

ZÁPADOČESKÁ
UNIVERZITA
V PLZNI

Katedra kybernetiky

LABORATORNÍ CVIČENÍ: TŘ – R1

Analogový model řízeného objektu

Jméno apříjmení:	*Jan Krčmář*
Osobní číslo:	*A05023*
Datum měření:	*27.2. 2007*
Pracovní skupina	*č.3*

1. Zadání:

Laboratorní cvičení z TŘ - R1

Analogový model řízeného objektu

1. Řízená soustava je popsána přenosovou funkcí

$$F(p)=\frac{b_0}{a_2 p^2+a_1 p+a_0}$$

   Zvolte konkrétní parametry a_i tak, aby odezva soustavy byla kmitavá.

2. Určete diferenciální rovnici odpovídající danému systému.

3. Diferenciální rovnici řešte na analogovém počítači metodou "snižování řádu derivace".

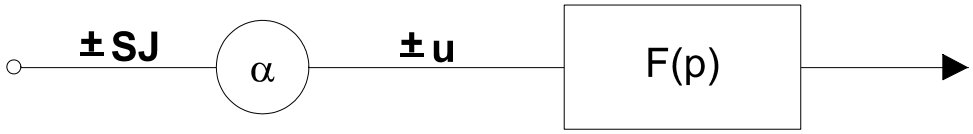
4. Vytvořte analogový model řízené soustavy; nakreslete úplné analogové schéma.

5. Analogový model realizujte na AP MEDA-T a na souřadnicovém zapisovači BAK-4T zaznamenejte přechodovou charakteristiku

6. Průběh přechodové charakteristiky analogového modelu kontrolujte výpočtem přechodové funkce. Vypočtené hodnoty vyneste do grafu jeho přechodové charakteristiky.

7. Proveďte zhodnocení získaných výsledků.

Poznámka:



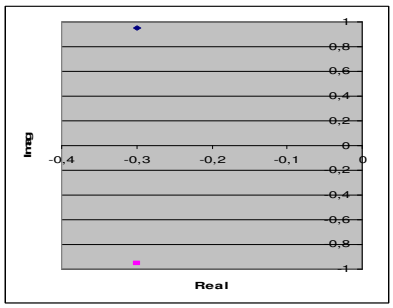
$$u(t)=\alpha\cdot 1[t],\ \text{kde}\ 1[t]=1SJ$$

Hodnotu α volte s ohledem na statické zesílení systému, tj. poměr $\frac{b_0}{a_0}$ a průběh derivací y' a y''.

2. ŘEŠENÍ:

(1) Zvolení parametrů řízené soustavy

Abychom dosáhli kmitavé odezvy systému, musí být kořeny charakteristické rovnice levé polorovině Gausovy roviny.



parametry soustavy: $a_2 = 1$
$a_1 = 0{,}6$
$a_0 = 1$
$b_0 = 0{,}6$

Charakteristickou rovnici tvoří polynom ve jmenovateli v anulovaném tvaru, tj. $a_2 p^2 + a_1 p + a_0 = 0$, musí být póly systému komplexní čísla. A protože póly (i nuly) přenosu mohou být buď komplexně sdružené nebo ryze imagnární, jde-li o komplexní čísla, zvolíme tedy dva komplexně sdružené póly: $p_{1,2} = \alpha \pm i\beta; \alpha \in \langle -0{,}8, -0{,}2 \rangle; \beta = (3:5)\alpha; \frac{b_0}{a_1} = \langle 0{,}5; 1 \rangle$,

kořeny charakteristické rovnice jsou:

$$p^2 + 0{,}6p + 1 = 0$$

$$p_{1,2} = -0{,}3 \pm i\sqrt{0{,}91}$$

Dále jsme měli zadáno $a_0 = 1$, $b_0 = 0{,}6$. Dostáváme tedy přenos ve tvaru :

$$F(p) = \frac{0{,}6}{(p + 0{,}3 + i\sqrt{0{,}91}) \cdot (p + 0{,}3 - i\sqrt{0{,}91})} =$$

$$= \frac{0{,}6}{p^2 + 0{,}3p - ip\sqrt{0{,}91} + 0{,}3p + 0{,}09 - 0{,}3i\sqrt{0{,}91} + ip\sqrt{0{,}91} + 0{,}3i\sqrt{0{,}91} + 0{,}91} =$$

$$= \frac{0{,}6}{p^2 + 0{,}6p + 1}$$

(2) Určení diferenciální rovnice odpovídající danému systému

Diferenciální rovnici odpovídající našemu přenosu určíme následujícím postupem:

$$F(p) = \frac{0{,}6}{p^2 + 0{,}6p + 1}$$

$$F(p) = \frac{0{,}6}{p^2 + 0{,}6p + 1} = \frac{Y(p)}{U(p)}$$

$$Y(p) \cdot (p^2 + 0{,}6p + 1) = U(p) \cdot 0{,}6$$

$$p^2 Y(p) + 0{,}6Y(p) + Y(p) = 0{,}6U(p)$$

a nakonec „odlaplasujeme“ :

$$y''(t) + 0{,}6\,y'(t) + y(t) = 0{,}6u(t)$$

(3) Metoda snižování řádu derivace

Diferenciální rovnici budeme řešit metodou snižování řádu:

$$y''(t) + 0{,}6\,y'(t) + y(t) = 0{,}6u(t)$$

vyjádříme nejvyšší derivaci:

$$y''(t) = -0{,}6\,y'(t) - y(t) + 0{,}6u(t)$$

integrováním

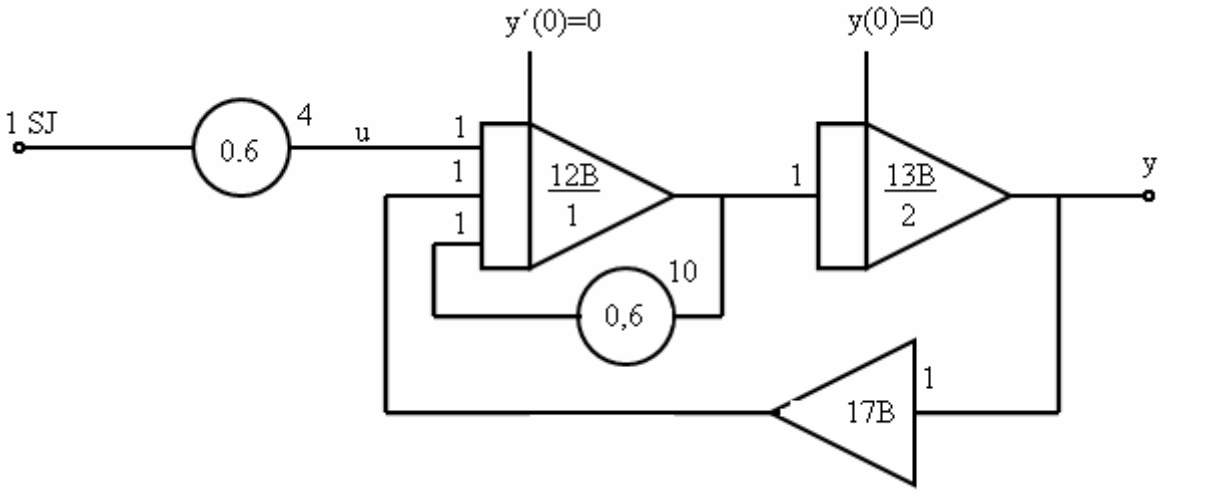
$$-y' = -\int_0^t y''\,dt$$

$$y = -\int_0^t (-y')\,dt$$

lze tyto rovnice již namodelovat na AP MEDA-T.

(4) Úplné analogové schéma

Pro rovnici $y''(t) = -0{,}6\,y'(t) - y(t) + 0{,}6u(t)$ nakreslíme úplné analogové schéma:



Podle poznámky v zadání referátu, jsme zvolili α = 1 , aby nedošlo k možnému přetížení AP, tedy $u(t) = 1 \cdot 1[t]$.

(5) Realizace na AP a zaznamenání přechodové charakteristiky

Výše uvedené úplné analogové schéma jsme realizovali na AP MEDA-T a přechodovou charakteristiku jsme zaznamenali na zapisovači BAK-4T.

(6) Výpočet přechodové funkce

Jelikož přechodová funkce je odezva systému na jednotkový Heavisideův skok, musíme upravit přenos tak, abychom tuto odezvu mohli sledovat:

$$F(p) = \frac{0,6}{p^2 + 0,6p + 1} = \frac{Y(p)}{U(p)}$$

$$Y(p) = F(p) \cdot U(p)$$

na vstup přivedeme jednotkový skok, pro který platí: $L\{1 \cdot 1[t]\} = \frac{1}{p}, t \geq 0$.

$$Y(p) = \frac{0,6}{p^2 + 0,6p + 1} \cdot \frac{1}{p}$$

rozkladem na parciální zlomky dostaneme:

$$Y(p) = \frac{0,6}{p^2 + 0,6p + 1} \cdot \frac{1}{p} = \frac{C_1 p + C_2}{p^2 + 0,6p + 1} + \frac{C_3}{p}$$

$$C_1 = -0,6, C_2 = -0,36, C_3 = 0,6$$

$$Y(p) = \frac{6}{10} \cdot \frac{1}{p} - \frac{6}{10} \cdot \frac{p + 0,6}{p^2 + 0,6 + 1} = \frac{6}{10} \cdot \frac{1}{p} - \frac{6}{10} \cdot \frac{p + 0,3}{(p + 0,3)^2 + 0,91} - \frac{0,18}{\sqrt{0,91}} \cdot \frac{\sqrt{0,91}}{(p + 0,3)^2 + 0,91}$$

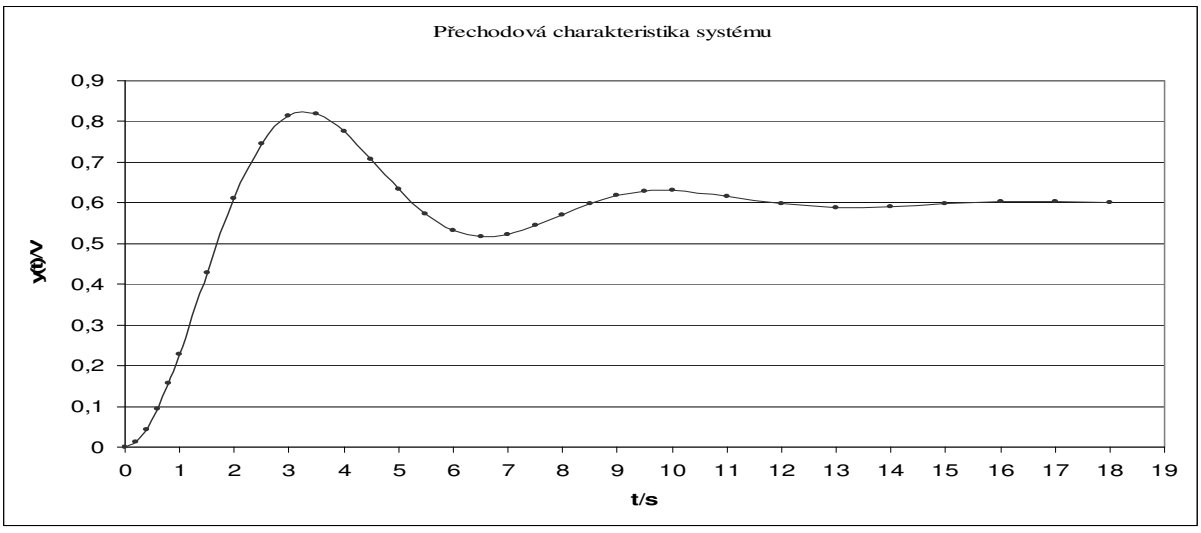
a „odlaplasujeme“ :

$$y(t) = \frac{6}{10}(t) - \frac{6}{10} \cdot e^{-0,3t} \cdot \cos\sqrt{0,91}t - \frac{0,18}{\sqrt{0,91}} \cdot e^{-0,3t} \cdot \sin\sqrt{0,91}t$$

Porovnání naměřených a vypočítaných hodnot:

t	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Vypočtené Y(t)	0	0,2288	0,6112	0,8133	0,7767	0,6344	0,5325	0,5233	0,5713	0,6175

10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,6308	0,6168	0,5975	0,5886	0,5917	0,5991	0,6038	0,6038	0,6011	0,5989	0,5984

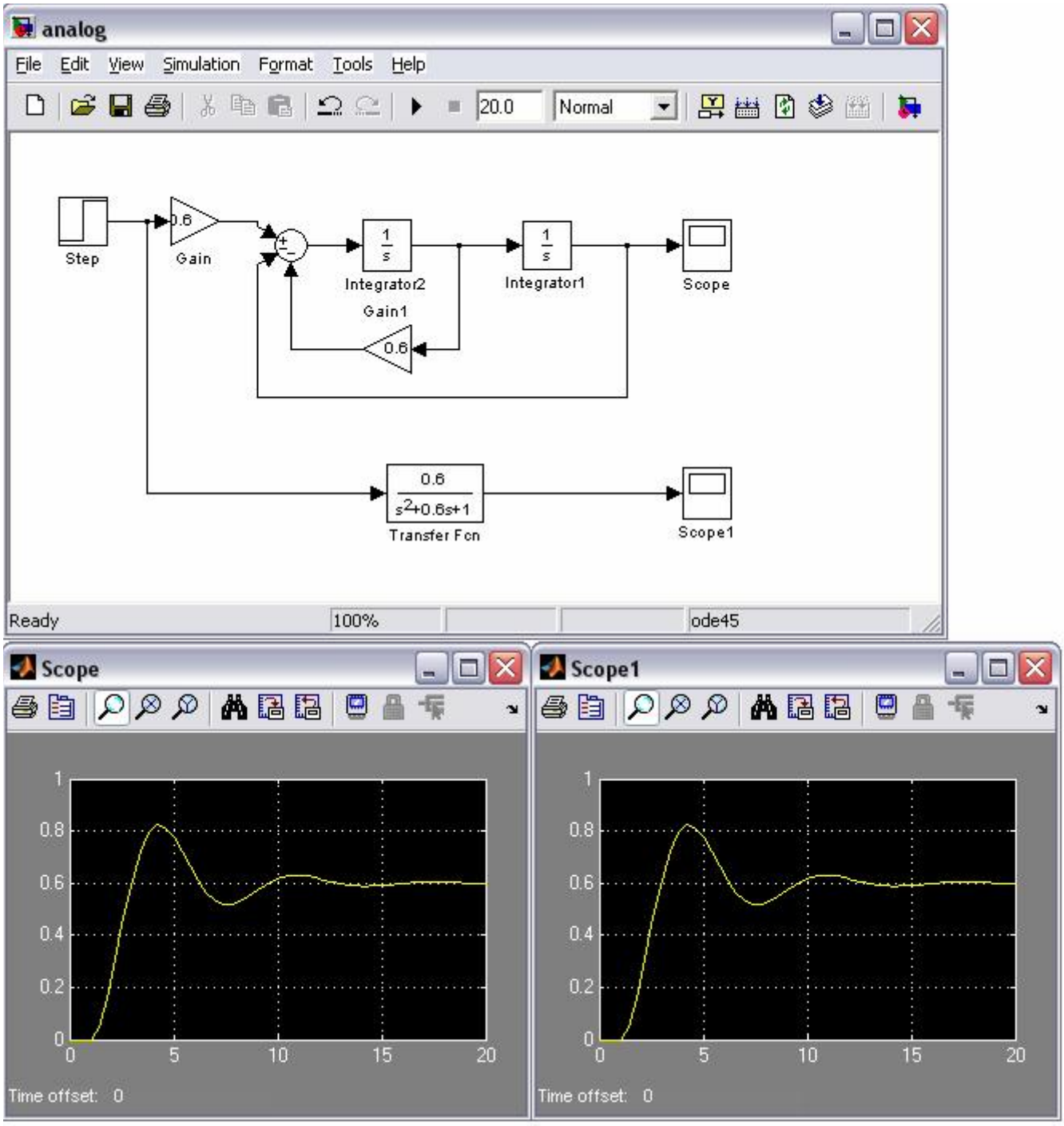


Pro lepší porovnání přikládám: přílohu č.1 - přechodová funkce vygenerovaná v Simulinku

ZÁVĚR:

Diferenciální rovnici jsme převedli do obrazového přenosu a nasimulovali na analogovém počítači MEDA. Výstup systému jsme vykreslili pomocí zapisovače BAK-4T. Rovnici jsme také vymodelovali v Simulinku, kde jsme použili jak analogový model, tak i tranfer function. Kontrolu jsme provedli v Excelu. Graf ze simulinku je v příloze, graf z Excelu viz výše.

Po vynesení měřítek na osy jsme zjistili jen minimální odchylky naměřených hodnot.


analog
File Edit View Simulation Format Tools Help
20.0
Normal
Step
0.6
Gain
1
s
Integrator2
Gain1
0.6
1
s
Integrator1
Scope
0.6
s2+0.6s+1
Transfer Fcn
Scope1
Ready
100%
ode45
Scope
Time offset: 0
Scope1
Time offset: 0