



Středoškolská technika 2017

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Simulace PID regulace otáček stejnosměrného motoru v prostředí Wolfram Mathematica

Simulation of PID speed control of DC motor in Wolfram Mathematica environment

Martin Hrdlička

Secondary (4), SŠPTA Jihlava

Email: kamenice96@gmail.com

*Střední škola Průmyslová, Technická a Automobilní, pracoviště Legionářů 3
tř. Legionářů 3, 586 01 Jihlava*

Abstract: This paper deals with PID control of the DC motor speed. Includes DC motor technology diagram, control block diagram, and interactive load models in the Wolfram Mathematica software environment. Each interactive model allows you to set PID controller parameters and display individual graphs.

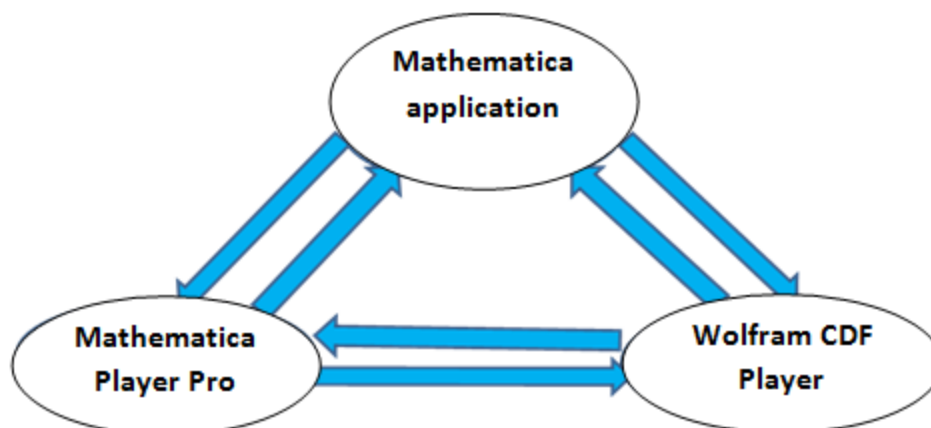
Keywords: Regulation, PID regulation, Wolfram Mathematica, DC motor, Block diagrams, Graphs

1 Úvod

Tato práce se zabývá PID regulací otáček stejnosměrného motoru. Zahrnuje technologické schéma stejnosměrného motoru, blokové schéma řízení a interaktivní modely se zátěží v prostředí softwaru Wolfram Mathematica. Každý interaktivní model umožňuje nastavení parametrů PID regulátoru a zobrazení jednotlivých průběhů.

2 Wolfram Mathematica

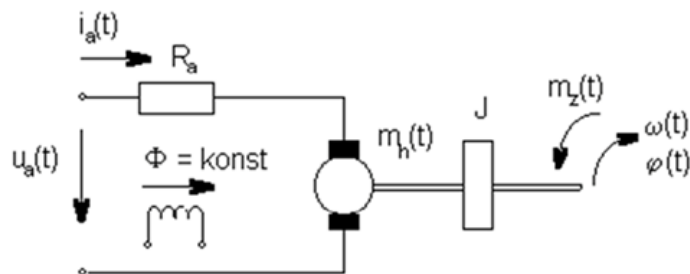
Wolfram Mathematica je softwarová sada, která se používá v mnoha matematických, vědeckých, inženýrských a výpočetních oborech. Umožňuje tvorbu funkčních a interaktivních modelů, které jsou mimo jiné velice užitečné v oblasti automatického řízení [2]. Je několik způsobů, jak vytvořit aplikaci ve Wolfram Mathematica, nejpoužívanější je znázorněn následujícím diagramem:



3 Schémata

3.1 Technologické schéma ss motoru s konstantním buzením

Na tomto schématu je vidět odpor kotvy R_a , rotor, stator a jezdce. Jedná se o ss motor s konstantním buzením za předpokladu, že celková indukčnost kotvy je zanedbatelně malá. Je zde vidět i převod elektrické energie na mechanickou.



Kde:

$\omega(t)$ - úhlová rychlost [rad s⁻¹].

$\varphi(t)$ - úhlové natočení [rad].

k_m - momentová konstanta motoru [N m A⁻¹].

$M_h(t)$ - hnací moment.

$U_a(t)$ - napětí kotvy [V].

k_1 - koeficient přenosu motoru [rad s⁻¹V⁻¹]

T_1 - elektromagnetická časová konstanta motoru [s]

$U_a = 6$ V; $k_1 = 1/K_m = 2$ rad s⁻¹V⁻¹; $k_2 = R_a/(K_m)^2 = 3$ rad s⁻¹ N⁻¹ m⁻¹; $T_1 = J R_a / (K_m)^2$; $K_m = 2$ N m A⁻¹; $J = 2$ kg m²;

$M_z = 4$ Nm

$i_a(t)$ - proud kotvy [A],

R_a - celkový odpor kotvy [Ω].

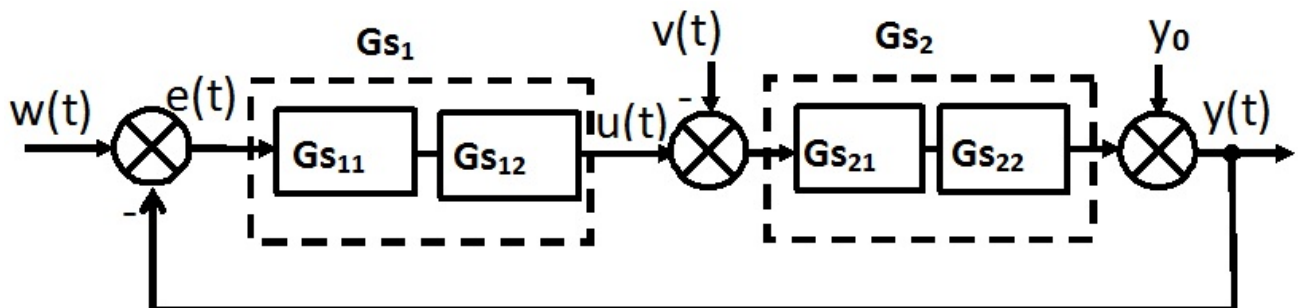
$M_z(t)$ - zátěžovací moment [Nm].

J - celkový moment setrvačnosti [kg m²].

Φ - konstantní magnetický tok [Wb].

k_2 - momentový koeficient přenosu motoru [rad s⁻¹N⁻¹m⁻¹]

3.2 Blokové schéma stejnosměrného motoru s konstantním buzením



Kde:

$w(t) = U_a(t)$ [V] - napětí kotvy

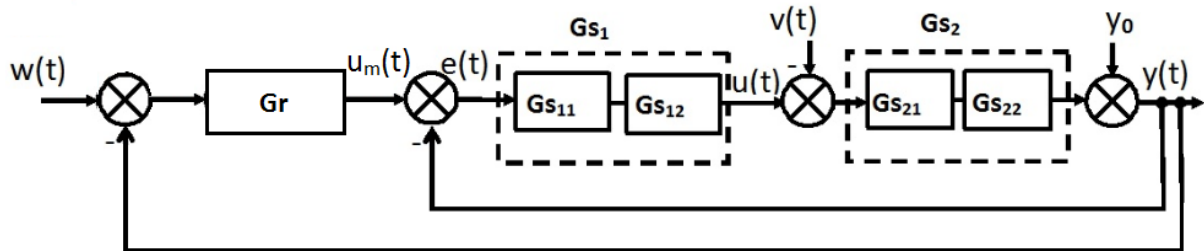
$e(t) = (w - y)$ [V] - odchylka

$u(t) = u_r(t) = M_h(t)$ [Nm] - hnací moment

$u_r(t) = i_a(t)$ - proud kotvy [A].

$G_{s11} = 1/R_a$, $G_{s12} = K_m$, $G_{s1} = K_m/R_a$, $G_{s21} = 1/J*s$, $G_{s22} = K_m$, $G_{s2} = K_m/J*s$ jsou přenosové funkce

3.3 Blokové schéma modelu regulace stejnosměrného motoru



Kde:

$w(t) = U_a(t)$ [V] - napětí kotky

$e(t) = (hw - h)$ [m] - úhlová odchylka

$u(t) = u_r(t) = Mh(t)$ [Nm] - hnací moment

$u_r(t) = ia(t)$ - proud kotvy [A].

$y_1(t) = \omega(t)$ [rad s⁻¹] - úhlová rychlost

G_r je přenosová funkce regulátoru (P, PI, PD a PID), $G_{s11} = 1/R_a$, $G_{s12} = K_m$, $G_{s1} = K_m/R_a$, $G_{s21} = 1/J*s$, $G_{s22} = K_m$, $G_{s2} = K_m/J*s$ jsou přenosové funkce

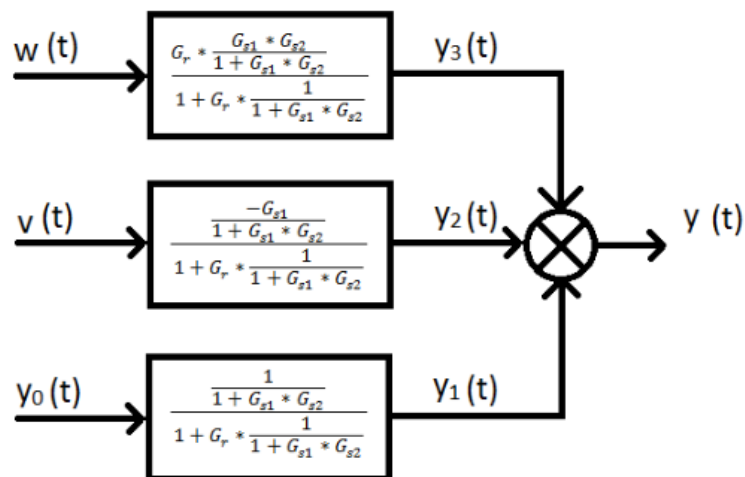
$y_2 = \omega(t)$ [V] - úhlová rychlost ve voltech

$y_0 = y(0) = \omega(0)$ [rad s⁻¹] - počáteční úhlová rychlost ve voltech

$y(t) = \omega(t)$ [V] - úhlová rychlost ve voltech

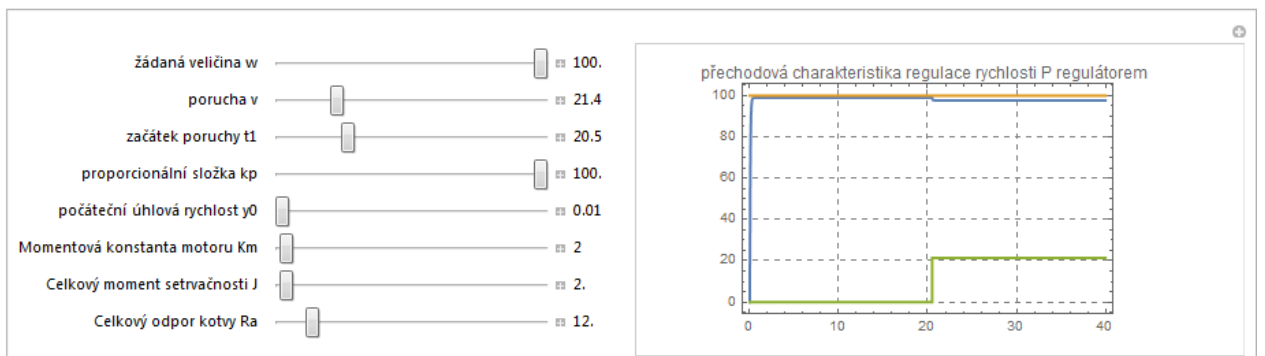
$v(t) = M_z(t)$ [Nm] - zatěžovací moment

3.4 Zjednodušené blokové schéma modelu řízení

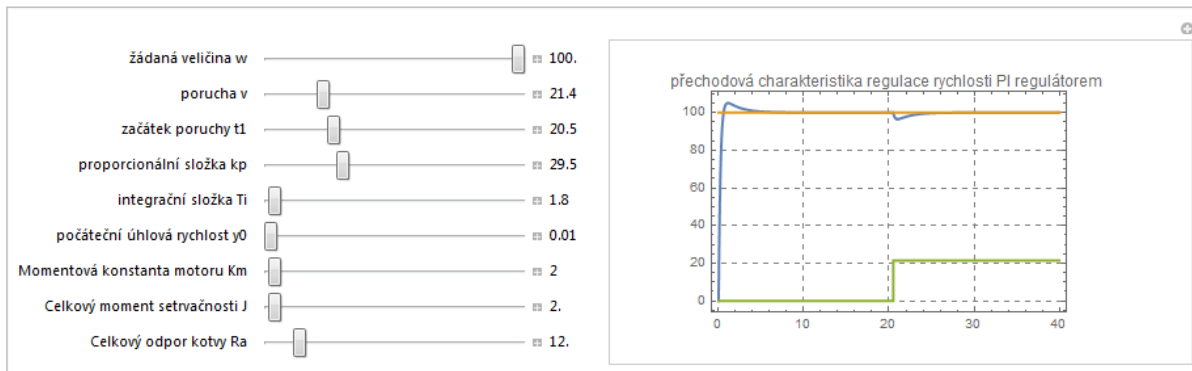


4 Výsledky simulace

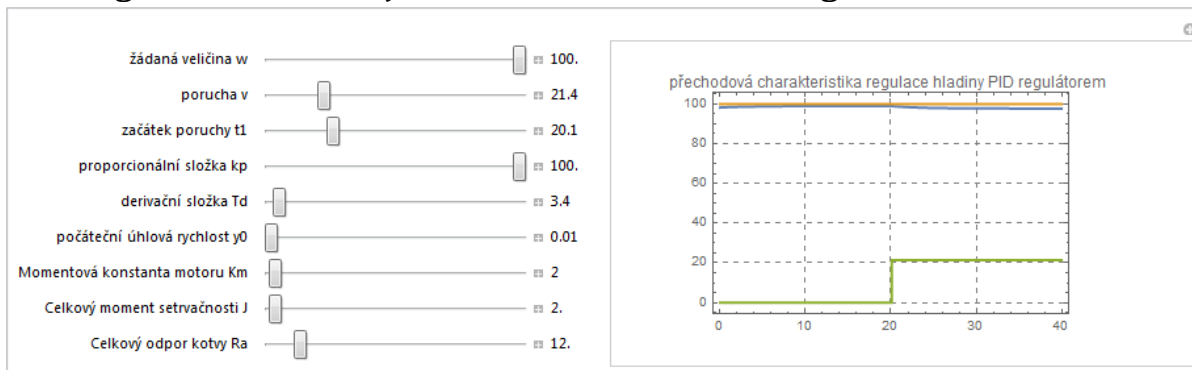
4.1 Regulace otáček stejnosměrného motoru P regulátorem



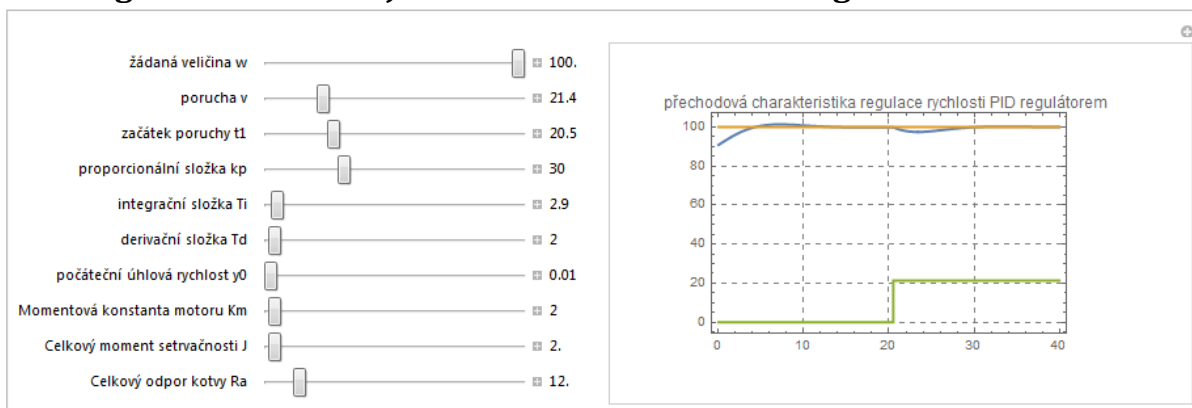
4.2 Regulace otáček stejnosměrného motoru PI regulátorem



4.3 Regulace otáček stejnosměrného motoru PD regulátorem



4.4 Regulace otáček stejnosměrného motoru PID regulátorem



5 Závěr

Z výsledných grafů je patrné, že PI regulace je velice dobrá, proto není potřeba použít PID regulace. PI regulace je dostačující, proto se často používá v průmyslu. Jednou z nevýhod interaktivního modelu je velmi dlouhá doba výpočtu přechodové charakteristiky a to zvláště u PID regulátoru. Naopak výhodou je možnost simulace chování celého modelu a to bez nutnosti předešlé realizace celého zařízení.

Poděkování

Děkuji panu Ing. Salahu Ibrahovi za příkladné vedení mé práce a poskytnutí cenných rad, podkladů a materiálů, které mi pomohly k dokončení mého projektu.

Reference

- [1]- Martin Hrdlička: model mechanické osy se servomotorem v prostředí software Mathematica, maturitní práce, květen 2017, SŠPTA pracoviště Legionářů 3, Jihlava.
- [2]- Salah Ibrah: interní studijní materiály školy a firemní dokumentace, učebny mechatroniky, SŠPTA pracoviště Legionářů 3, Jihlava.