

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky a mezioborových inženýrských studií



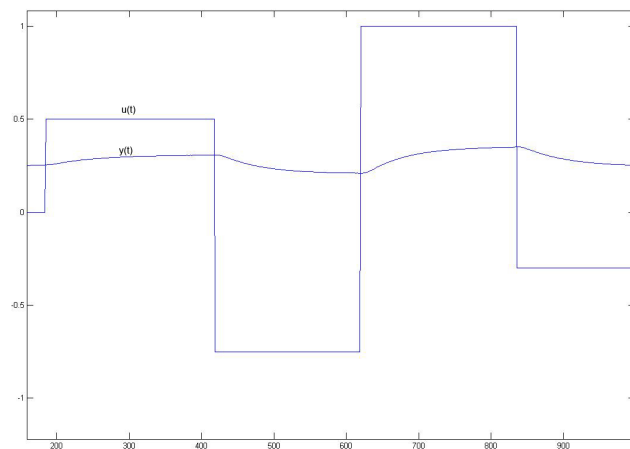
Řízení teploty proudícího vzduchu

Liberec 2008

Martin Blížkovský, Viktor Bubla

Naměřená data

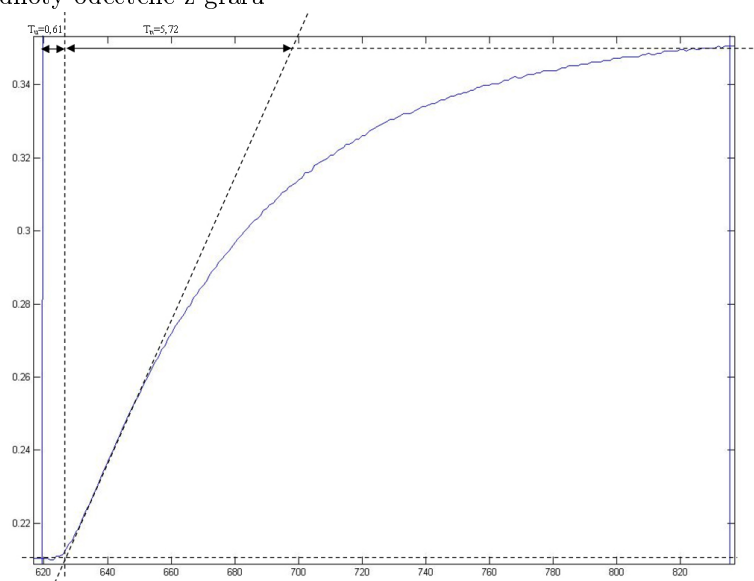
Na následujícím grafu je zobrazena proměnná u a proměnná y .



u jsme manuálně nastavovali výkon do topné spirály a y odpovídá teplotě vzduchu měřeného pomocí teplotního čidla umístěného před ústím ohřívače.

Strejcova metoda

Hodnoty odečtené z grafu



$$T_U = 0,61$$
$$T_N = 5,72$$

$$\tau_U = \frac{T_U}{T_N} = 0,107$$

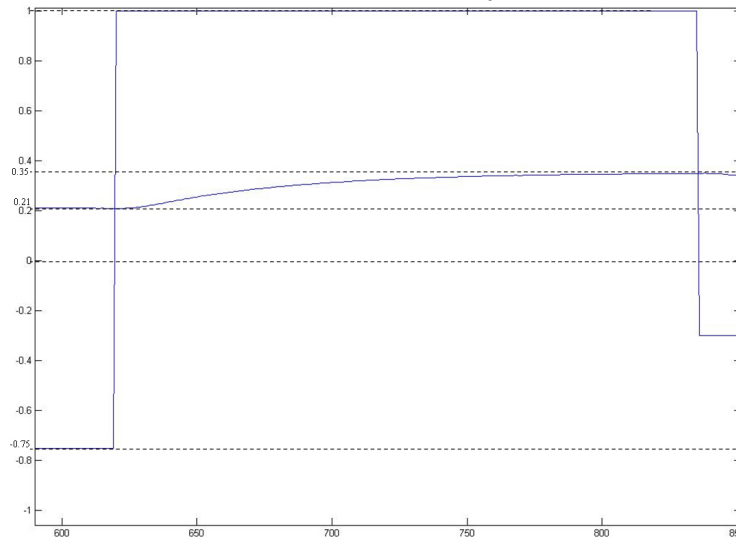
$$t_i = 1,82.$$

Soustava je tedy druhého řádu a budeme ji počítat bez dopravního zpoždění.

Z tabulky vyčteme poměry $T_U/T = 0,282$ a $T_N/T = 2,718$, odkud vypočítáme T a společně s hodnotou určenou pomocí t_i ze vztahu $T = t_i/(n-1)$ vypočteme T jako vážený aritmetický průměr.

$$T = 2,071s$$

Statické zesílení určíme z hodnot Δu a Δy odečtených z grafu



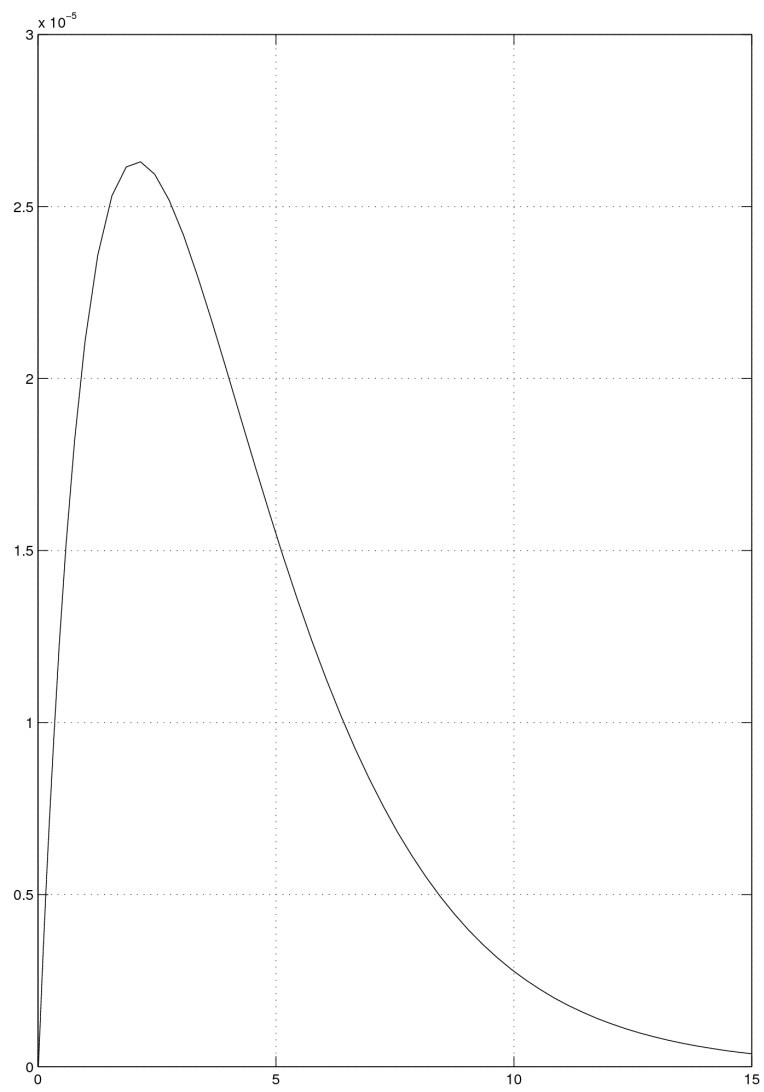
$$K = \frac{\Delta y}{\Delta u} = \frac{0,35-0,21}{1-(-0,75)} = 0,08.$$

Určili jsme obrazový přenos soustavy

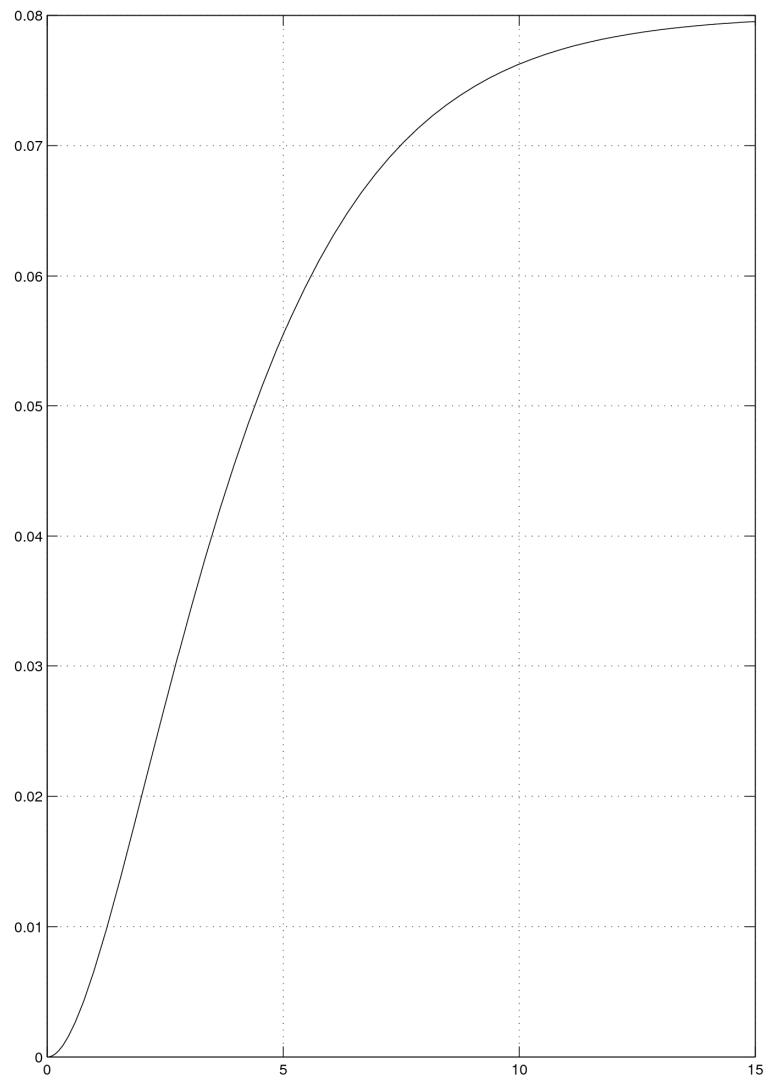
$$F = \frac{K}{(Ts+1)^n} = \frac{0,08}{4,289 \cdot s^2 + 4,142 \cdot s + 1}.$$

Simulované charakteristiky

Pokud bychom naši soustavu vybudili diracovým impulsem, jeho odezva by dle simulace měla následující podobu



Výstupem simulace reakce na jednotkový skok je následující graf



Buzení harmonickým signálem

Soustavu jsme budili sinusovým signálem s nulovou počáteční fází, úhlovou frekvencí $\omega = 0,05 \text{ rad/s}$ a amplitudou 1. Při tomto buzení byl přenos soustavy

$$A = \frac{0,079}{1} = 0,079$$

což můžeme v dB vyjádřit jako přenos

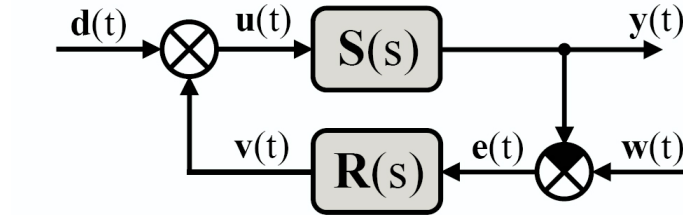
$$A_{dB} = -22 \text{ dB}.$$

Odečetli jsme fázový posun

$$\phi = \frac{2 \cdot \pi \cdot 4}{84} = 0,3 \text{ rad}.$$

Vyšetření stability

Standardní regulační obvod



Vycházeli jsme z přenosu

$$\begin{aligned}
 F_{ew} &= \frac{1}{1+R \cdot S} \\
 &= \frac{1}{1 + \left(r_0 + \frac{r_1}{s}\right) \cdot \left(\frac{0.08}{4.289 \cdot s^2 + 4.142 \cdot s + 1}\right)} \\
 &= \frac{4289 \cdot s^3 + 4142 \cdot s^2 + 1000 \cdot s}{4289 \cdot s^3 + 4142 \cdot s^2 + (80 \cdot r_0 + 1000) \cdot s + 80 \cdot r_1}
 \end{aligned}$$

Odkud jsme vytvořili Hurwitzovu matici

$$H = \begin{bmatrix} 4142 & 80 \cdot r_1 & 0 \\ 4289 & 80 \cdot r_0 + 1000 & 0 \\ 0 & 4142 & 80 \cdot r_1 \end{bmatrix}$$

A její determinanty jsme dále prověřovali

$$H_1 = 4142$$

$$H_2 = \begin{vmatrix} 4142 & 80 \cdot r_1 \\ 4289 & 80 \cdot r_0 + 1000 \end{vmatrix} = 4142 (80 \cdot r_0 + 1000) - 343120 \cdot r_1$$

$$H_3 = \begin{vmatrix} 4142 & 80 \cdot r_1 & 0 \\ 4289 & 80 \cdot r_0 + 1000 & 0 \\ 0 & 4142 & 80 \cdot r_1 \end{vmatrix} = 331360 (80 \cdot r_0 + 1000) \cdot r_1 - 27449600 \cdot r_1^2$$

Výsledkem našeho snažení je několik nerovnic, které nám říkají, v jakých mezích můžeme nastavit PI regulátor

$$\begin{aligned}
 r_0 &> -12,5 \\
 r_1 &> 0 \\
 r_1 &< 0,96 \cdot r_0 + 12,1
 \end{aligned}$$

Vynesením do grafu získáme grafické znázornění této oblasti stability

