Laboratorní cvičení z TŘ – R4

Experimentální zjišťování kritického zesílení

Fakulta aplikovaných věd

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA

Vypracoval: Jaroslav Spalek

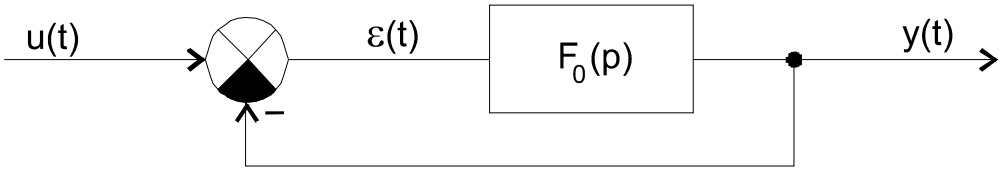
Datum: 26.4. 2006

Zadání:

1. a) Aplikací Hurwitzova kritéria stability ověřte, zda otevřený systém s přenosem $F_0(p)=\frac{k}{p^3+p^2+2p+1}$ je stabilní.

   b) Nakreslete úplné analogové schéma otevřeného systému.

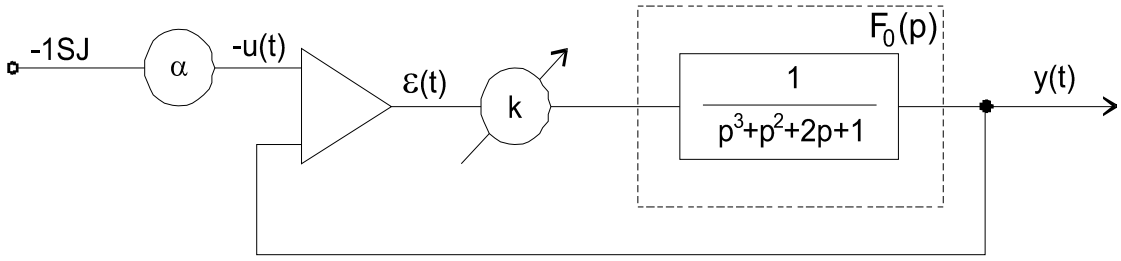
2. Systém ad 1a) opatřete jednotkovou zpětnou vazbou a určete přenos uzavřeného obvodu systému $F_u(p)$.



3. Spočítejte statické zesílení uzavřeného obvodu tak, aby uzavřený systém byl stabilní.

4. Určete výpočtem hodnotu statického zesílení, pro kterou bude uzavřený systém na mezi stability, tj. určete k_{kr}. (pozn.: $D_3 = D_2 a_0$)

5. Získané teoretické výsledky ověřte experimentální na modelu uzavřeného systému s využitím AP MEDA-T.



6. Aplikací Michajlovova kritéria stability rozhodněte, zda uzavřený $F_u(p)$ se statickým zesílením $k=-0{,}8$ a $k=1{,}2$ je stabilní. Vypočtěte a nakreslete Michajlovův hodograf uzavřeného systému pro tyto případy.

7. Provdte zhodnocení získaných výsledků.

1) a) Aplikací Hurwitzova kritéria stability ověřte, zda otevřený systém s přenosem $F_0(p)=\frac{k}{p^3+p^2+2p+1}$ je stabilní.

Hurwitzova matice:

$$H_3=\begin{bmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{bmatrix}=\begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 2 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

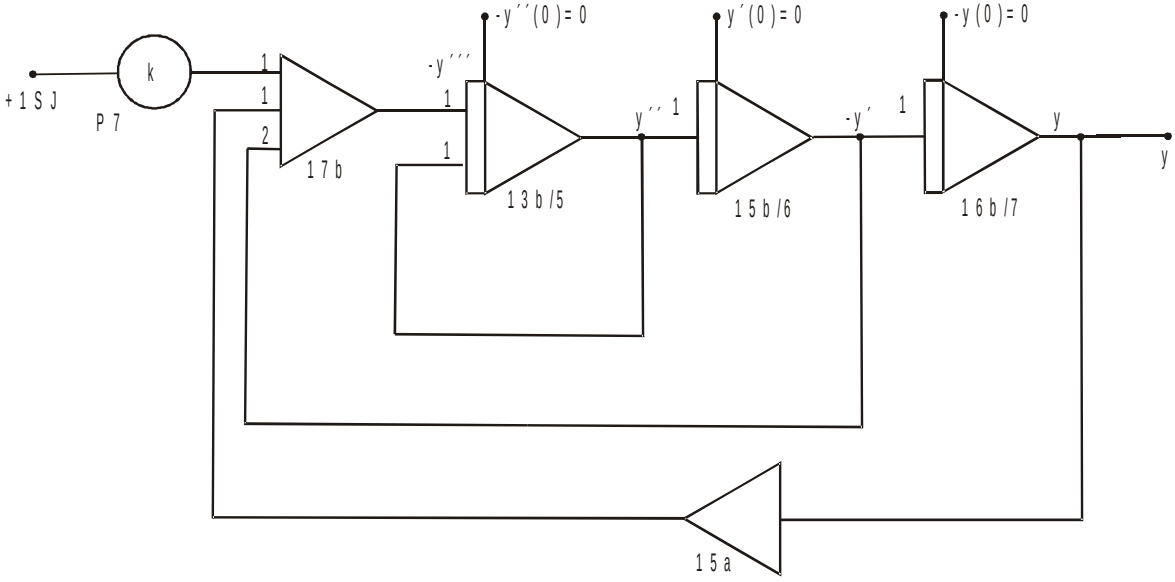
determinanty sub matic: D1=1

D2=1

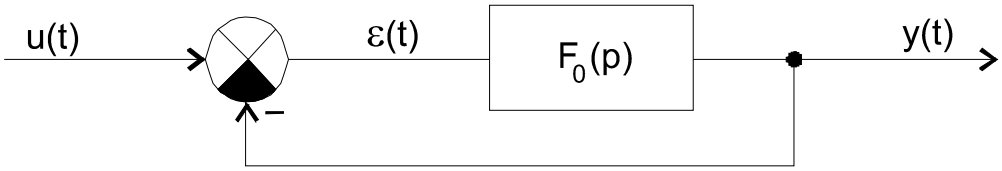
D3=1

Jelikož determinanty submatic jsou kladné, daný systém je stabilní

b) Nakreslete úplné analogové schéma otevřeného systému.



2) Systém ad 1a) opatřete jednotkovou zpětnou vazbou a určete přenos uzavřeného obvodu systému $F_u(p)$.



$$F_u(p)=\frac{F_o(p)}{1+F_o(p)}=\frac{\dfrac{k}{p^3+p^2+2\mathrm{p}+1}}{1+\dfrac{k}{p^3+p^2+2\mathrm{p}+1}}=\frac{k}{p^3+p^2+2\mathrm{p}+(1+k)}$$

3) Spočítejte statické zesílení uzavřeného obvodu tak, aby uzavřený systém byl stabilní.

Hurwitzova matice pro uzavřený systém:

$$H_3=\begin{bmatrix}1 & k+1 & 0\\ 1 & 2 & 0\\ 0 & 1 & k+1\end{bmatrix}$$

D1=1>0
D2=2-(k+1)>0
1-k>0
k<1
D3=2(1+k)-(1+k)²>0
-k²+1>0
|k|<1

z toho vypl ývá že k náleží (-1;1)

4) Určete výpočtem hodnotu statického zesílení, pro kterou bude uzavřený systém na mezi stability, tj. určete k_{kr}. (pozn.: $D_3 = D_2 a_0$)

$$D_3 = D_2 \cdot a_0 = 0$$

$$2(k+1)-(k+1)^2 = 0$$

$$k^2 = 1$$

k=±1

5) Získané teoretické výsledky ověřte experimentální na modelu uzavřeného systému s využitím AP MEDA-T.

Viz. referáty Ingrid Hofmannové a Anny Rezníčkové

6) Aplikací Michajlovova kritéria stability rozhodněte, zda uzavřený $F_u(p)$ se statickým zesílením $k=-0{,}8$ a $k=1{,}2$ je stabilní. Vypočtěte a nakreslete Michajlovův hodograf uzavřeného systému pro tyto případy.

$$H(p)=1+F_o(p)=\frac{p^3+p^2+2\mathrm{p}+1+k}{p^3+p^2+2\mathrm{p}+1}=0$$

$$H(p)=p^3+p^2+2\mathrm{p}+1+k=0 \quad \text{po dosazení} \quad p=j\omega$$

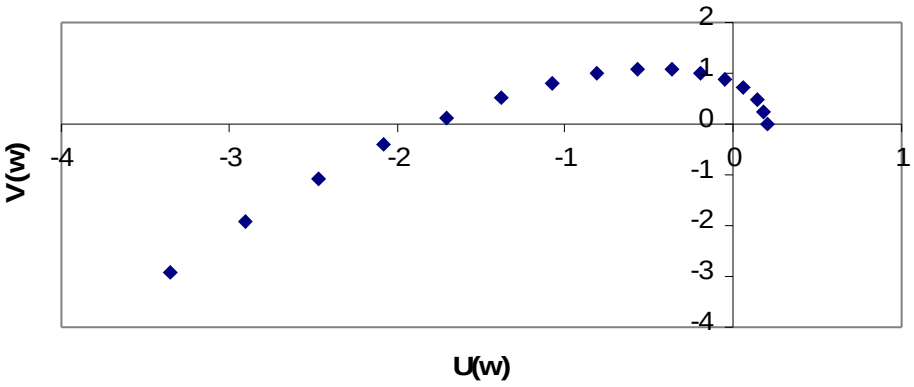
$$H(j\omega)=(j\omega)^3+(j\omega)^2+2(j\omega)+1+k=0$$

$$H(j\omega)=\mathrm{Re}\{H(j\omega)\}+j\,\mathrm{Im}\{H(j\omega)\}=U(\omega)+jV(\omega)$$

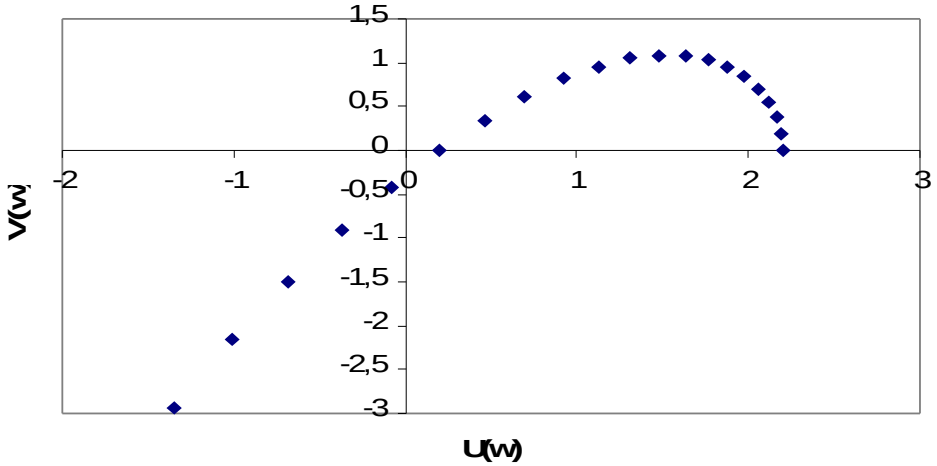
$$U(\omega)=-\omega^2+1+k=0$$

$$U(\omega)=-\omega^3+2\omega=0$$

Michajlovův hodograf pro k=-0,8



Michajlovův hodograf pro k=1,2



Z hodografů je jasně vidět, že systém se statickým zesílením k = 0,8 je stabilní, neboť jeho hodograf prochází postupně všemi třemi kvadranty. Naopak systém se statickým zesílením k = -1,2 je nestabilní, protože jeho hodograf neprochází kvadranty postupně v kladném směru, ale „na přezkáčku“.

7) Provdte zhodnocení získaných výsledků.

Stabilita odečtená z Michajlovových hodografů pro různá k se shoduje se stabilitou odečtenou z přechodových charakteristik. Tuto stabilitu jsem ověřil i výpočtem, který nám potvrdil zprávnost našeho měření.