Reglerteknik M3

Tentamen 020822

Tid: 9:00-13:00, Lokal: M-huset

Lärare: Michael Tittus, tel 0733-970037; Mattias Henriksson, tel 3714

Tentamen omfattar 30 poäng, där betyg tre fordrar 12 poäng, betyg fyra 18 poäng och betyg fem 24 poäng.

Tentamenresultat anslås senast den *12 september* på avdelningens anslagstavla.

Granskning av rättning sker den *13 och 16 september* kl 12:30-13:00 på avdelningen.

Tillåtna hjälpmedel:

- Formelsamling i reglerteknik
- Bode diagram
- Matematiska och fysikaliska tabeller, t ex Beta och Physics handbook
- Typgodkänd kalkylator

Lycka till!

Institutionen för signaler och system
Avdelningen för reglerteknik och automation
Chalmers tekniska högskola

1

Skissa stegsvaret för följande överföringsfunktion:

$$G(s) = \frac{6}{2 + 2.4s + 8s^2}$$

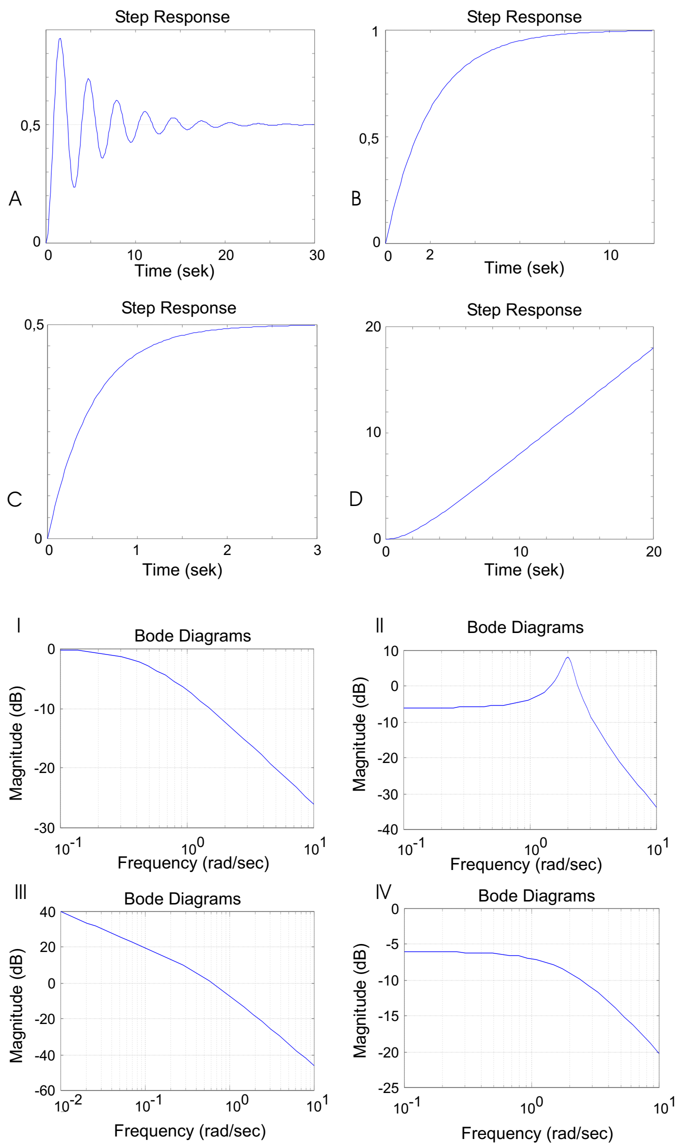
Grafens axlar ska vara graderade. Du behöver INTE beräkna stegsvaret som en tidsfunktion.

(2p)

2

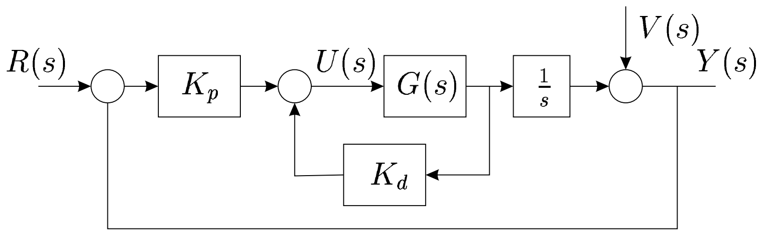
Para ihop stegsvaren för fyra olika minfassystem med amplituddiagrammen nedan. En kort motivering krävs.

(2p)



3

I denna uppgift ska vi undersöka robustheten för en reglersystem med intern återföring. Processen som ska regleras har överföringsfunktionen $G(s) = \frac{K}{1+s}$.



(a) Bestäm regulatorparameterna K_p och K_d för en intern återföring (se figur nedan) så att det slutna systemet får en dubbelpol i $s_{1,2} = -0.3$. Antag att $K = 1$ för processen.

(3p)

(b) Studera det slutna systemets känslighet för variationer i processförstärkning (robusthet) genom att undersöka hur polernas läge förändras om K ökar från 0,5 till 2. Rita polernas läge i komplexa talplanet med regulatorn enligt (a) för K= 0.5, 1 och 2.

OBS: I fall du inte har löst uppgift (a) kan du anta följande regulatorparametrar: $K_p = 9$ och $K_d = 5$.

(2p)

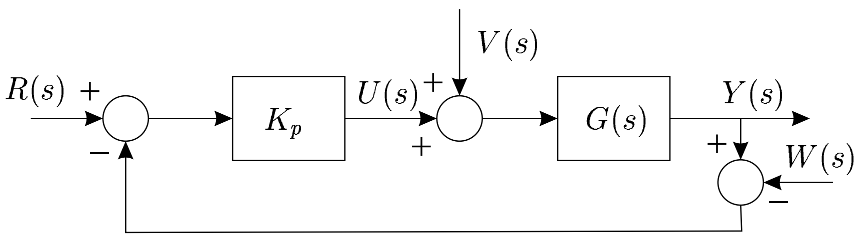
4

För vilka P-regulatorer $F(s) = K_p$ är det kvarstående fel efter en rampformad börvärdesändring $r(t) = 0.5t\,\sigma(t)$ mindre än 0.1?

Låt

$$G(s) = \frac{1}{s}$$

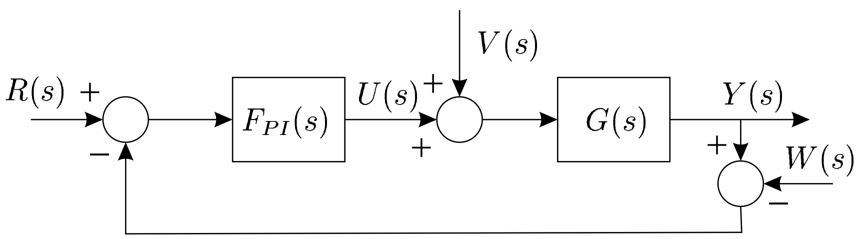
(2p)



5

Betrakta nedanstående reglersystem med PI-regulator. Låt

$$G(s) = \frac{6}{1+5s} \quad \text{och} \quad F_{PI}(s) = 1 + \frac{K_i}{s}$$



Du ska jämföra systemet vid två olika regulatorinställningar: $K_i^I = 0.2$ och $K_i^{II} = 0.5$

(a) Rita i olika Bodediagram de asymptotiska amplitudkurvorna för överföringsfunktionerna $\frac{U(s)}{W(s)}$ och $\frac{Y(s)}{V(s)}$ för båda implementeringar ($I.$ och $II.$). Jämför motsvarande kurvor från de båda implementeringarna i samma Bodediagram.

(3p)

(b) Utgående från amplitudkurvorna i (a) jämför dessa två implementeringar med avseende på styrsignalaktivitet och reglersystemets förmågan att kompensera för lågfrekventa processtörningar.

(2p)

6

Vid reglering av vattennivån i en ångpanna är processens överföringsfunktion

$$G(s) = \frac{1-s}{s(1+s)^2}$$

(a) Rita processens Bodediagram (amplitud- och faskurvan). Lägg märke till att processen har ett nollställe i HHP (icke-minfas system).

(3p)

(b) Dimensionera en regulator som garanterar ett fasmarginal av $\varphi_m = 45^\circ$ vid en frekvens $\omega_c = \omega_{\pi,proc}$.

(3p)

(c) Bestäm även regulatorns högfrekvensförstärkning K_∞.

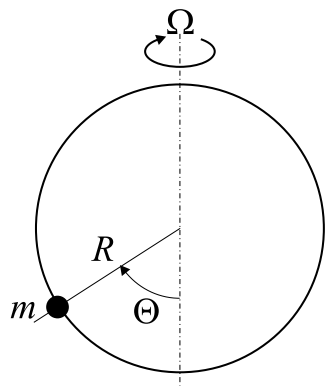
(1p)

7

En massklump m glider utan friktion längs en cirkel med radie R som roterar med en given vinkelhastighet Ω runt sin vertikala diameter (se figur).

Rörelseekvationen för massklumpen är:

$$mR^2\ddot{\Theta} = m\Omega^2 R^2 \sin(\Theta)\cos(\Theta) - mgR\sin(\Theta)$$



(a) Inför tillståndsvariabler och skriv modellen på tillståndsform.

(2p)

(b) Linjärisera modellen kring arbetspunkten $\Theta_0 = \pi$.

(3p)

(c) Var ligger polerna för den linjära modellen?

(2p)

Formler

Linjärisering

Linjärisering i arbetspunkt (y_0, u_0)

$$f(y, \dot{y}, u) \approx \left.\frac{\partial f}{\partial y}\right|_{(y_0,\dot{y}_0,u_0)} \Delta y + \left.\frac{\partial f}{\partial \dot{y}}\right|_{(y_0,\dot{y}_0,u_0)} \Delta \dot{y} + \left.\frac{\partial f}{\partial u}\right|_{(y_0,\dot{y}_0,u_0)} \Delta u$$

där $\Delta y = y - y_0$, $\Delta \dot{y} = \dot{y} - \dot{y}_0$ och $\Delta u = u - u_0$.

Överföringsfunktion

$$G(s) = \frac{b_1 s^{n-1} + \ldots + b_{n-1}s + b_n}{s^n + a_1 s^{n-1} + \ldots + a_{n-1}s + a_n}$$

Styrbar kanonisk form

$$\begin{aligned}
\dot{x}(t) &= \begin{bmatrix} -a_1 & -a_2 & \ldots & -a_{n-1} & -a_n \\ 1 & 0 & & 0 & 0 \\ 0 & 1 & & 0 & 0 \\ \vdots & & \ddots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & \ldots & 1 & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix} u(t) \\
y(t) &= \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \ldots & b_n \end{bmatrix} x(t)
\end{aligned}$$

Observerbar kanonisk form

$$\begin{aligned}
\dot{x}(t) &= \begin{bmatrix} -a_1 & 1 & 0 & \ldots & 0 \\ -a_2 & 0 & 1 & \ldots & 0 \\ \vdots & & & \ddots & \vdots \\ -a_{n-1} & 0 & 0 & \ldots & 1 \\ -a_n & 0 & 0 & \ldots & 0 \end{bmatrix} x(t) + \begin{bmatrix} b_1 \\ b_2 \\ \vdots \\ b_{n-1} \\ b_n \end{bmatrix} u(t) \\
y(t) &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & \ldots & 0 \end{bmatrix} x(t)
\end{aligned}$$

Styrbarhetsmatris

$$\mathcal{S} = \begin{bmatrix} B & AB & \cdots & A^{n-1}B \end{bmatrix}$$

Observerbarhetsmatris

$$\mathcal{O} = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ \vdots \\ CA^{n-1} \end{bmatrix}$$

Tillståndsåterkoppling

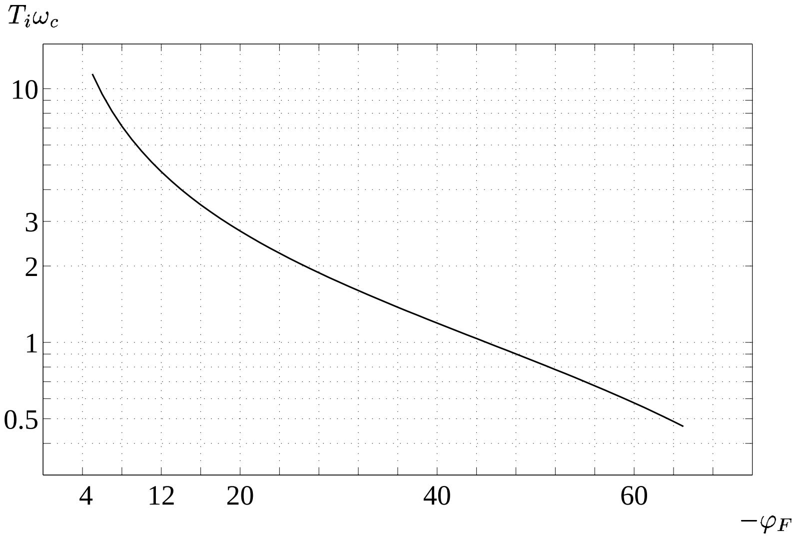
$$u = -L_u x \qquad \det(sI - A + BL_u)$$

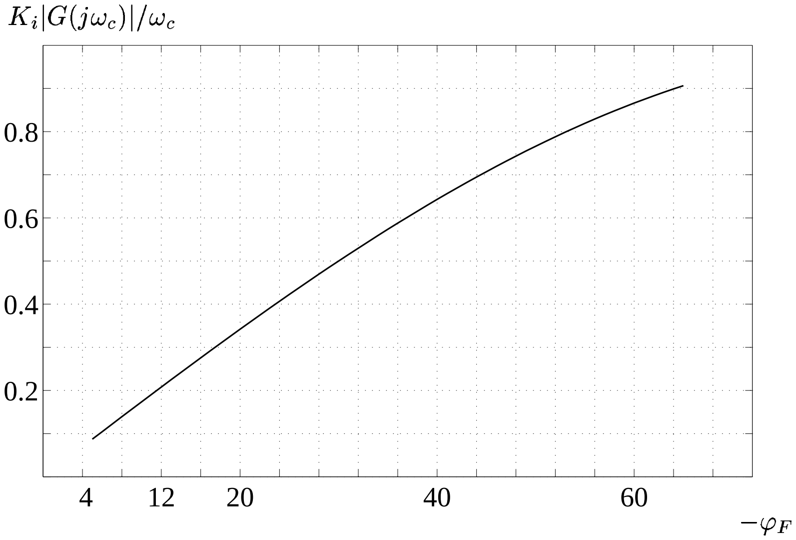
Observatör

$$\dot{\hat{x}} = A\hat{x} + Bu + K_y(y - C\hat{x}) \qquad \det(sI - A + K_y C)$$

PI-regulator

$$F_{PI}(s) = K_i \frac{1 + T_i s}{s}$$

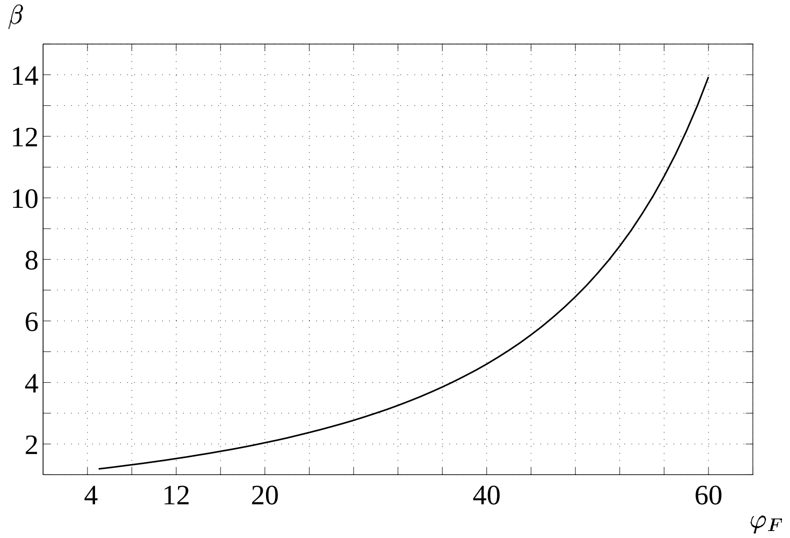




Figur 1: $T_i\omega_c$ och $K_i|G(j\omega_c)|/\omega_c$ som funktion av önskad fasförändring hos regulatorn $\varphi_F(j\omega_c)$ vid överkorsningsfrekvensen ω_c.

PD-regulator

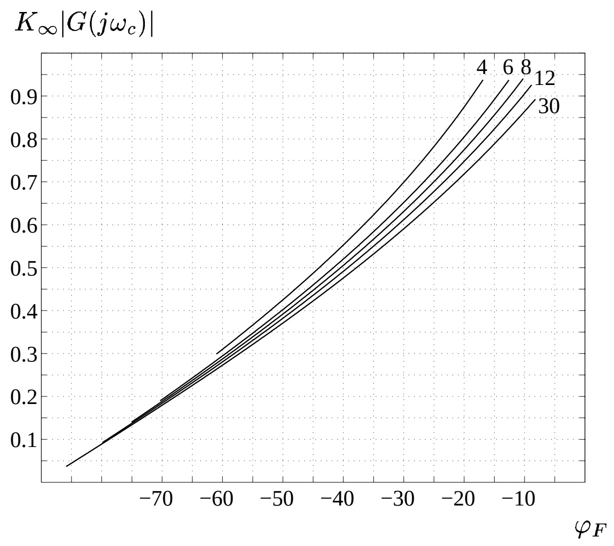
$$F_{PD}(s) = K_p \frac{1 + s\tau}{1 + s\tau/\beta}$$

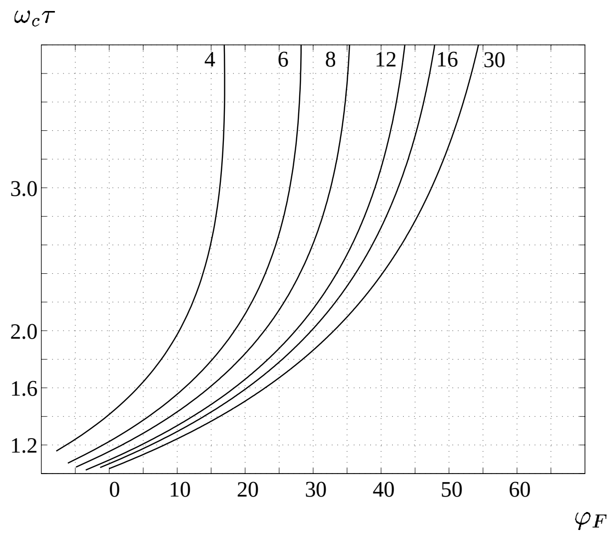


Figur 2: β som funktion av önskad fasförändring hos regulatorn $\varphi_F(j\omega_c)$ vid överkorsningsfrekvensen ω_c, då $\omega_c = \sqrt{\beta}/\tau$

PIPD-regulator

$$F_{PIPD}(s) = K_i \frac{(1+s\tau)^2}{s(1+s\tau/\beta)}$$





Figur 3: $K_\infty|G(j\omega_c)|$ och $\omega_c\tau$ som funktion av önskad fasförändring hos regulatorn $\varphi_F(j\omega_c)$ vid överkorsningsfrekvensen ω_c för olika värden på β.