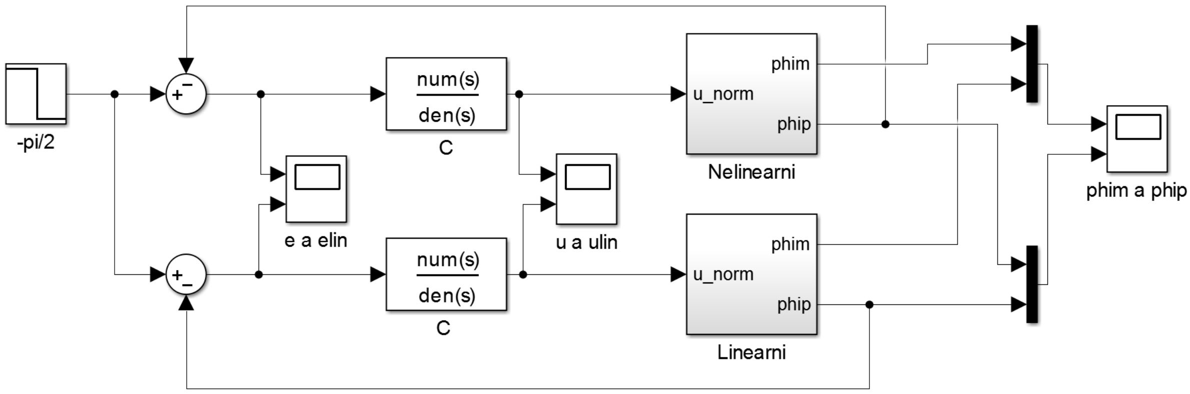
Zpráva laboratorní úloze

Matouš Vrba, Tomáš Glabazňa

13. května 2015

1 Regulátor úhlu natočení kyvadla

Regulátor pro kyvadlo jsme navrhovali tak, aby co nejrychleji a s co nejmenším překmitem reguloval polohu kyvadla vždy do spodní polohy, tedy na hodnotu $\varphi_p = -90° = -\frac{\pi}{2}$. Každý regulátor jsme vždy nejdříve navrhli nějakou metodou na linearizovaném systému v pracovním bodě $\mathbf{x_0} = [\varphi_{m0}, \varphi_{p0}, \dot{\varphi}_{m0}, \dot{\varphi}_{p0}] = \left[0, -\frac{\pi}{2}, 0, 0\right]$, potom jsme ho vyzkoušeli na linearizovaném a nelineárním modelu a zkontrolovali jsme, že se chová rozumně - především jsme kontrolovali, že vstupní saturace systému nepokazí odezvy. Až pokud regulátor obstál na linearizovaném i nelineárním modelu, vyzkoušeli jsme ho na reálném systému. Zapojení pro testování regulátorů na následujícím obrázku:



Obrázek 1: Testovací zapojení regulátorů

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"*:

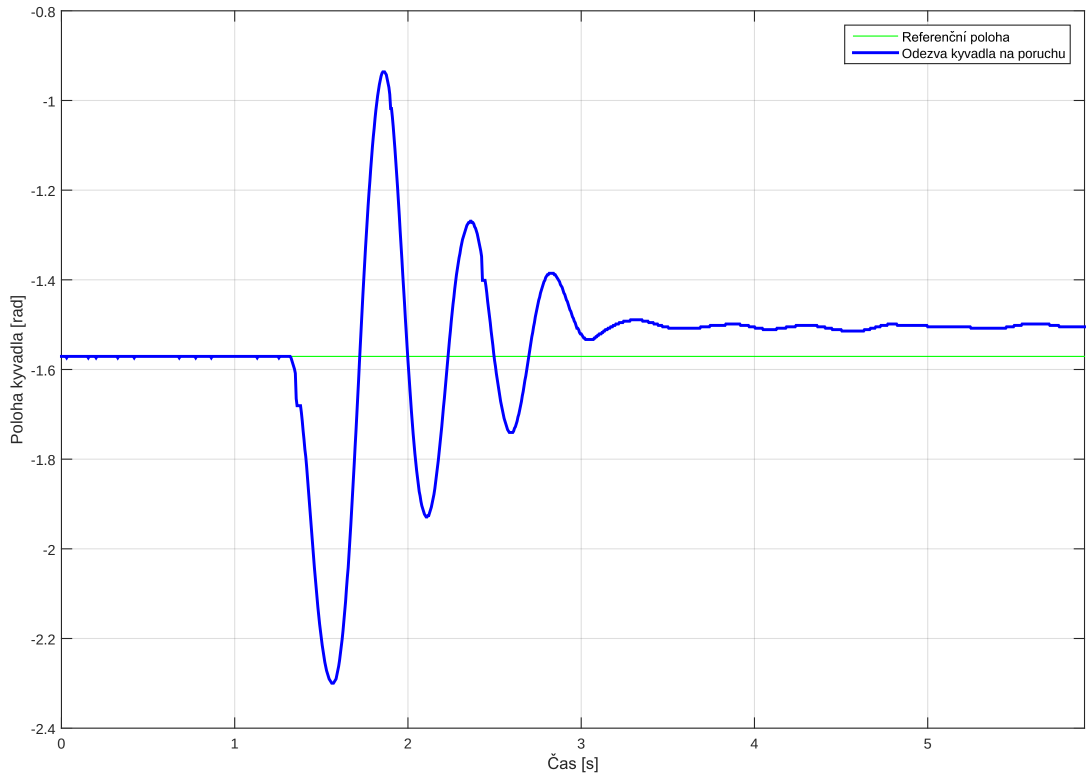
$$c(s) = (s+12)(s+5-10j)(s+5+10j)(s+20)^2$$
$$b(s) \cdot y(s) + a(s) \cdot x(s) = c(s)$$
$$-18,1s \cdot y(s) + (s^3 + 7,021s^2 + 74,37s + 461) \cdot x(s) = (s+12)(s+5-10j)(s+5+10j)(s+20)^2$$

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:

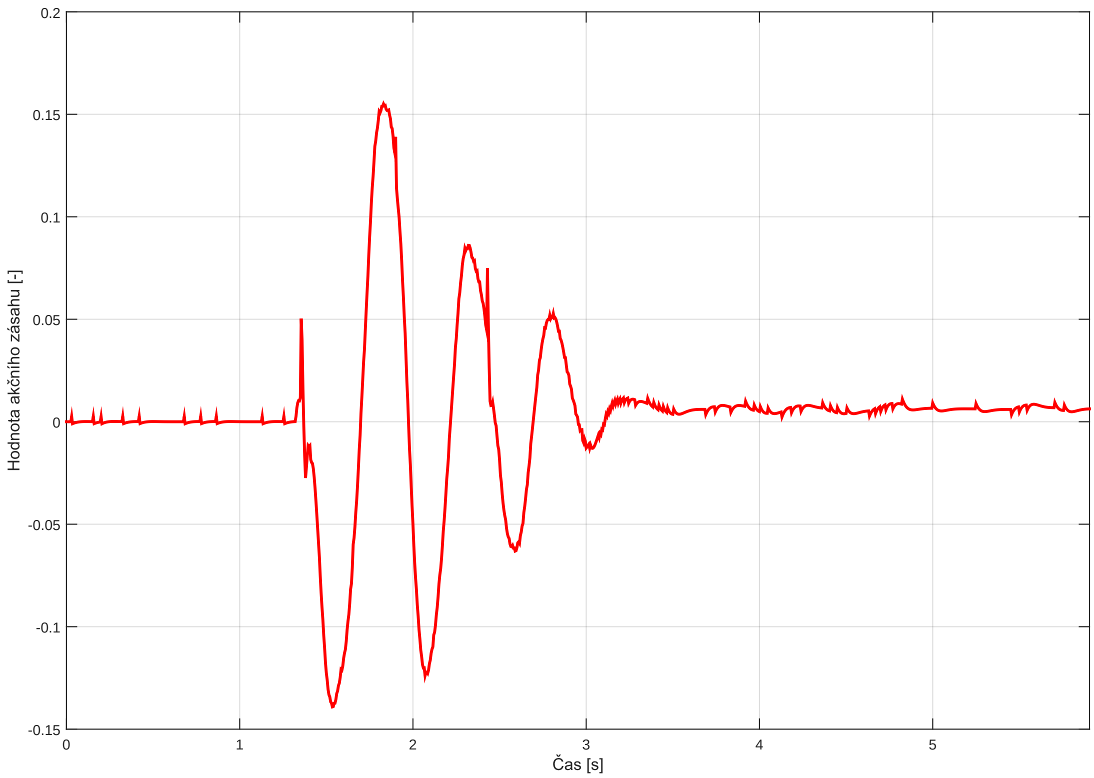
$$C = \frac{13,09s^2 - 354,3s - 1981}{16s^2 + 879,7 + 20820}$$

Příklad odezvy kyvadla s tímto regulátorem na poruchu je na grafech na další stránce. Z grafů je vidět, že kyvadlo se neustaluje na nulové odchylce, což je způsobeno chybou enkoderových snímačů (nebo komunikace řídicího modulu s MATLABem), které někdy vynechávají kroky. Tato chyba se naintegruje a má za následek odchylku od reference, i když je kyvadlo už ve skutečnosti ustálené.

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



Obrázek 2: Odezva kyvadla s polynomiálním regulátorem na poruchu



Obrázek 3: Akční zásah polynomiálního regulátoru

1.2 PID regulátor, navržený autotunem

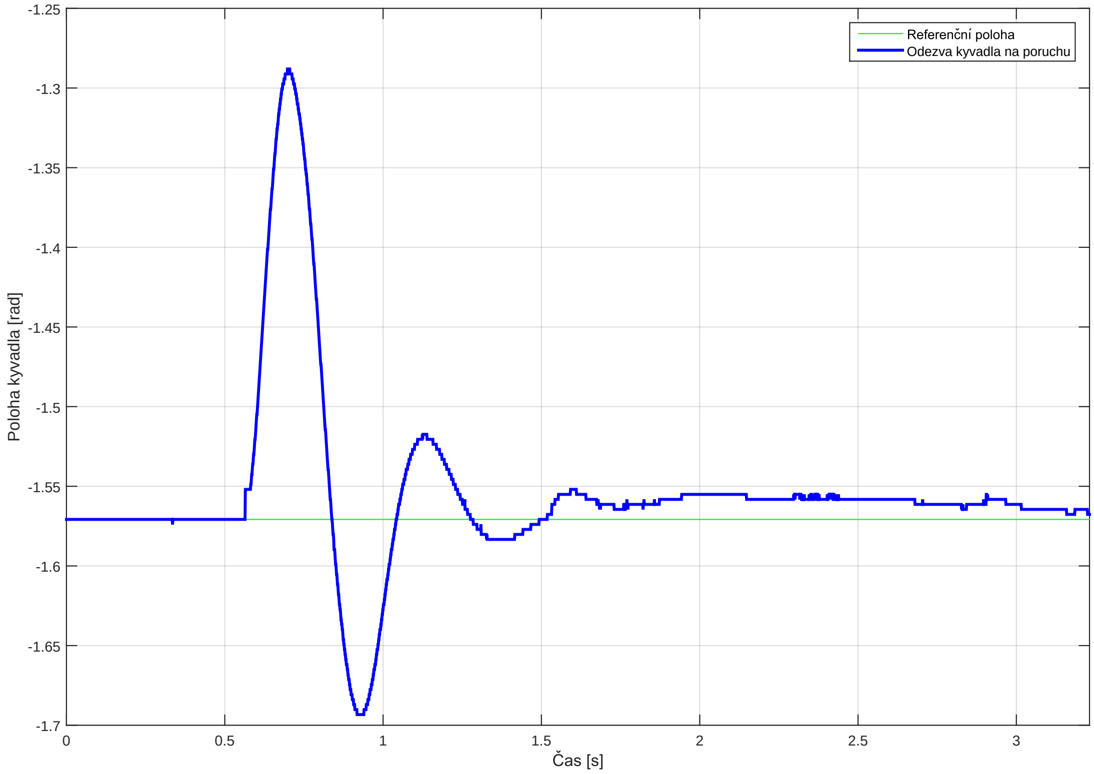
Tento regulátor jsme navrhli po několika neúspěšných pokusech v rltoolu navrhnout nějaký rozumný PID regulátor pomocí funkce autotune. Parametry jsme nastavili na PID tuning, robustní časovou odezvu, PID s filtrovanou D složkou prvního řádu a vyváženou robustnost a výkon.
Obecná rovnice PID regulátoru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

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

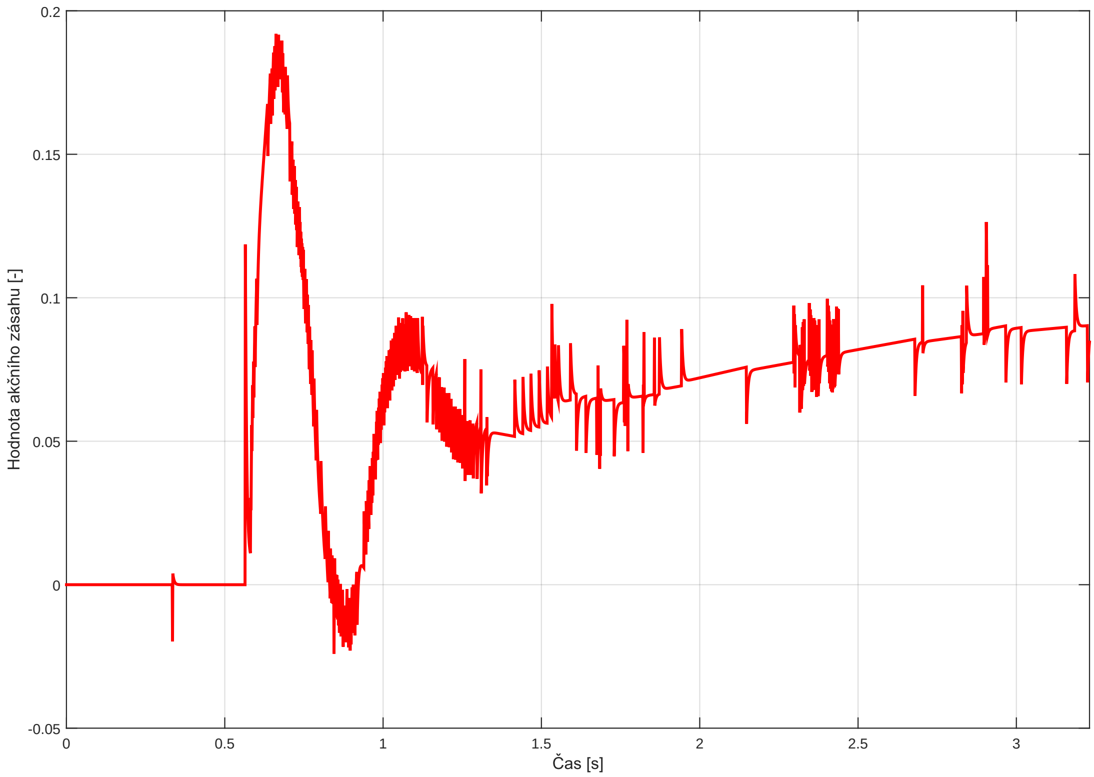
Přenos, navržený autotunem:

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

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 již zmiňované chybě enkodérů, se systém s regulátorem po delší době destabilizuje.



Obrázek 4: Odezva kyvadla s PID regulátorem na poruchu



Obrázek 5: Akční zásah PID regulátoru