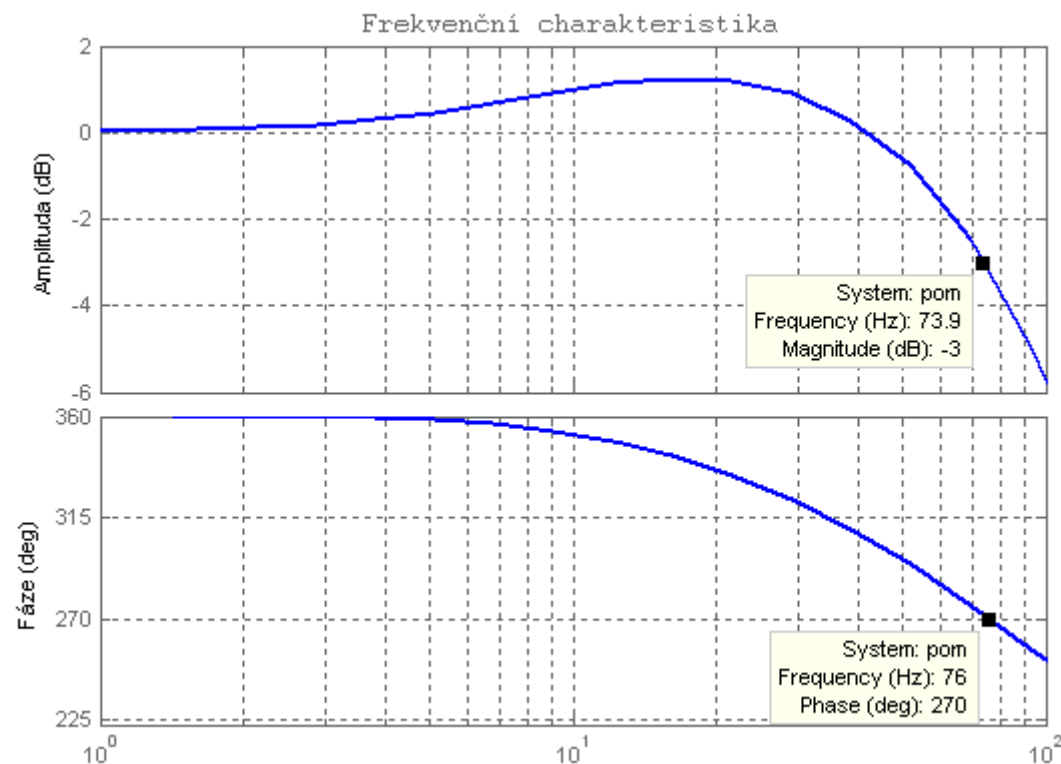
# Rychlostní smyčka



Odezva na skok žadané rychlosti (300 ot/min) u servomotoru Yaskawa

Vlastnosti rychlostní smyčky se nastavují v PI regulátoru rychlosti. Regulátor obsahuje i filtry na potlačení kmitání mechaniky.



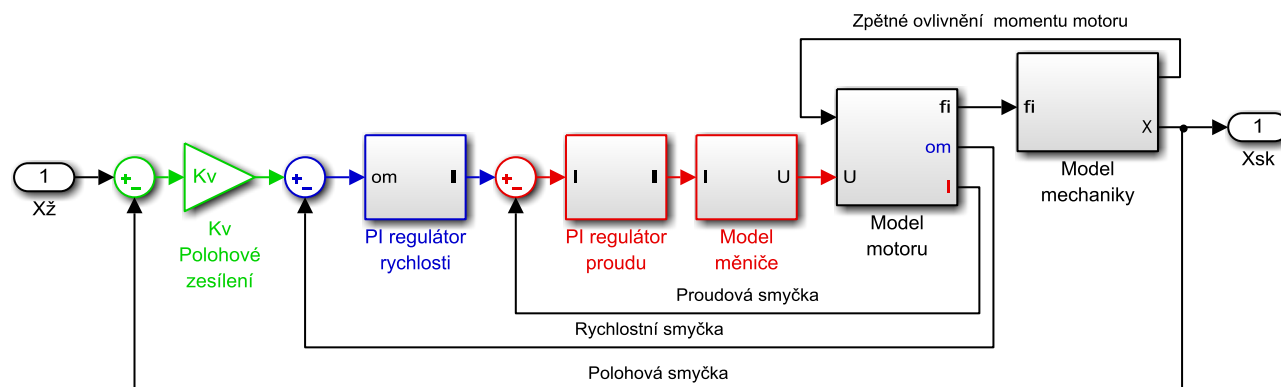


Ukázka frekvenční charakteristiky rychlostní smyčky pro servomotor Yaskawa, propustné pásmo je zde nastaveno přibližně na 74 Hz.

Pokud to mechanická část dovoluje, standardně se nastavuje propustné pásmo mezi 100 až 400 Hz.

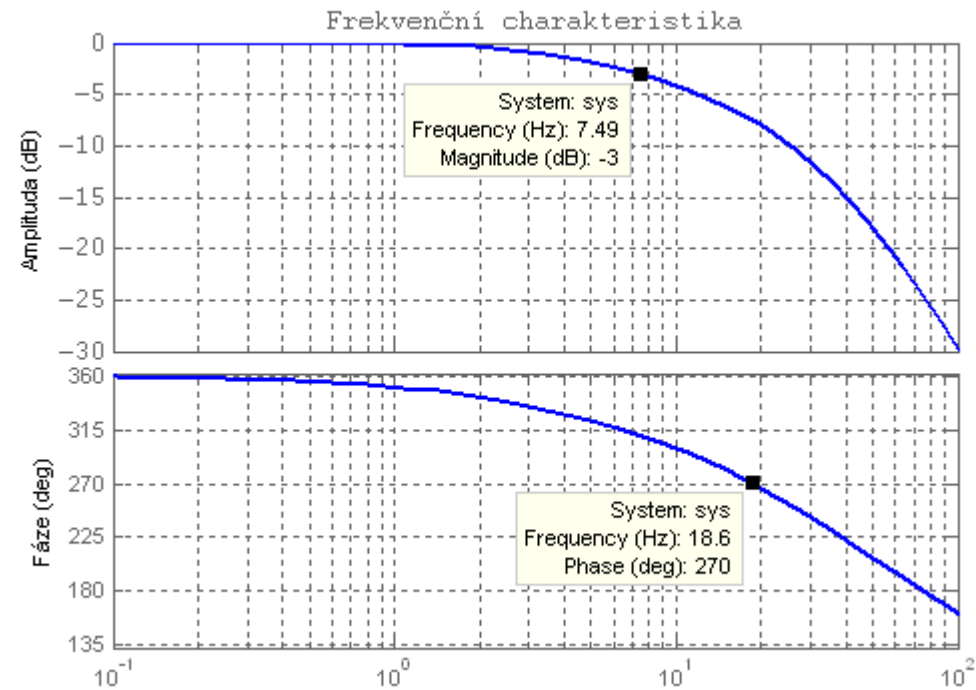


# Polohová smyčka



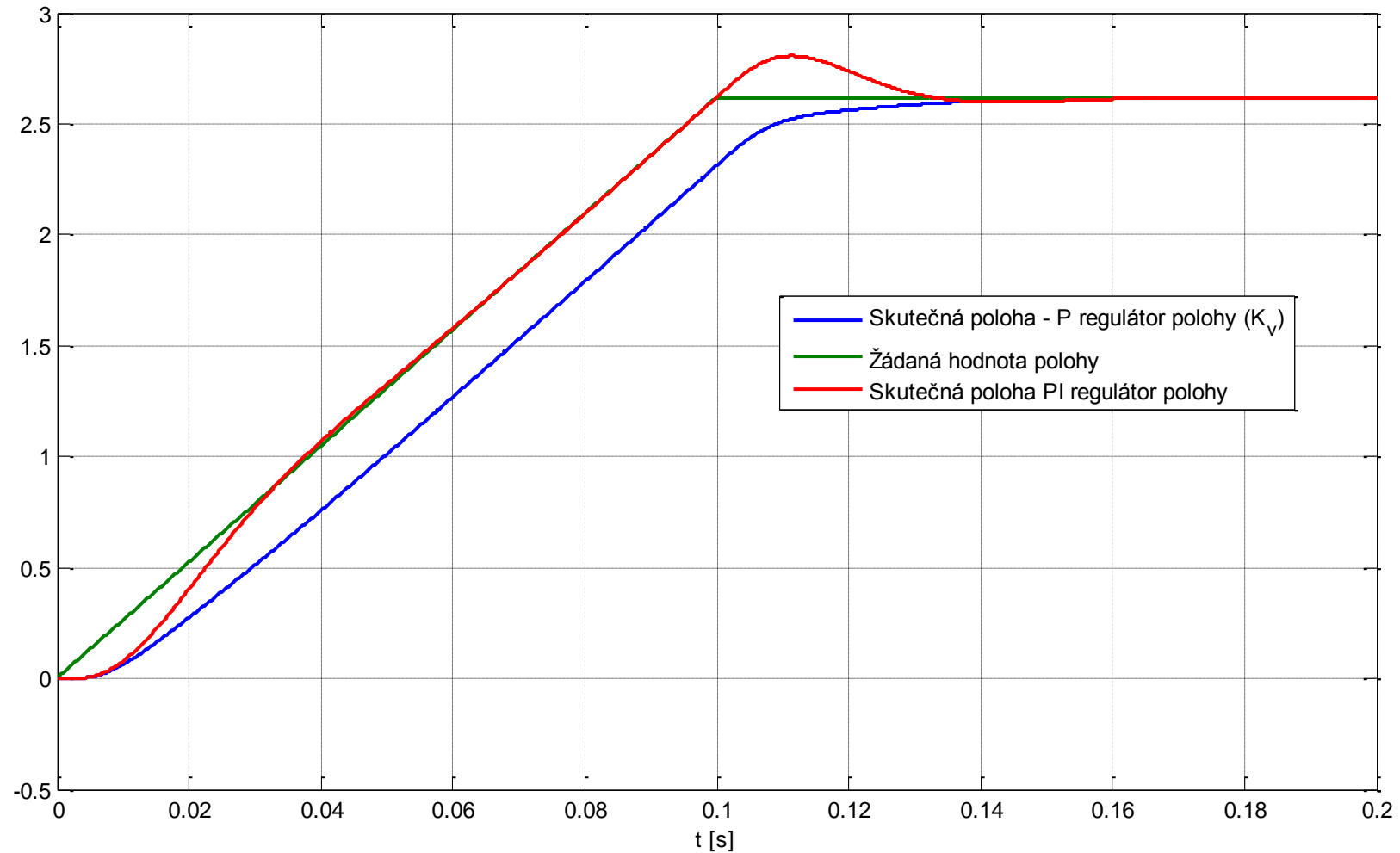
U polohové zpětné vazby se neměří odezva na skok žádané polohy, měří se frekvenční charakteristika polohové smyčky na zjištění propustného pásma.

## Frekvenční charakteristika polohové smyčky



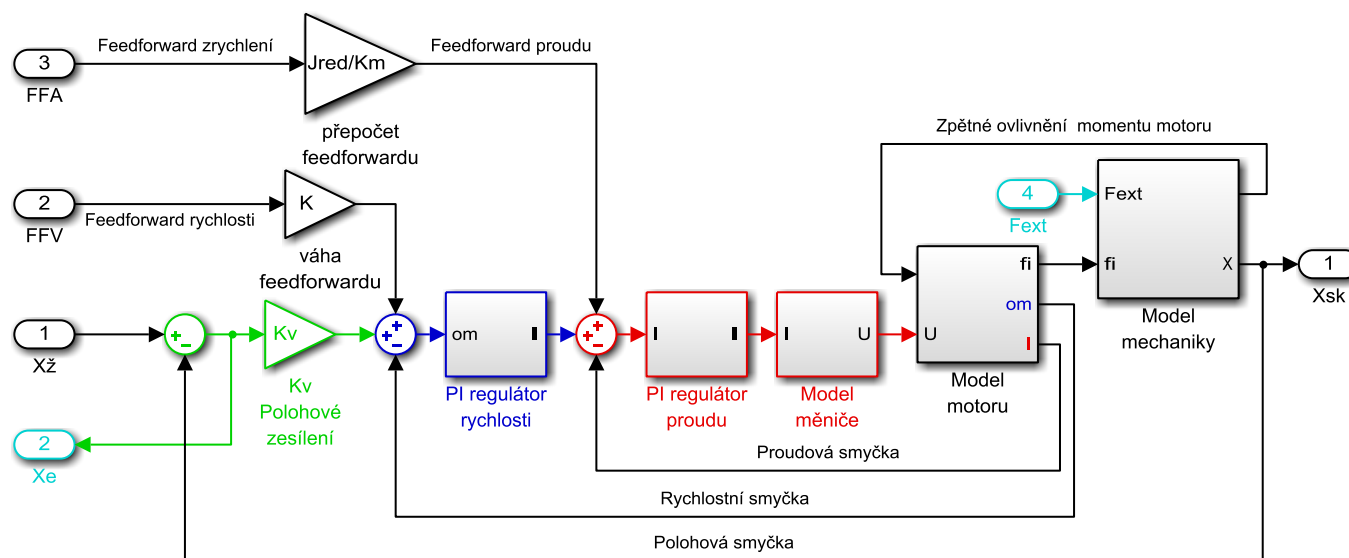
Propustné pásmo polohové smyčky je v jednotkách Hz, zde pro servomotor Yaskawa je to přibližně 7 Hz.

Regulátor v polohové smyčce se používá pouze typu P (zesílení  $K_V$ ), protože překmit skutečné polohy, vůči žádané poloze je nežádoucí, viz. obrázek níže.



## Dopředné vazby - feedforwardy

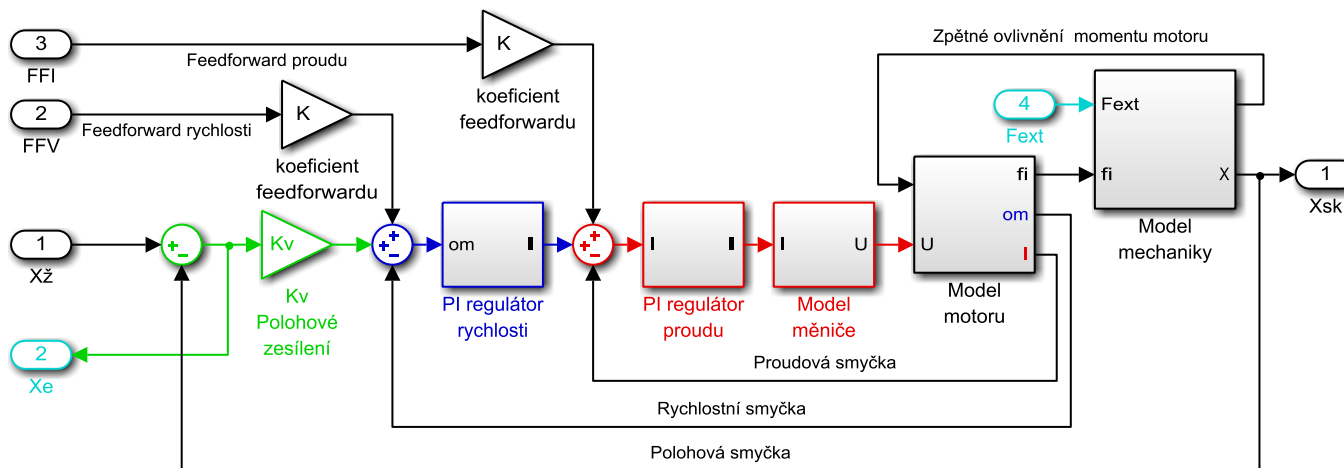
Feedforwardy jsou předkorekční signály rychlosti a proudu (vypočítává se ze žádané hodnoty zrychlení). Tyto signály jsou zaváděny kvůli kompenzaci dynamických chyb. Předkorekční signál zrychlení (FFA) zavádíme jako signál dopředného zrychlení a přepočítáme ho na předkorekční signál proudu v bloku „přepočet feedforwardu“ do proudové smyčky a předkorekční signál rychlosti (FFV) do rychlostní smyčky. Podmínkou je při jemném rozlišení polohy získat kvalitní signál rychlosti ve zpětné vazbě.



$J_{red}$  – veškeré pohybující se hmoty redukované na hřídel motoru.  
 $K_m$  – momentová konstanta motoru

# Rázová tuhost

- Odezva pohonu na skokové zatížení vnější silou ( $F_{ext}$ )



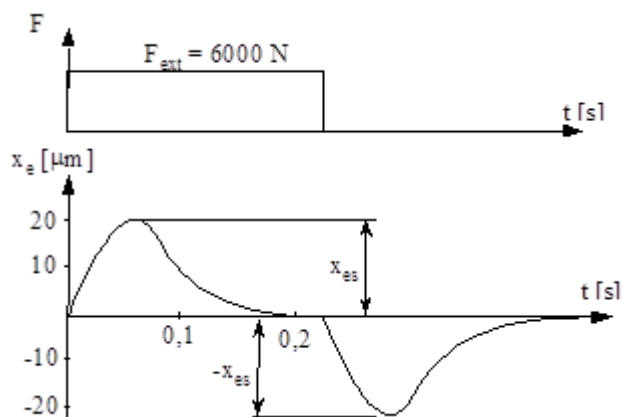
Rázová dynamická tuhost

$$k_{dyn\_R} = \frac{F_{ext}}{x_{es}} \left[ \frac{N}{\mu m} \right]$$

Rázová statická tuhost

$$k_{stat} = \frac{F_{ext}}{x_e} \rightarrow \infty$$

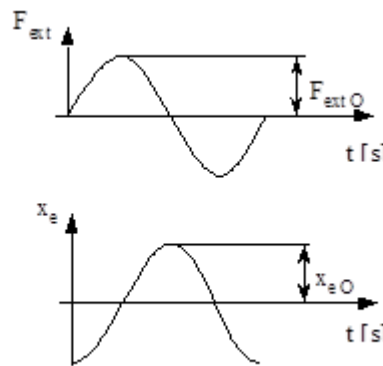
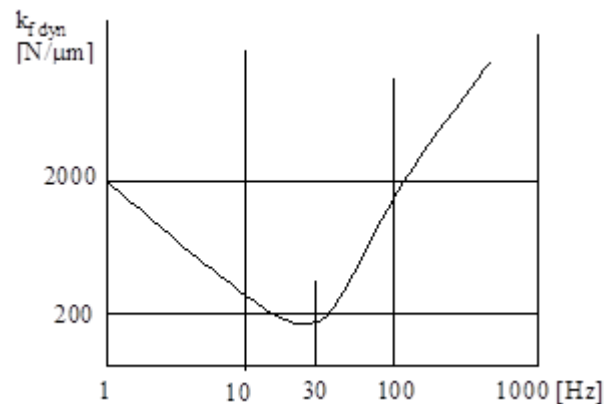
V čase  $t \rightarrow \infty$  [s] se  $k_{stat} \rightarrow \infty$ , protože  $x_e \rightarrow 0$ .



Příklad odezvy servopohonu na skokovou změnu zatížení  
 Servopohon střední velikosti, trvalý kroutící moment 20 Nm, propustné pásmo 80 Hz,  $K_v = 30 \text{ s}^{-1}$  přímo spojen s posuvovým šroubem se stoupáním 10 mm/ot.

## Frekvenční dynamická tuhost ( $k_{f\text{dyn}}$ )

- Frekvenční dynamická tuhost se zjišťuje z odezvy pohonu na harmonicky proměnnou zatěžující sílu ( $F_{\text{ext}}$ ), nejčastěji má sinusový průběh.



$$k_{f\text{dyn}} = \frac{F_{\text{ext}0}}{x_{e0}} \quad [\text{N}/\mu\text{m}]$$

### Ukázka frekvenční dynamické tuhosti

Při nízkých frekvencích budící síly je tuhost pohonu velmi vysoká, s rostoucí frekvencí klesá schopnost regulátorů vyrovnávat odchylky a úměrně tomu klesá tuhost pohonu. Minimum frekvenční dynamické se pohybuje v rozmezí frekvencí 10 až 30 Hz. Při frekvencích nad 30 Hz se začíná uplatňovat vliv setrvačných hmot, které nedovolí pohonu sledovat vysoké frekvence zatěžujících sil a dynamická tuhost opět roste.

# Děkuji za pozornost