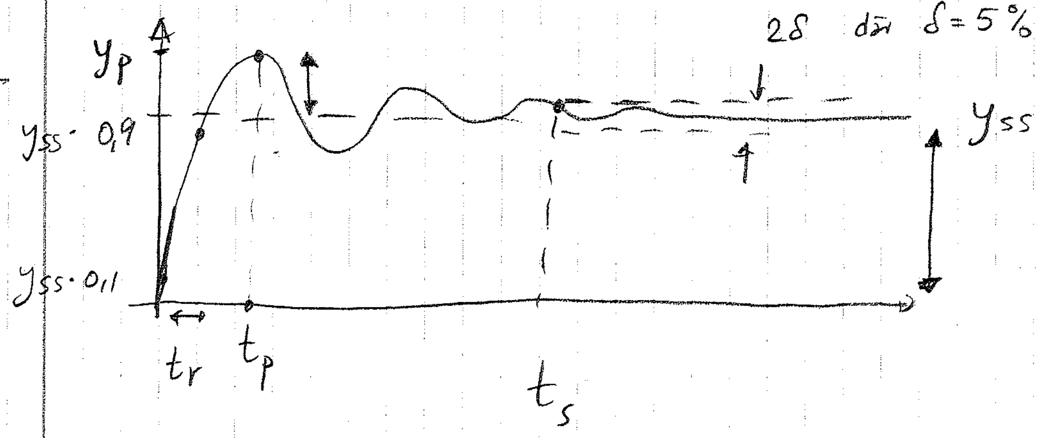
Lösningsförslag till tentamen i Reglerteknik 040604 för D2/E2/Mek2

1.



t_r - stigtid
t_p - peaktid
t_s - insvängn.tid

$M = \dfrac{y_p}{y_{ss}}$ - översväng

2. Transientanalys: man påför ett system t.ex. impuls, steg, ramp och studerar systemets respons på dessa insignaler. Systemet är ifrån början i jämvikt. Baserat på utsignalerna försöker man bygga en enklare modell. Det enklaste sättet att göra en identifiering.

Frekvensanalys. Vi påför ett linjärt system som befinner sig i vila sinussignaler av olika frekvenser och tittar på svaren, som också är sinussignaler av samma frekvens, men annan amplitud & fas. Dessa läggs in i ett Bodediagram och därefter identifieras systemet.

3. icke-minimum fas system: om poler/nollst. ligger i höger halvplan (kont. fallet).

Kaskadreglering: reglersystem med en inre och en yttre loop. Den inre loopen skall ta hand om de snabba störningarna och den yttre de långsammare.

4. Negativ återkoppling:

Fordel
- går att stabilisera instabila processer
- brus/störn. dämpande
- ta bort reglerfel.

Nackdel:
- Stabila processer kan bli instabila.
- komplexare kräver sensor

5. Minsta kvadratmetoden används för att identifiera samplade processer.
Detta är en experimentell metod.
Denna metod fungerar endast om mätstörningar i mätdata är vitt brus.
Man försöker minimera felet t e x i nedanstående summa. Där har vi en första ordn. modell.

$$J = \sum_{k=1}^{n} \left(y(k) - a\,y(k-1) - b\,u(k-1) \right)^2$$

6. P-reg: fordel • enkel,
nackdel • klarar inte att ta bort reglerfelet.

PI-reg: fordel • eliminerar kvarst. fel.
nackdel • försämrar stabilitetsmarginaler

PD-reg: fordel: • extremt snabb respons
nackdel: • bruskänslig
• klarar inte att ta bort kvarstående fel.

7. Avläsning av stegsvar ger följande:

$t_p \approx 1$ sek, $M = \frac{0,4}{1,2} \approx 0,33$ $K = \frac{1,2}{1,5} \approx 0,8$

$L = 1$ sek

Trolig modell: $\frac{K \cdot w_0^2 e^{-sL}}{s^2 + 2\zeta w_0 s + w_0^2} \approx \frac{8,9 e^{-s}}{s^2 + 2,5s + 11,1}$

$$\begin{cases} M \rightarrow \zeta \approx 0,33 \\ t_p \rightarrow w_0 \approx 3,33 \end{cases}$$

---

8. a) $\frac{Y}{R} = \frac{s+2}{10s^2 + 51s + 5 + s + 2} \Rightarrow$ $e_{ss} = \frac{5}{7} \approx 0,714$

b) $\frac{Y}{V} = \frac{\frac{1}{10s+1}}{1 + \frac{s+2}{s+5} \cdot \frac{1}{10s+1}} = \frac{s+5}{10s^2 + 51s + 5 + s + 2} = \frac{5}{7} \rightarrow e_{ss} = -0,714$

c) $e_{ss} = \infty$ eftersom ingen integration

d) $\frac{Y}{R} = \frac{\frac{s+2}{s+5} \cdot \frac{1}{10s+1}}{1 + 0,9 \cdot \frac{s+2}{s+5} \cdot \frac{1}{10s+1}} = \frac{s+2}{10s^2 + 51s + 5 + 0,9s + 1,8} =$

"vid börvärdessteg"

$= \frac{s+2}{10s^2 + 51,9s + 6,8} \rightarrow$ $e_{ss} = \frac{4,8}{6,8} \approx 0,705$

"vid ramp"

en sämre sensor ger inget bättre $\Rightarrow e_{ss} = \infty$

"vid stegstörning"

$\frac{Y}{V} = \frac{\frac{1}{10s+1}}{1 + 0,9 \cdot \frac{s+2}{s+5} \cdot \frac{1}{10s+1}} = \frac{s+5}{10s^2 + 51,9s + 6,8} \approx 0,735$

9.

a) Ur bodediagram fås följande:
amplitudkurvan: ger 3 olika asymptoter med lutningar 0dB/dek, −20dB/dek och −40dB/dek.
dvs skärningar mellan dessa ger brytfrekvenserna: $\omega = 0{,}01$ rad/s och 1 rad/s.

dvs slutsats: $\dfrac{K}{(1+sT_1)(1+sT_2)}$ men

detta håller inte vid titt på faskurvan
den går från $0° \longrightarrow -1164 0°$
dvs detta borde betyda att vi har en dödtid.

Ny Slutsats $\dfrac{K\,e^{-sL}}{(1+sT_1)(1+sT_2)}$

Avläsning: $\begin{cases} K = 4 & (\text{lågfrekv. förstärkn.}) \\ T_1 = \dfrac{1}{0{,}01} = 100 \text{ sek} \\ T_2 = \dfrac{1}{1} = 1 \text{ sek} \end{cases}$

Dödtiden tas ifrån i någon punkt efter −180°, t ex vid $\omega = 1 \Rightarrow -249°$
Beräknas fram enligt:

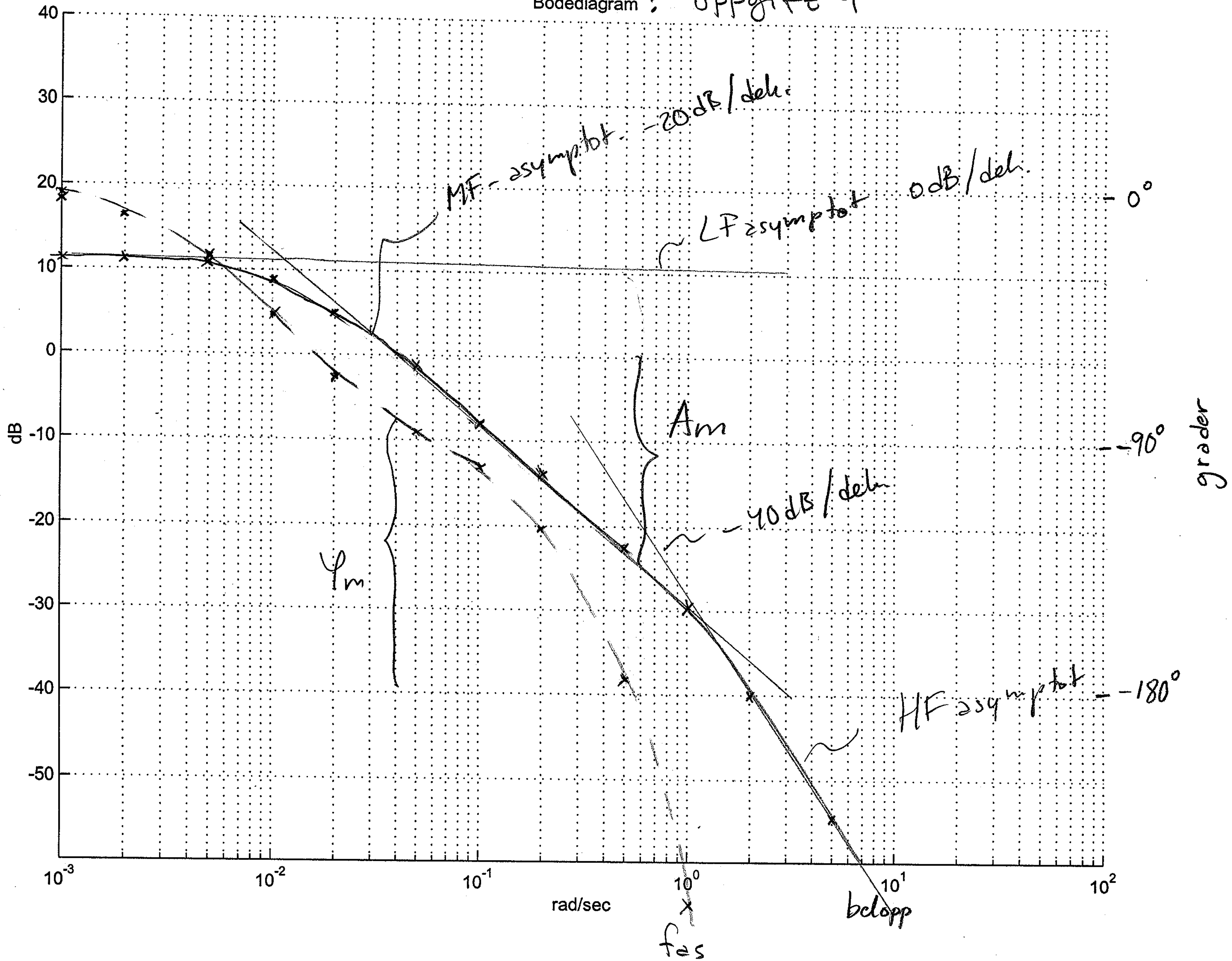
$$-\omega L \cdot \frac{180°}{\pi} - \arctan(\omega T_1) - \arctan(\omega T_2) = -249°$$

$$-\omega L \cdot \frac{180°}{\pi} = -249 + 45 + 89{,}4°$$

$L = 2$ Klart!

9b) Avläsning vid $\omega_c = 0.04 \Rightarrow \varphi_m \approx 96°$
— " — $\omega_\pi = 0{,}6$ rad/s $\Rightarrow A_m = 23\text{-}24$ dB

Bodediagram : uppgift 9



10. Ur uppgift 9 fås

$$G(s) = \frac{11{,}76\,e^{-s}}{s^2 + 2{,}5s + 14{,}7}$$

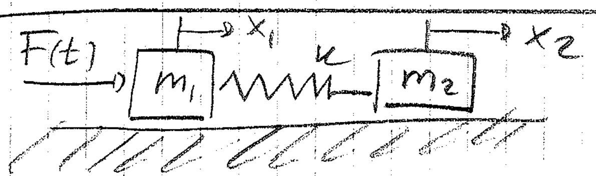
Ziegler-Nichols självsv.metod: fungerar enligt följande
ställ in processen med en P-regulator,
och öka förstärkningen tills självsv. fås:

$$\begin{cases} K_0 \approx 0{,}92 \\ T_0 \approx 2{,}5 \end{cases}$$

Ställ in enligt tabell:

$$\begin{cases} K = 0{,}45K_0 \approx 0{,}41 \\ T_i = \dfrac{T_0}{1{,}2} \approx 2{,}1 \text{ sek} \end{cases}$$

11.



överföringsfunktion från F till X_2!

för massa m_1:
om m_1 rör sig, m_2 stilla: $\rightarrow$ $F - m_1\ddot{x}_1 - kx_1 = 0$
om m_1 stilla, m_2 rör sig åt höger $\rightarrow$ kx_2

$$\Sigma \quad F - m_1\ddot{x}_1 + k(x_2 - x_1) = 0$$

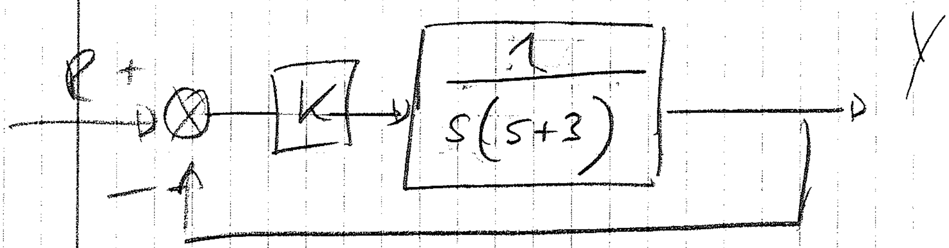
$$F + kX_2 = (s^2 m_1 + k)X_1 \quad (1) \text{ Laplace}$$

för massa m_2
om m_2 rör sig, m_1 stilla $\rightarrow$ $-m_2\ddot{x}_2 - kx_2$
om m_2 stilla, m_2 rör sig åt höger $\rightarrow$ kx_1

$$\Sigma \quad X_1 = \frac{1}{k}(m_2 s^2 + k)X_2 \quad (2) \text{ Laplace}$$

Substituera bort X_1
och sätt in $k = 1$ N/m och $m_1 = m_2 = 1$ kg $\Rightarrow \dfrac{X_2}{F} = \dfrac{1}{s^2(s^2+2)}$

12.



K bryts ut

$$G_p(s) = \frac{1/3}{s\left(\frac{s}{3}+1\right)} = \frac{1/3}{s(s/3+1)} \xrightarrow[\text{Diskretisera}]{h=0{,}5\text{ sek}} H_p(z) = \frac{0{,}33\left(0{,}724z^{-1} + 0{,}443z^{-2}\right)}{1-1{,}22z^{-1}+0{,}22z^{-2}}$$

$1 + G_R G_p = 0$ karakt. ekv:

$$1 + \frac{K\cdot\left(0{,}239z^{-1} + 0{,}146z^{-2}\right)}{1-1{,}22z^{-1}+0{,}22z^{-2}} = 0$$

$$z^2 - 1{,}22z + 0{,}22 + K\cdot 0{,}239z + 0{,}146K = 0$$

Stabilt för $0 < K < 5{,}33$

$$\frac{Y}{R} = \frac{H_R H_p}{1+H_R H_p} = \frac{\frac{K\cdot(0{,}239z+0{,}146)}{z^2-1{,}22z+0{,}22}}{1+\frac{K\cdot(0{,}239z+0{,}146)}{z^2-1{,}22z+0{,}22}} \overset{K=1}{=} \frac{0{,}239z+0{,}146}{z^2-0{,}981z+0{,}366}$$

Tag fram en differensekvation!

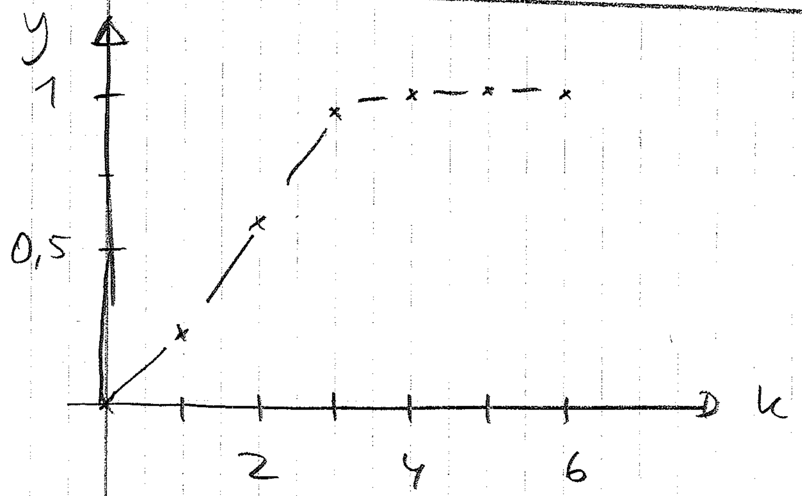
$$y(k+2) - 0{,}981\,y(k+1) + 0{,}366\,y(k) = 0{,}239\,r(k+1) + 0{,}146\,r(k)$$

$$y(k) = 0{,}981\,y(k-1) - 0{,}366\,y(k-2) + 0{,}239\,r(k-1) + 0{,}146\,r(k-2)$$

12 forts.

$$y(k) = 0{,}981\, y(k-1) - 0{,}366\, y(k-2) + 0{,}239\, r(k-1) + 0{,}146\, r(k-2)$$

k	y(k)	0,981 y(k-1)	−0,366 y(k-2)	+0,239 r(k-1)	+0,146 r(k-2)
0	0	0	0	0	0
1	0.239	0	0	0,239	0
2	0.619	0,234	0	0.239	0,146
3	0,906	0.608	−0.087	0.239	0.146
4	1,046	0,888	−0,227	0,239	0.146
5	1,079	1,026	−0,332	0.239	0.146
6	1,061	1,059	−0,382	0.239	0.146



13. Avläsning av stegsvar ger:

a) $G_p(s) = \dfrac{1{,}5\, e^{-s}}{1+2s} \xrightarrow{h=1} H_p(z) = \dfrac{0{,}59\, z^{-2}}{1-0{,}61\, z^{-1}}$

$H_p(z) = \dfrac{B(z)}{A(z)} \Rightarrow$ grad $B = 2$, grad $A = 1$ $\Longrightarrow$ icke integrerande polplac. regulator

grad $C = 2 - 1 = 1$

grad $D = 1 - 1 = 0$

$C(z) = 1 + c_1 z^{-1}$

$D(z) = d_0$

13 forts.

Polynom identiteten:

$$P(z) = AC + BD$$

grad $P = 2+1-1 = 2$

karakt. polynom $P(z) = (1-0{,}2z^{-1})(1-0\cdot z^{-1}) = 1-0{,}2z^{-1}$

$$1-0{,}2z^{-1} = (1-0{,}61z^{-1})\cdot(1+c_1z^{-1}) + 0{,}59z^{-2}\cdot d_0$$

Identifiering ger:

z^{-1}: $-0{,}2 = -0{,}61 + c_1 \rightarrow c_1 \approx 0{,}41$

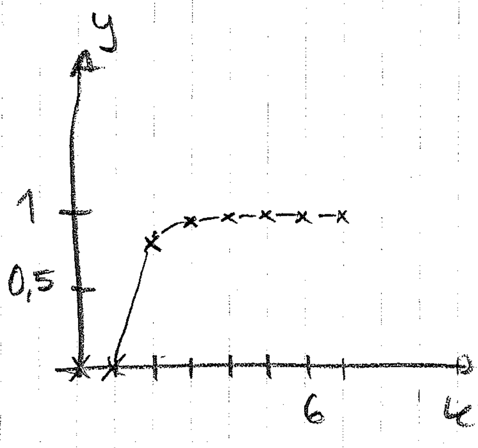
z^{-2}: $0 = -0{,}61\cdot c_1 + 0{,}59\,d_0 \quad d_0 \approx 0{,}42$

$$K_r = \frac{P(1)}{B(1)} = \frac{0{,}8}{0{,}59} \approx 1{,}356$$

$$\frac{Y}{R} = K_r\cdot\frac{B}{P} = 1{,}356\cdot\frac{0{,}59z^{-2}}{1-0{,}2z^{-1}}$$

$y(k) = 0{,}2\,y(k-1) + 0{,}8\,r(k-2)$

k			
0	0	0	0
1	0	0	0
2	0.8	0	0.8
3	0,96	0,16	0.8
4	0,992	0,192	0,8
5	0.998	0,198	0.8
6	0,9997	0,1997	0.8
7	0,99994	0,19994	0,8



b) För att få börvärdet och ärvärdet att bli lika statiskt sett. Detta utan integration och under förutsättning inga störningar.

c) Alla poler placeras i origo, snabbaste formen av insvängning men priset blir stora styrsignal amplituder.

d) Måste ha en bra modell, om denna finns kan vi designa insvängn. förloppet.