

Zpráva laboratorní úloze

Matouš Vrba, Tomáš Glabazňa

14. května 2015

1.1 Obecný regulátor, navržený polynomiálními metodami

Tento regulátor jsme navrhovali polynomiálními metodami. Nejdříve jsme si rozumně určili polohy, do kterých bychom chtěli posunout póly výsledného systému a sestavili charakteristický polynom $c(s)$ pro tyto póly. Potom jsme dosadili do rovnice pro charakteristický polynom výsledného systému se zapojeným regulátorem, kde regulátor $C = \frac{y(s)}{x(s)}$ a soustava $G = \frac{b(s)}{a(s)}$, a tuto rovnici se dvěma neznámými polynomy y a x vyřešili pomocí funkce Polynomial Toolboxu *axbyc* s parametrem "miny":

$$\begin{aligned} c(s) &= (s + 12)(s + 5 - 10j)(s + 5 + 10j)(s + 20)^2 \\ b(s) \cdot y(s) + a(s) \cdot x(s) &= c(s) \\ -18,1s \cdot y(s) + (s^3 + 7,021s^2 + 74,37s + 461) \cdot x(s) &= (s + 12)(s + 5 - 10j)(s + 5 + 10j)(s + 20)^2 \end{aligned}$$

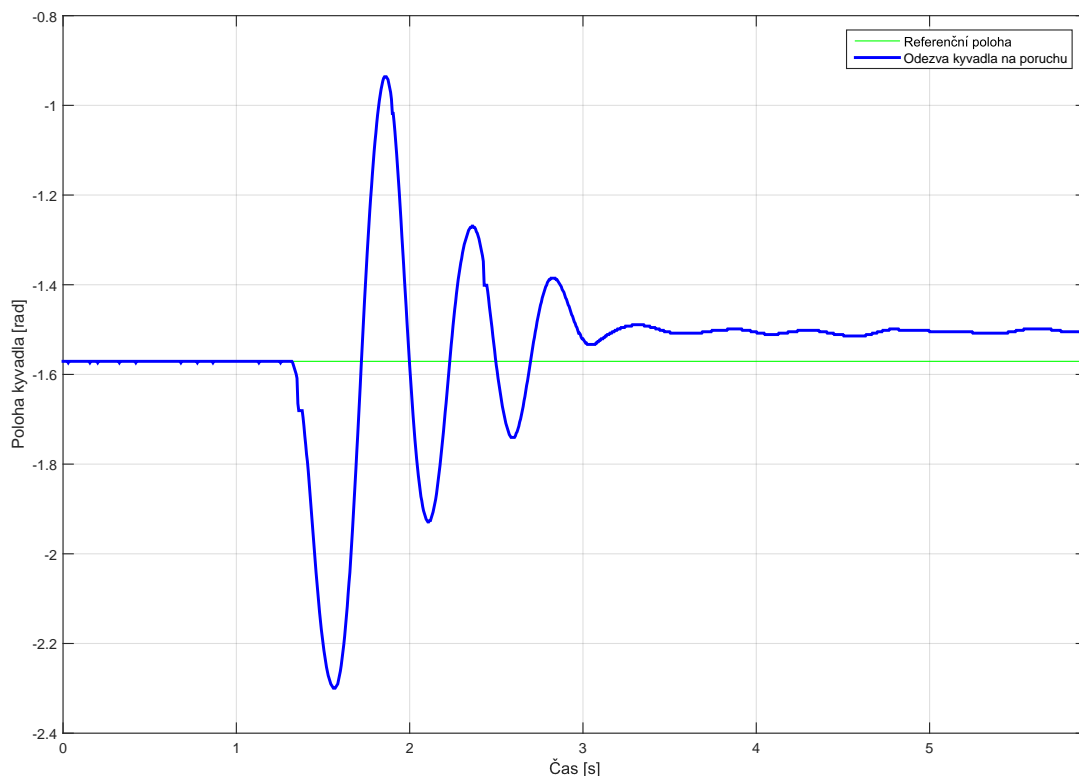
Do žádaného charakteristického polynomu jsme museli přidat dva póly $((s + 20)^2)$, aby měla tato rovnice řešení, které vede na ryzí regulátor.

Výsledný přenos regulátoru:

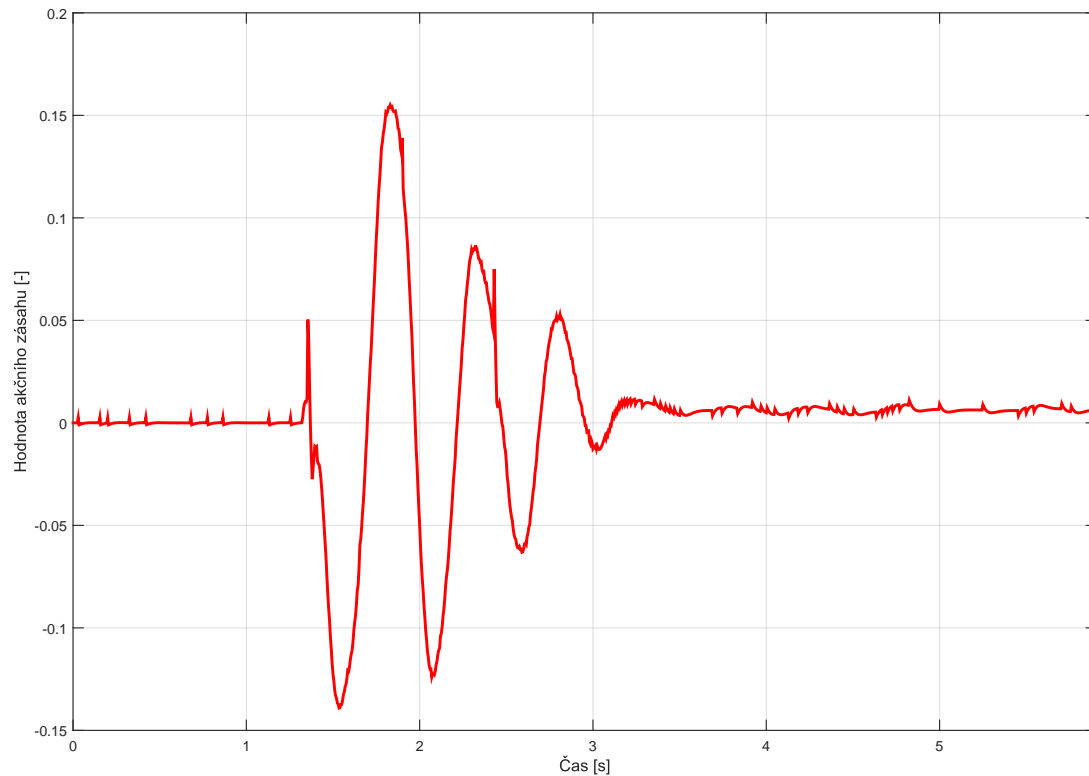
$$C = \frac{13,09s^2 - 354,3s - 1981}{16s^2 + 879,7 + 20820}$$

Příklad odezvy kyvadla s tímto regulátorem na poruchu je na grafech níže. Z grafů je vidět, že kyvadlo se neustaluje na nulové odchylce, což je způsobeno zmiňovanou chybou senzoru.

Až na tuto chybu ale regulátor funguje velmi dobře a kyvadlo stabilizuje vždy maximálně do dvou sekund.



Obrázek 3: Odezva kyvadla s polynomiálním regulátorem na poruchu



Obrázek 4: Akční zásah polynomiálního regulátoru

1.2 PID regulátor, navržený autotunem

Tento regulátor jsme navrhli po několika neúspěšných pokusech v rltoolu navrhnout nějaký rozumný PID regulátor pomocí funkce autotune. Parametry jsme nastavili na PID tuning, robustní časovou odezvu, PID s filtrovanou D složkou prvního řádu a vyváženou robustnost a výkon.

Obecná rovnice PID regulátoru a hodnoty, navržené autotunem:

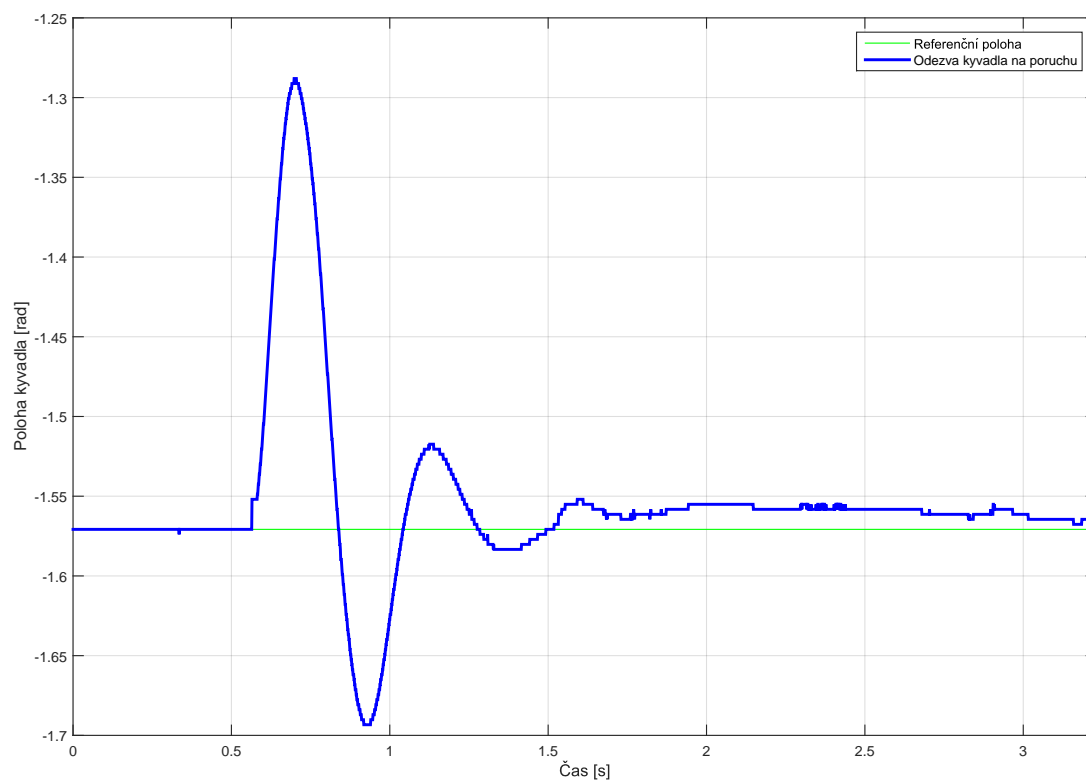
$$C = K_P + K_I \frac{1}{s} + K_D \frac{N}{1 + N \frac{1}{s}}$$

$$C = 2,09 + 7,91 \frac{1}{s} + 0,121 \frac{238}{1 + 238 \frac{1}{s}}$$

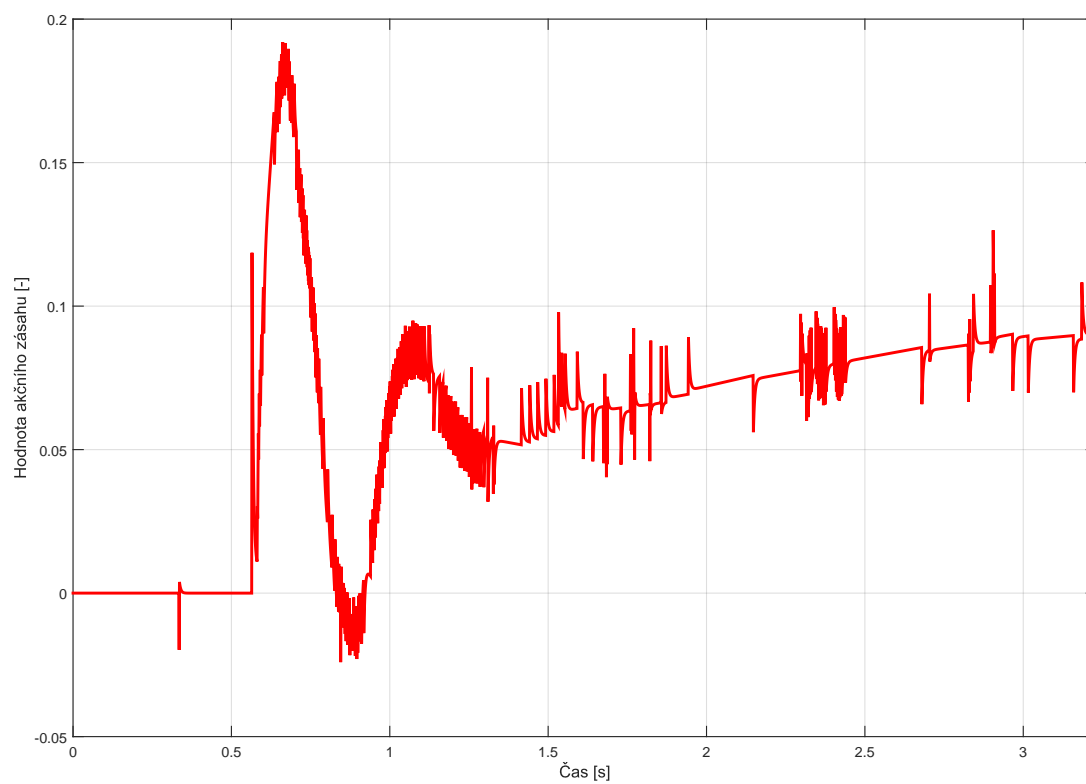
Přenos, navržený autotunem:

$$C = -100,67 \cdot \frac{(s + 10,68)(s + 5,715)}{s(s + 238)}$$

Následují jsou grafy odezvy kyvadla na poruchu. Tento regulátor stabilizuje velmi rychle - okolo jedné sekundy, ale kvůli nedokonalosti modelu, který nepočítá s vlivem rychlosti ramene na výchylku kyvadla, ustálenému akčnímu zásahu, který není nulový, a také kvůli chybě senzoru, se systém s regulátorem po delší době (asi 20 sekund) destabilizuje.



Obrázek 5: Odezva kyvadla s PID regulátorem na poruchu



Obrázek 6: Akční zásah PID regulátoru

2 Závěr

Z námi navržených regulátorů nejlépe fungoval pro rameno regulátor, navržený pomocí rltoolu, a pro kyvadlo regulátor, navržený polynomiálními metodami. Ale i jednoduchý P regulátor polohy ramene nás překvapil tím, jak dobře fungoval. Na druhou stranu PID regulátor kyvadla se příliš neosvědčil hlavně kvůli své tendenci se postupně destabilizovat, i když jinak reguluje velmi rychle a s malým překmitem. Také jsme navrhli několik dalších regulátorů, které měly své výhody, jako například P regulátor pro kyvadlo (se zesílením $P = -0.2$), který fungoval také překvapivě dobře a neměl problém s "ujížděním", jako PID, nebo další obecné regulátory pro rameno, které často regulovaly velmi rychle a bez překmitu, ale měly problém s ustálením se na nenulové odchylce kvůli zóně necitlivosti vstupu.