



evropský
sociální
fond v ČR



EVROPSKÁ UNIE



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



OP Vzdělávání
pro konkurenceschopnost

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Projekt	Amper, SŠ PTA Jihlava - pracoviště tř. Legionářů 3
Číslo projektu	CZ.1.07/1.5.00/34.1009
Číslo sady	06
Číslo vzdělávacího materiálu	05/5
Autor	Ing. Salah Ifrah
Datum vytvoření	15. září 2013
Předmět	Automatické řízení
Téma	Regulace otáček stejnosměrného motoru P - regulátorem - přechodová charakteristika
Anotace	Pracovní list je zaměřený hlavně na praktické použití P- regulátoru a nastavování jeho parametrů pro řízení lineární virtuální regulované soustavy
Metodický pokyn	Pracovní list s úkoly, vhodný i pro individuální práci, časová náročnost 90 minut
Inovace	Zkvalitnění výuky nasazením digitálních technologií, vyšší názornost a originalita, podpora interakce mezi učitelem a žákem

Přechodová charakteristika regulace otáček ss motoru P regulátorem

Klíčová aktivita: princip superpozice, interaktivní simulační model, parametry P - regulátoru	
Cíl:	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ pracovat s interaktivním simulačním modelem v prostředí Wolfram-Mathematica ➤ určit optimální hodnoty parametrů P - regulátoru. 	
Vstupní znalosti	Základy spojitého lineárního řízení, blokové algebry a sw Wolfram-Mathematica
	Pomocné prostředky: - Wolfram-Mathematica -Amper_06_PrChRegulaceSSmotPreg_cv.cdf - Kurz automatického řízení
	Činnost: počítačové cvičení, doba řešení: 1,5H

Zadání:

navrhnete řízení otáček ss motoru P-regulátorem a určete optimální hodnoty parametrů P-regulátoru.

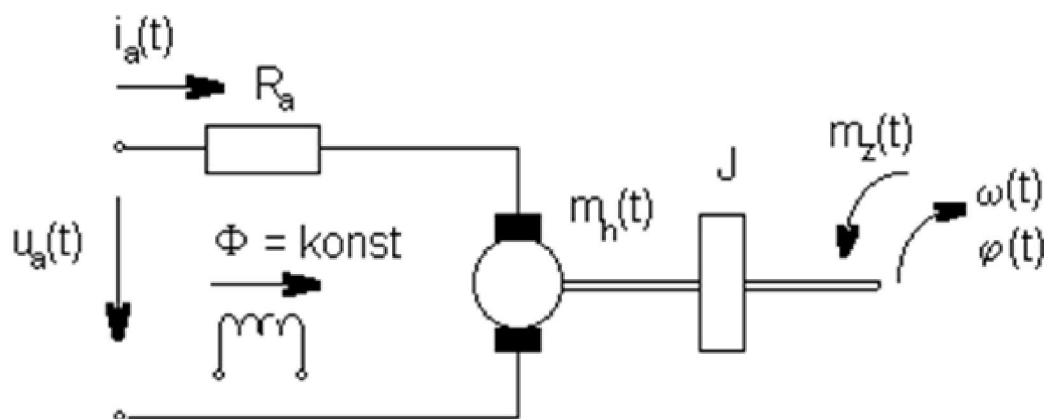
Úkoly:

1. Navrhnete řízení otáček ss motoru a sestavte technologické schéma automatizovaného systému.
2. Na základě technologického schématu z bodu 1 odvodte blokové schéma automatizovaného systému .
3. Na základě principu superpozice, blokového schématu z bodu 2 a použitím simulačního modelu zaznamenejte přechodovou charakteristiku a určete optimální hodnoty parametrů P- regulátoru (R_a , K_m ...).
4. Posuďte stabilitu regulačního obvodu a kvalitu regulace na základě jeho přechodové charakteristiky.

Závěr:

do závěru uveďte porovnávání některých ukazatelů a jejich využití při posouzení stability regulačního a vyšetření ustáleného režimu.

1-Technologické schéma regulace



Kde:

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

$\phi(t)$ - úhlové natočení [rad].

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

$M_h(t)$ - hnací moment.

$U_a(t)$ - napětí kotvy [V].

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

R_a - celkový odpor kotvy [Ω].

$M_z(t)$ - zatěžovací moment [N m].

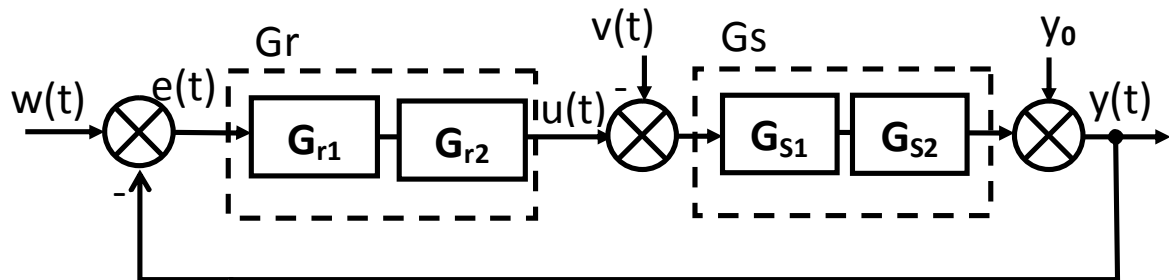
J - celkový moment setrvačnosti [kg m²].

Φ - konstantní magnetický tok [Wb].

$t_1 = 1$ s; $t_2 = 10$ s; $t_3 = 13$ s; $t_4 = 16$ s

$U_a = 6 \text{ V}$; $k_1 = 1/K_m = 2 \text{ rad s}^{-1}\text{V}^{-1}$; $k_2 = R_a/(K_m)^2 = 3 \text{ rad s}^{-1} \text{N}^{-1} \text{m}^{-1}$; $T_1 = 2 \text{ s}$; $K_m = 2 \text{ N m A}^{-1}$; $J = 2 \text{ kg m}^2$; $M_z = 4 \text{ N m}$

2-Blokové schéma regulace hladiny



$w(t) = U_a(t) \text{ [V]}$ - napětí kotky

$e(t) = (h_w - h) \text{ [m]}$ - úhlová odchylka

$u(t) = u_{r2}(t) = M_h(t) \text{ [Nm]}$ - hnací moment

$u_{r1}(t) = i_a(t)$ - proud kotky [A].

$v(t) = M_z(t) \text{ [Nm]}$ - zátěžovací moment

$y_{s1}(t) = \omega(t) \text{ [rad s}^{-1}\text{]}$ - úhlová rychlost

$y_{s2} = \omega(t) \text{ [V]}$ - úhlová rychlost ve voltech

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

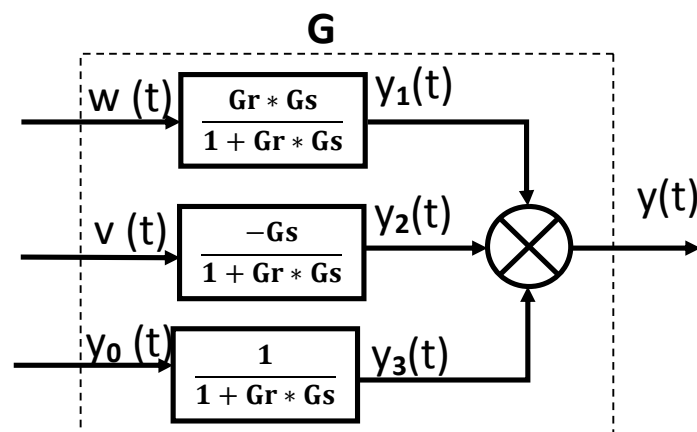
$y(t) = \omega(t) \text{ [V]}$ - úhlová rychlost ve voltech

$$G_{r1} = \frac{1}{R_a}, G_{r2} = K_m, G_r = \frac{K_m}{R_a}$$

$$G_{s1} = \frac{1}{J \cdot s}, G_{s2} = K_m, G_s = \frac{K_m}{J \cdot s}$$

3-Funkční model v prostředí softwaru Wolfram Mathematica

Na základě principu superpozice, podle něhož reakce systému na součet podnětů je rovna součtu reakcí na jednotlivé podněty, lze vyjádřit regulační obvod jako systém s 3 vstupy (w , v a y_0) a s výstupy jednotlivých bloků včetně rozdílových členů.



```
Gwvy = TransferFunctionModel [{{ {  $\frac{K_m}{R_a} * \frac{K_m}{J*s}$ ,  $\frac{-K_m}{J*s}$ ,  $\frac{y_0}{1 + \frac{K_m}{R_a} * \frac{K_m}{J*s}}$  }}, s] // Simplify
```

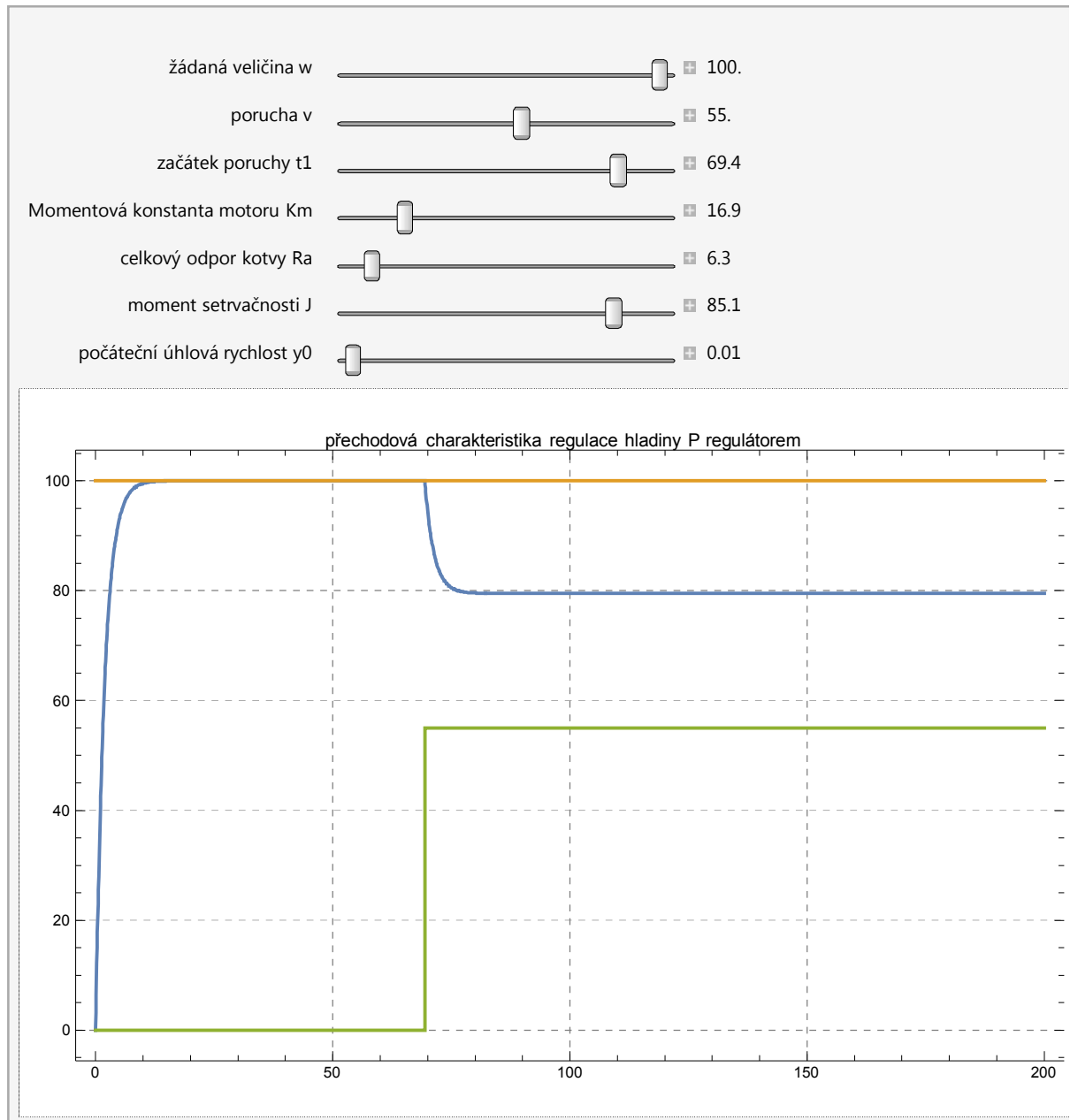
$$\left(\begin{array}{ccc} \frac{K_m^2}{K_m^2 + J R_a s} & - \frac{K_m R_a}{K_m^2 + J R_a s} & \frac{J R_a y_0 s}{K_m^2 + J R_a s} \end{array} \right)^T$$

4-Interaktivní simulační model v prostředí softwaru Wolfram Mathematica

```
PrChGwvy = OutputResponse [Gwvy,
  {w * UnitStep[t], v * UnitStep[t - t1], y0 * UnitStep[t]}, t] // Simplify;

Manipulate [
  Plot[{resp[w, v, t1, Km, Ra, J, y0], w * UnitStep[t], v * UnitStep[t - t1]},
    {t, 0, 200}, Exclusions -> none, AxesOrigin -> {0, 0},
    PlotRange -> Automatic, PlotLegends -> " ", AxesLabel -> {"čas t", "y(t)"},
    PlotLabel -> "přechodová charakteristika regulace hladiny P regulátorem ",
    PlotStyle -> {Thick}, GridLines -> Automatic,
    GridLinesStyle -> Directive[Gray, Dashed], Frame -> True,
    ImageSize -> {600, 400}],
  {{w, 100., "žádaná veličina \!\(\*SubscriptBox[\( w \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"},
  {{v, 100., "porucha \!\(\*SubscriptBox[\( v \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"},
  {{t1, 80., "začátek poruchy \!\(\*SubscriptBox[\( t1 \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 80, Appearance -> "Labeled"}, {{Km, 100.,
    "Momentová konstanta motoru \!\(\*SubscriptBox[\( Km \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"},
  {{Ra, 100., "celkový odpor kotvy \!\(\*SubscriptBox[\( Ra \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"},
  {{J, 100., "moment setrvačnosti \!\(\*SubscriptBox[\( J \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"},
  {{y0, 100., "počáteční úhlová rychlost \!\(\*SubscriptBox[\( y0 \), \(\ \)]\)"},
    0.01, 100, Appearance -> "Labeled"}, ControllerLinking -> True,
  Initialization -> {resp[w_, v_, t1_, Km_, Ra_, J_, y0_] =
    OutputResponse [ ( ( 
$$\frac{Km^2}{Km^2 + J Ra s} - \frac{Km Ra}{Km^2 + J Ra s} \frac{J Ra y0 s}{Km^2 + J Ra s} )^T,$$

    {w * UnitStep[t], v * UnitStep[t - t1], y0 * UnitStep[t]}, t],
    Attributes[PlotRange] = {ReadProtected}}]
```



5-Posouzení stability regulačního obvodu

Regulační obvod je stabilní pro, například, následující hodnoty P-regulátoru ($R_a = k_p$):
 $W: 100, V: 55, t_1: 69, K_m: 16.9, k_p: 6.3, y_0: 0.01$

Závěr

Zdroje

Všechny uveřejněné odkazy

- Interní studijní materiál školy a firemní dokumentace software **Wolfram-Mathematica**.

Materiál je určen pro bezplatné používání pro potřeby výuky a vzdělávání na všech typech škol a školských zařízeních. Jakékoliv další využití podléhá autorskému zákonu.

Všechna neocitovaná autorská díla jsou dílem autora.

Všechny neocitované obrázky jsou součástí prostředků výukového software **Microsoft office 2007**.