

ERE 103 Reglerteknik D
ERE 102 Reglerteknik D
Tentamen 2016-01-14

08.30 - 12.30 Hörsalar på Hörsalsvägen

Examinator: Jonas Fredriksson, tel 1359.

Tillåtna hjälpmedel:

- Typgodkänd räknare
- Mathematics Handbook (Beta)
- Physics Handbook
- Formelsamling M3 och D3

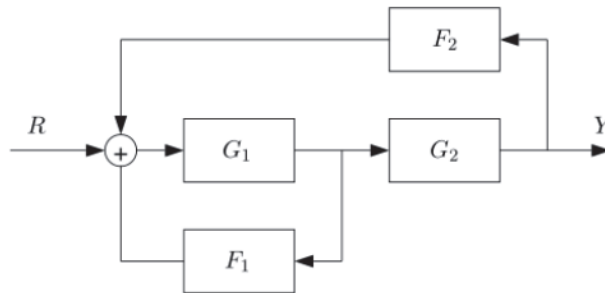
Poängberäkning: Tentamen består av 7 uppgifter om totalt 30 poäng. Nominella betygsgränser är 12 (3), 18 (4) respektive 24 (5) poäng. Lösningarna skall vara tydliga och väl motiverade!

Tentamensresultat: Granskning av rättningen erbjuds den 3 och 4 januari kl 12-13 i rum EDIT 5220. Kommer du senare mottages endast skriftliga klagomål mot rättningen. Sådana skriftliga klagomål måste lämnas in **senast två veckor** efter ordinarie granskning.

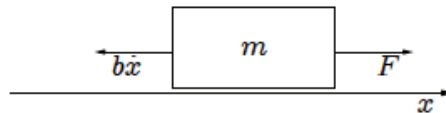
LYCKA TILL!

Uppgift 1.

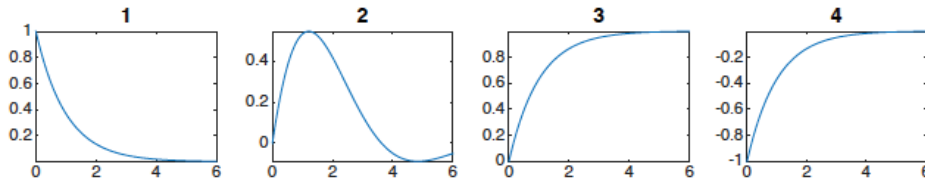
- a. Har systemen $G_1(s) = \frac{s-1}{s+1}$ och $G_2(s) = e^{-2s}$ samma amplitudkurva? Motivera ditt svar! (1 p)
- b. Ett reglersystem beskrivs av nedanstående blockdiagram. Ange överföringsfunktionen från R till Y . (Notera att det är positiv återkoppling!) (1 p)



- c. Betrakta en massa där friktionen är proportionell mot hastigheten. Insignalen till systemet är en yttre kraft F som påverkar massan.



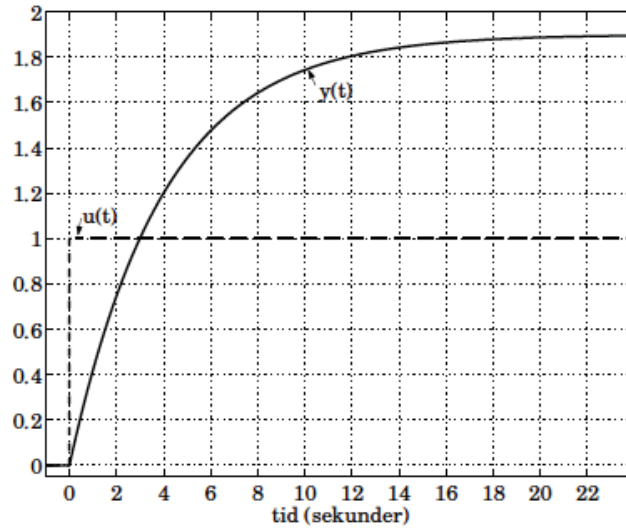
Viktfunktionen $g(t)$ kan användas för att beräkna utsignalen för godtycklig insignal. Då u är insignalen och y utsignalen så har vi att $y(t) = \int_0^t g(\tau)u(t - \tau)d\tau$. Om vi betraktar hastigheten \dot{x} som utsignal, vilken av följande viktfunktioner beskriver systemet ($m = 1, b = 1$):



Motivera ditt svar! (2 p)

Uppgift 2.

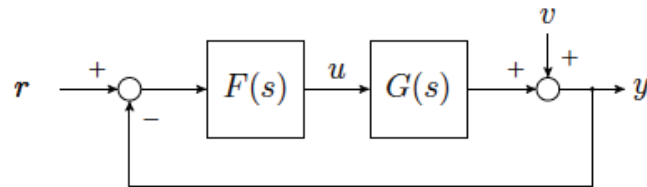
I figuren nedan visas resultatet från ett stegsvareexperiment på ett stabilt system $Y(s) = G(s)U(s)$.



- Antag att systemet har överföringsfunktionen $G(s) = \frac{Ke^{-sL}}{1+sT}$. Använd stegsvaret ovan för att bestämma värdena på K , L och T . (1 p)
- Man återkopplar systemet med styrlagen $u(t) = 10(y_{ref}(t) - y(t))$. Vad blir slutvärdet på utsignalen, $y(t)$, när referenssignalen $y_{ref}(t)$ är ett enhetssteg? (1 p)

Uppgift 3.

Betrakta det återkopplade systemet nedan.



Processen som ska styras har följande överföringsfunktion

$$G(s) = \frac{10}{s+1}e^{-s/2}$$

Välj lämplig regulator till systemet och bestäm regulatorparametrarna så att nedanstående specifikationer uppfylls. (3 p)

- 1) Inga kvarstående fel efter stegformade processtörningar (v).
- 2) Systemets fasmarginal ska vara $\varphi = 45^\circ$.
- 3) Överkorsningsfrekvensen får inte understiga $\omega_c = 2$ rad/s.

Uppgift 4.

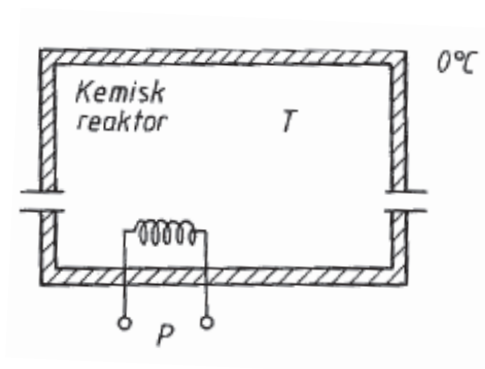
I tanken nedan försiggår en kemisk reaktion där värme utvecklas. Den energi som bildas per tidsenhet, [J/s], är beroende av temperaturen enligt :

$$k_1 T^3$$

där T är reaktionstemperaturen [$^{\circ}\text{C}$]. Värmeförlusterna till omgivningen per tidsenhet, [J/s], är proportionell mot temperaturskillnaden till omgivningen enligt:

$$k_2(T - T_0)$$

där T_0 är omgivningens temperatur, som kan antas vara 0°C . Tanken är även försedd med ett styrdon, med vilken processen kan värmas upp eller kylas ned. Detta styrdon avger effekten P till tanken. Styrdonet kan modelleras som ett första ordningens system med en statisk förstärkning på 1 och en tidskonstant på τ s.



- Ställ upp värmebalanskvationen för processen. Antag att $k_1 = 0.1$ och att $k_2 = 5$ och att värmekapaciteten hos de reagerande ämnena är $C = 100$ [J/ $^{\circ}\text{C}$]. (Ledning: *Enhetsanalys*.) (2 p)
- Utöka modellen med att även inkludera styrdonsdynamiken. Formulera svaret som en olinjär tillståndsmo­dell, på formen $\dot{x}(t) = f(x(t), u(t))!$ (1 p)
- Linjärisera modellen kring den stationära arbetspunkt, vid vilken reaktionen kan fortgå med konstant hastighet, då $P = 0$. (2 p)
- Bestäm motsvarande överföringsfunktion $G(s)$ och visa att den motsvarar en instabil process. (2 p)

Uppgift 5.

Låt processen för ett system beskrivas av överföringsfunktionen

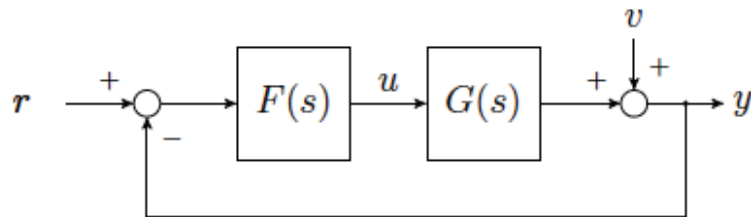
$$G(s) = \frac{s - 6}{s^2 + 4s}$$

Avgör följande fall:

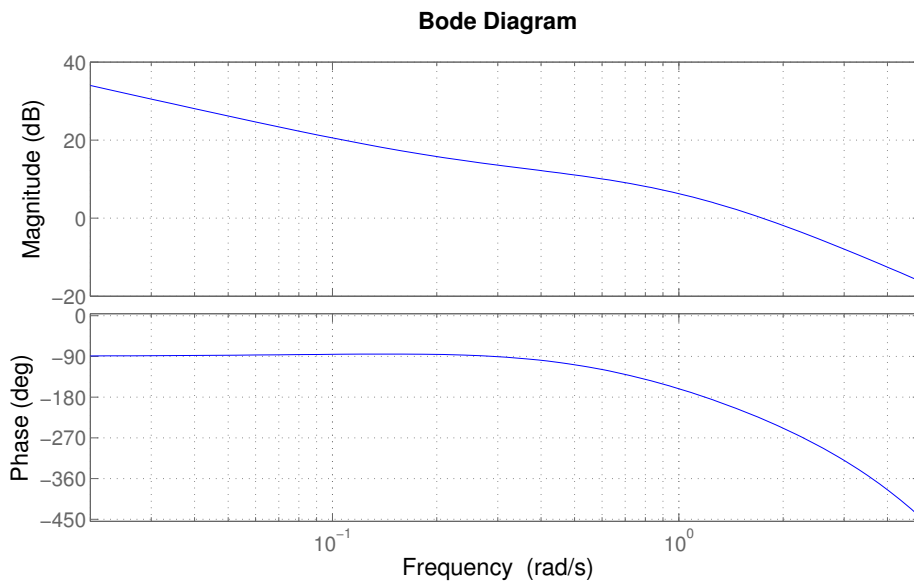
- Kan en P-regulator, $F(s) = K_p$ användas för att stabilisera det återkopplade systemet? Om så är fallet ange för vilka värden på K_p som det återkopplade systemet är stabilt. (2 p)
- Kan en I-regulator, $F(s) = K_i/s$ användas för att stabilisera det återkopplade systemet? Om så är fallet ange för vilka värden på K_i som det återkopplade systemet är stabilt. (2 p)

Uppgift 6.

Betrakta det återkopplade systemet nedan.



Bodediagrammet för processen, $G(s)$, ges av:



- a. Låt processen styras av en P-regulator, $F(s) = K_p$. Bestäm huruvida det är möjligt att stabilisera systemet med en P-regulator, och i så fall bestäm K_p så att fasmarginalen blir 40° . (2 p)
- b. Bestäm det kvarstående felet vid stegformade börvärdesändringar vid användandet av en P-regulator! (2 p)

Uppgift 7.

Ett system beskrivs av differentialekvationerna

$$\begin{aligned}\dot{x}_1(t) &= x_2(t) - 2x_1(t) \\ \dot{x}_2(t) &= -x_1(t) + 4x_2(t) + 3u(t),\end{aligned}$$

där som vanligt $u(t)$ är styrsignalen och utsignalen ges av $y(t) = x_2(t)$. Systemet skall regleras med tillståndsåterkoppling enligt

$$u(t) = -Lx(t) + K_r r(t),$$

där $x(t) = [x_1(t) \ x_2(t)]^T$ och $r(t)$ är en referenssignal.

- a. Vilket krav på värden på återkopplingsvektorn L ger ett stabilt slutet system. (2 p)
- b. Bestäm återkopplingsvektorn L så att slutna systemet från en dubbel-pol i -2. (2 p)
- c. Bestäm för det L som bestämdes i (b) förstärkningen K_r så att utsignalen stationärt är lika med referenssignalen. (2 p)

SLUT!