VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Katedra měřicí a řídicí techniky**

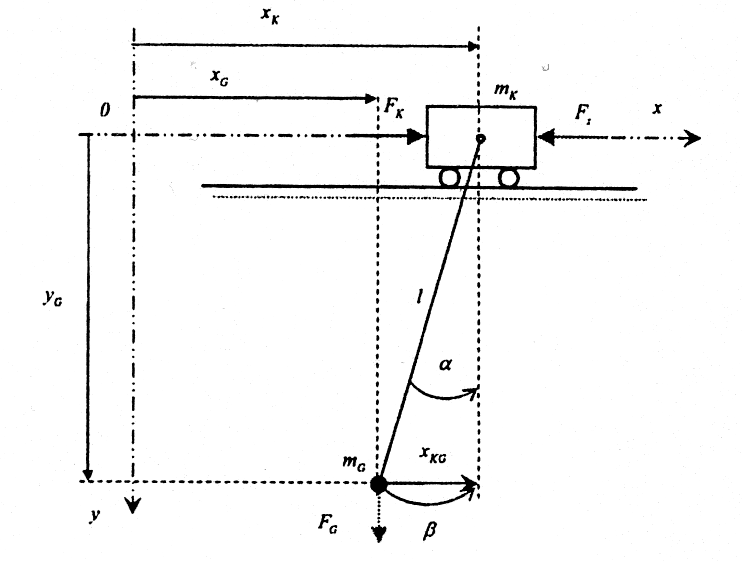
**Navrhování a realizace regulátorů**

**Jeřábová kočka**

Vypracovaly: Václav Kreuziger, Jakub Maňas

Dne:

# 1. Stavový popis systému



Obr. 1 Kinematický model

Po úpravě diferenciálních rovnic a jejich linearizaci dostaneme stavový popis který je následujícími stavovými rovnicemi.

Stavové rovnice:

kde

, , , ,

Stavové proměnné:

x1…………… poloha vozítka

x2………….. ..rychlost vozítka

x3……………úhel natočení břemene

x4……………úhlová rychlost

x5……………síla

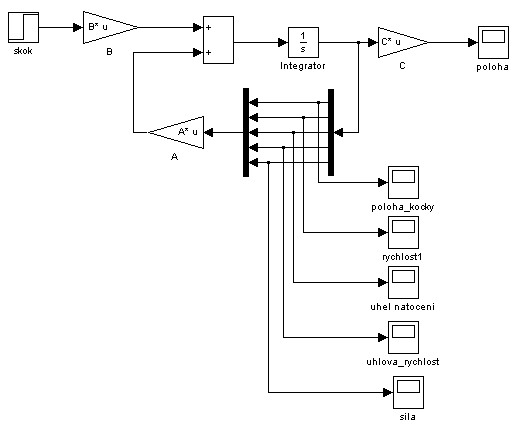
mg – hmotnost břemene

mk – hmotnost vozíku

l – délka lana

g – tíhové zrychlení

k1, k2, k3, k4 – konstanty motoru



Obr. 2 Model soustavy



Obr. 3 Přechodová charakteristika soustavy

# 2. Návrh LQR

U tohoto typu řízení se předpokládá stavový popis. Úkolem je minimalizace kvadratického funkcionálu:



Vzhledem k tomu, že jsme neměli k dispozici fyzický model soustavy k dispozici, řešení bude provedeno pouze v prostředí Simulink. Pro tyto účely jsme si zvolily konstanty naší soustavy.

Zvolené konstanty soustavy:

mg=0.144316

mk=1

l=0.385

g=9.81

k1=0.3, k2=55, k3=55, k4=9

Pro výpočet jsme použili program Matlab. Kód výpočtu je uveden níže.

Kód výpočtu:

*close all*

*clear all*

*%jerabova kocka*

*mg=0.144316;*

*mk=1;*

*l=0.385;*

*g=9.81;*

*k1=0.3;k2=55;k3=55;k4=9;*

*%vypocet prvku matice A*

*a23=-mg\*g/mk;*

*a25=1/mk;*

*a43=(mk+mg)\*g/mk/l;*

*a45=1/mk/l;*

*a52=-k4\*k2;*

*a55=-k3;*

*%vypocet prvku matice B*

*b5=k1\*k2;*

*%matice systemu*

*A=[0 1 0 0 0;*

*0 0 a23 0 a25;*

*0 0 0 1 0;*

*0 0 -a43 0 a45;*

*0 a52 0 0 a55];*

*%matice rizeni*

*B=[0;*

*-0.02;*

*0;*

*-0.1824;*

*b5];*

*%matice vystupu*

*C=[1 0 0 0 0];*

*%matice prevodu*

*D=[0]*

*%vypocet LQR*

*R=1;*

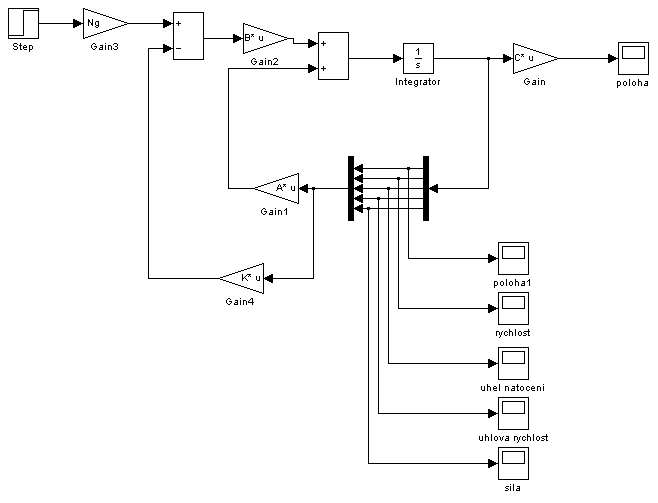
*Q=eye(5);*

*[K,S,E]=lqr(A,B,Q,R);*

*AA=A-B\*K;*

*Ng=lqr\_kompenzace(A,B,C,D,K);*

Model regulační smyčky je uveden na obrázku 4.



Obr. 4 Model regulační smyčky

Obr. 5 Přechodová charakteristika regulačního obvodu

# 3. Návrh LQG

Principiálně je LQG regulátor tvořen optimálním zpětnovazebním tvarem odpovídající LQR regulaci a doplněný Kalmanovým filtrem pro odhad stavů systému. LQG také obsahuje zpětnou vazbu od zašuměného výstupu. Soustava je zatížena náhodným šumem na vstupu do soustavy w a náhodným šumem měření v (od snímače).

Kvadratické kritérium pro LQG ve tvaru funkcionálu :

Pro výpočet jsme použili program Matlab. Kód výpočtu je uveden níže.

Kód výpočtu:

*close all*

*clear all*

*%jerabova kocka*

*mg=0.144316;*

*mk=1;*

*l=0.385;*

*g=9.81;*

*k1=0.3;k2=55;k3=55;k4=9;*

*%vypocet prvku matice A*

*a23=-mg\*g/mk;*

*a25=1/mk;*

*a43=(mk+mg)\*g/mk/l;*

*a45=1/mk/l;*

*a52=-k4\*k2;*

*a55=-k3;*

*%vypocet prvku matice B*

*b5=k1\*k2;*

*%matice systemu*

*A=[0 1 0 0 0;*

*0 0 a23 0 a25;*

*0 0 0 1 0;*

*0 0 -a43 0 a45;*

*0 a52 0 0 a55];*

*%matice rizeni*

*B=[0;*

*-0.02;*

*0;*

*-0.1824;*

*b5];*

*%matice vystupu*

*C=[1 0 0 0 0];*

*%matice prevodu*

*D=[0];*

*%vypocet LQG*

*Q=eye(5); % vahovaci matice pro stavy systemu*

*R=1; % vahovaci matice pro akcni zasah*

*Gs\_ss=ss(A,B,C,D); % stavovy popis soustavy*

*QN=0.00002; % autokovariace w*

*RN=0.00002; % autokovariace v*

*NN=0; % vzajemna kovariace w a v*

*G=[1;0;0;0;0]; % prenos sumu do soustavy*

*H=[0]; % zavislost sumu v a w*

*Gs\_ss.b=[B G]; % rozsireni vstupu*

*Gs\_ss.d=[D H]; % rozsireni vystupu*

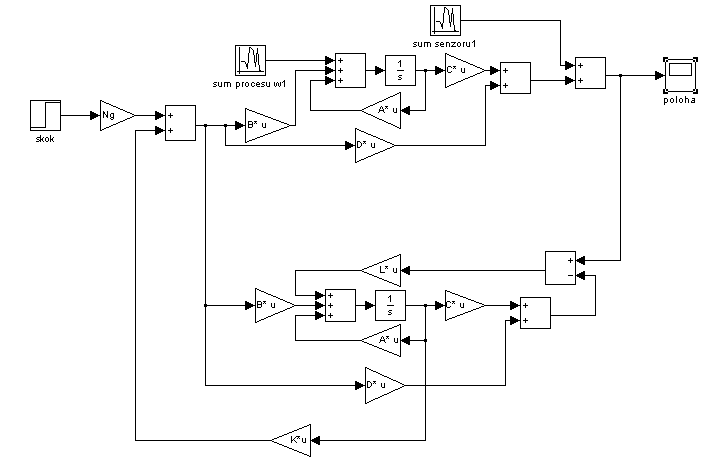
*%vypocet zapojeni 1 a 2*

*[Kalmf,L,P]=kalman(Gs\_ss,QN,RN); % system rozsireny o sumove matice*

*[K,S,E]=lqr(A,B,Q,R); % vypocet kalmanova zesileni*

*Ng=lqr\_kompenzace(A,B,C,D,K);*

Model regulační smyčky je uveden na obrázku 6.



Obr. 6 Model regulační smyčky



Obr. 7 Přechodová charakteristika regulačního obvodu

# 5. Závěr

Je vidět, že regulovaná veličina se ustálí za přibližně stejnou dobu jak u LQR tak i LQG. LQG regulátor je o něco rychlejší. Výhodou LQG řízení je, že je brán v úvahu vliv rušení na vstupu soustavy a šum čidel.