TENTAMEN I REGLERTEKNIK

SAL: G32,G33,G34,G35,G36

TID: 7 april 2015, klockan 14-19

KURS: TSRT19, Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, tel 013-281304, 070-3113019

BESÖKER SALEN: 15:00, 17:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, 013-282225, ninna.stensgard@liu.se

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” med inläsningsanteckningar, tabeller, formelsamling, räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

VISNING av tentan äger rum 2015-04-28 kl 12.30-13.00 i Reglerteknikss bibliotek, B-huset, ingång 25, A-korridoren till höger.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	betyg 3	23 poäng
	betyg 4	33 poäng
	betyg 5	43 poäng

OBS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

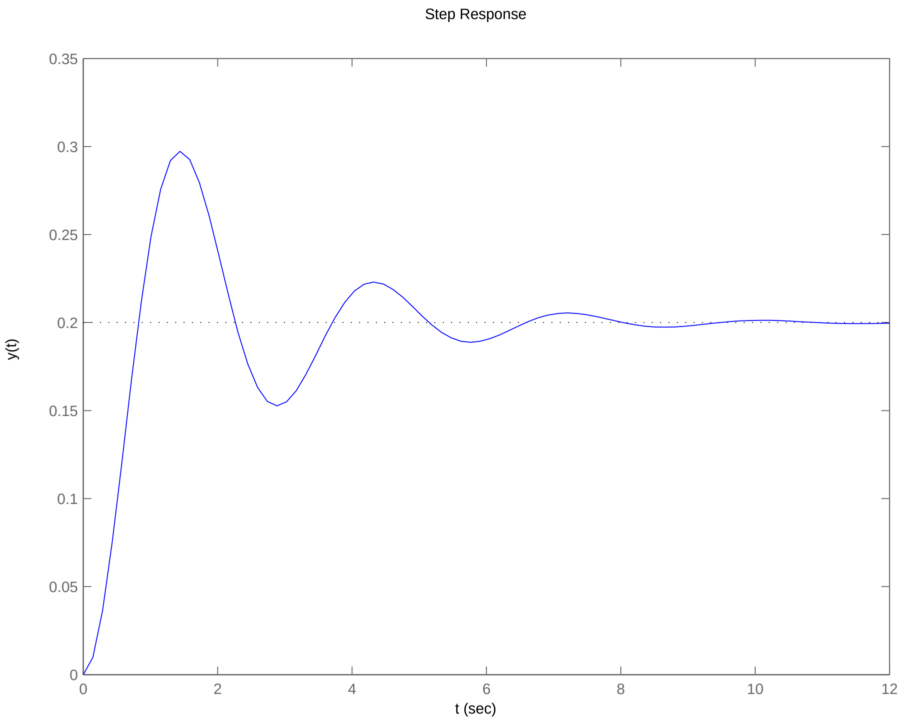
Lycka till!

1. (a) Att värma mjölk utan att få mjölken att koka över är ett problem som har försvårat vardagen för mänskligheten sedan urminnes tider. Beskriv problemet och en tänkbar lösningsmetod ur ett reglertekniskt perspektiv. Vad är insignal $u(t)$, utsignal $y(t)$ och referenssignal $r(t)$ i din reglertekniska uppfinning som löser problemet? Vad kan du säga om önskvärt utseende på stegsvar i termer av överslängd och stationärt fel? (2p)

   (b) Ett system antas kunna beskrivas av modellen

$$\ddot{y}(t) + \dot{y}(t) + ky(t) = u(t)$$

   Ett stegsvar ($u(t) = 1$) visas i figur 1. Identifiera konstanten k från stegsvaret. (2p)

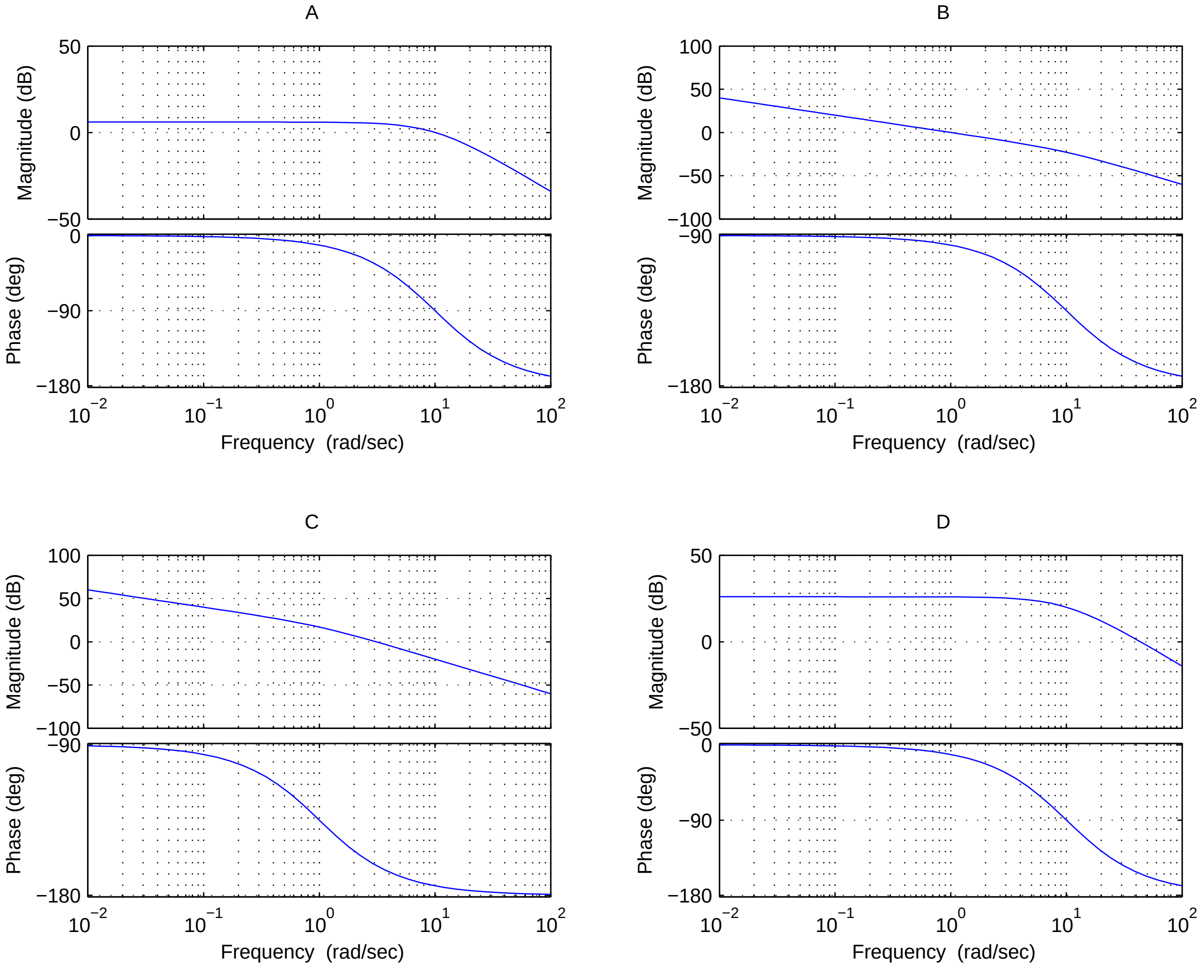


Figur 1: Stegsvar i uppgift 1b.

   (c) Figur 2 visar Bodediagram för fyra öppna system $G_O(s) = F(s)G(s)$, och figur 3 visar motsvarande slutna systems amplitudförstärkning,

$$G_C(s) = \frac{G_O(s)}{1 + G_O(s)}$$

   Para ihop Bodediagrammen. Som alltid så gäller det att du måste motivera dina svar grundligt! (4p)

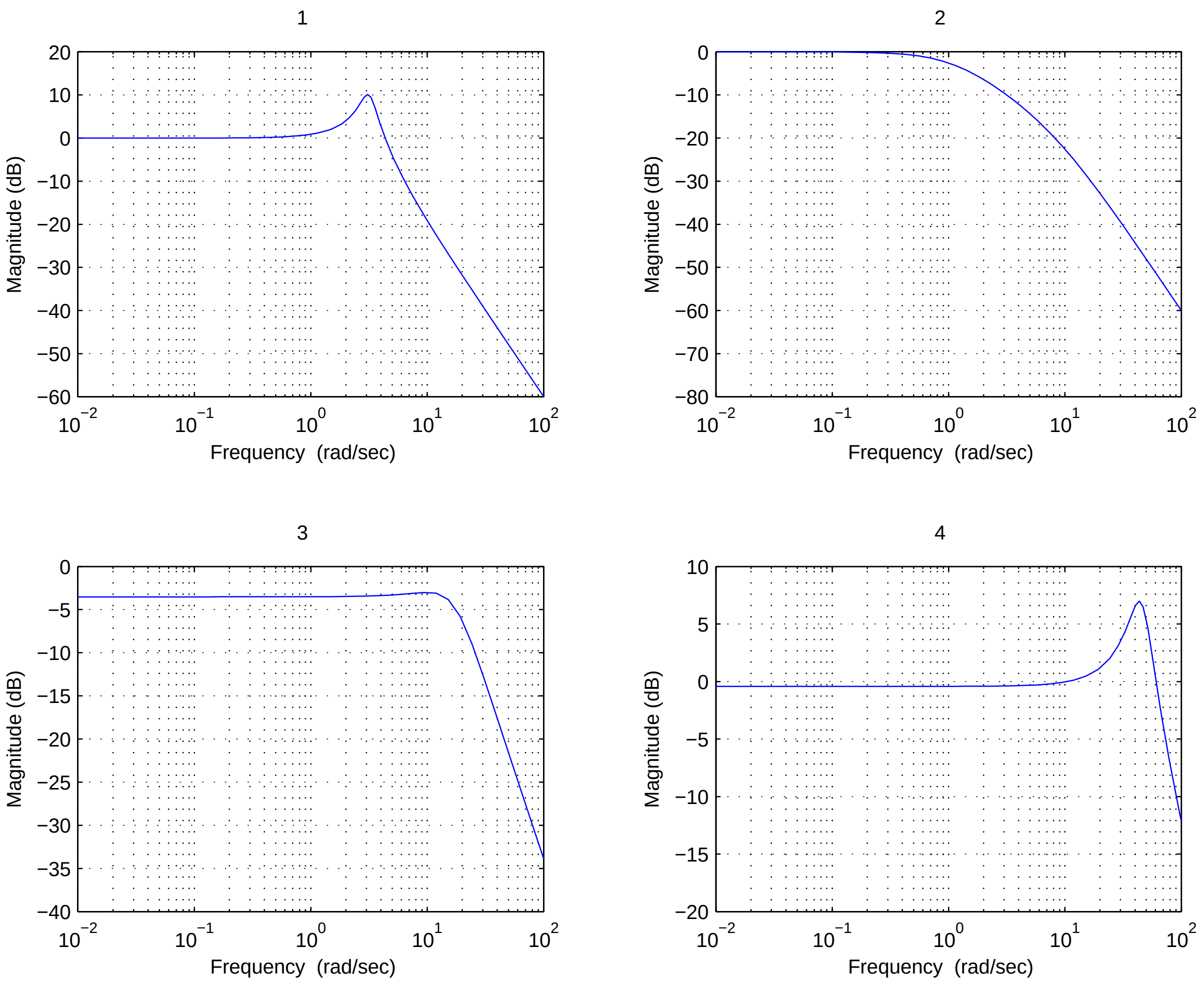


Figur 2: Öppna system $G_O(s)$ i uppgift 1c.

(d) Systemet

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

drivs med insignalen $u(t) = \sin(t)$. Vad blir utsignalen från systemet efter att transienter försvunnit? (2p)



Figur 3: Slutna system $G_C(s)$ i uppgift 1c.

2. Givet modellen

$$Y(s) = \frac{1}{s(s+1)}U(s)$$

(a) Antag att systemet skall regleras med en PD-liknande regulator

$$u(t) = r(t) - K_P y(t) - K_D \frac{d}{dt} y(t)$$

Vad blir den karakteristiska ekvation för det slutna systemet? (2p)

(b) Bestäm K_P och K_D så att det slutna systemet får polerna i -1. (2p)

(c) Antag att det verkliga systemet är

$$Y(s) = \frac{\alpha}{s(s+1)}U(s)$$

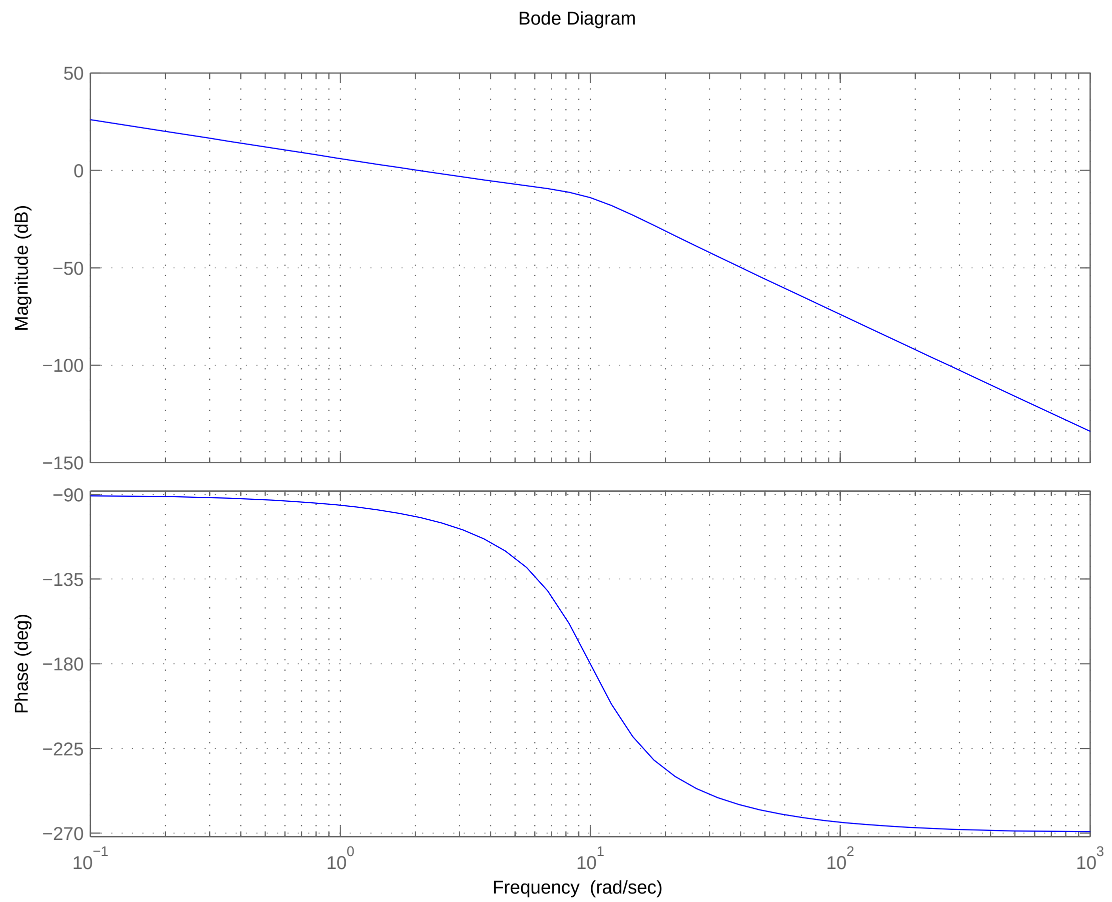
där man vet att $\alpha > 0$. Bestäm det relativa modellfelet $\Delta G(s)$. För vilka α är det slutna systemet garanterat stabilt enligt robusthetskriteriet då din regulator används? (4p)

(d) Ange den verkliga stabilitetsmarginalen (i termer av α) om systemet i c) återkopplas med din regulator. (2p)

3. Ett system antas kunna beskrivas av modellen

$$G(s) = \frac{k\omega_0^2}{s(s^2 + 2\zeta\omega_0 s + \omega_0^2)}$$

och nedan visas modellens amplitud- och faskurva för parametervärdena $k = 2$, $\omega_0 = 10$ och $\zeta = 0.5$.



Figur 4: Bodediagram för systemet i uppgift 3.

(a) Antag att systemet skall styras med en lead-länk enligt

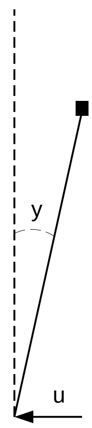
$$U(s) = K\frac{\tau_D s + 1}{\beta\tau_D s + 1}(R(s) - Y(s))$$

där parametern β måste uppfylla kravet $\beta \geq 0.1$. Vilken är den högsta skärfrekvens som kan erhållas givet att reglersystemet skall vara asymptotiskt stabilt? (3p)

(b) Betrakta åter systemet $G(s)$ enligt ovan. Bestäm en så enkel regulator som möjligt sådan att följande specifikationer uppfylls:

- $\omega_c = 10$ rad/s
- $\phi_m \geq 45°$
- $\beta \geq 0.1$
- Det stationära reglerfelet skall vara noll då referenssignalen är ett steg med amplitud 1. (7p)

4. Betrakta en förenklad variant av den inverterade pendel som studerades i laboration 3 i kursen.



Figur 5: Inverterad pendel.

(a) Genom att betrakta accelerationen i stavens nedre ände som styrsignal kan pendeln (linjäriserat) beskrivas med tillståndsmodellen

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 10 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = \begin{pmatrix} 1 & 0 \end{pmatrix} x(t)$$

där tillståndsvariablerna $x_1(t)$ och $x_2(t)$ representerar pendelns vinkel respektive vinkelhastighet. Ange systemets poler. (2p)

(b) Antag att pendeln ska styras med tillståndsåterkopplingen

$$u(t) = -\alpha L x(t) + r(t)$$

där α är en konstant. Ange det återkopplade systemets karakteristiska ekvation. (3p)

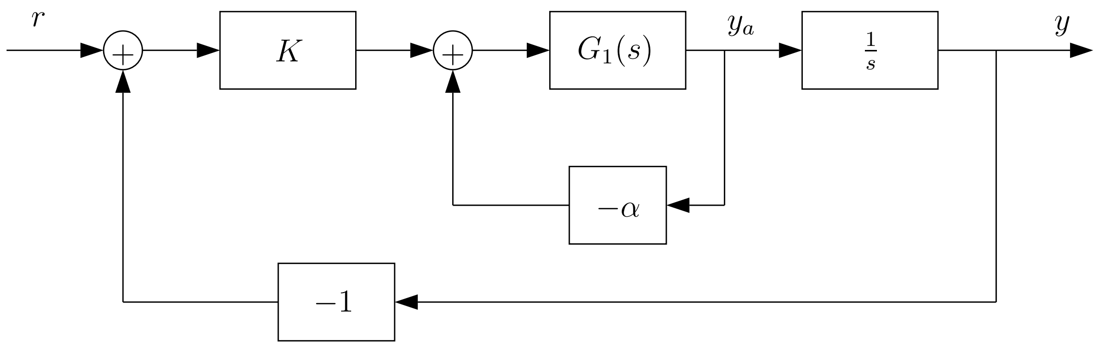
(c) Antag $\alpha = 1$. Bestäm återkopplingsvektorn L så att det återkopplade systemets poler placeras i -1. (3p)

(d) Antag nu att det finns vissa osäkerheter i den komponent som ska generera styrsignalen (accelerationen). Återkopplingen beskrivs därför av

$$u(t) = -\alpha L x(t) + r(t)$$

där $\alpha \neq 1$. För vilka α får man ett asymptotiskt stabilt återkopplat system med den återkopplingsvektor som bestämdes i uppgift c)? Man kan förutsätta att $\alpha > 0$. (2p)

5. Ingenjör L. Skywalker skall bygga en jetdriven farkost. En färdig jetmotor har inköpts och specifikationen säger att jetmotorns dynamik från gaspådrag till acceleration ges av $G_1(s) = \frac{1}{s(s+1)}$. Motorn innehåller redan en mycket enkel regulator (återkopplingen α) som har till uppgift att stabilisera farkostens acceleration y_a. En P-regulator (dvs K) för att reglera hastigheten y skall nu utvecklas.



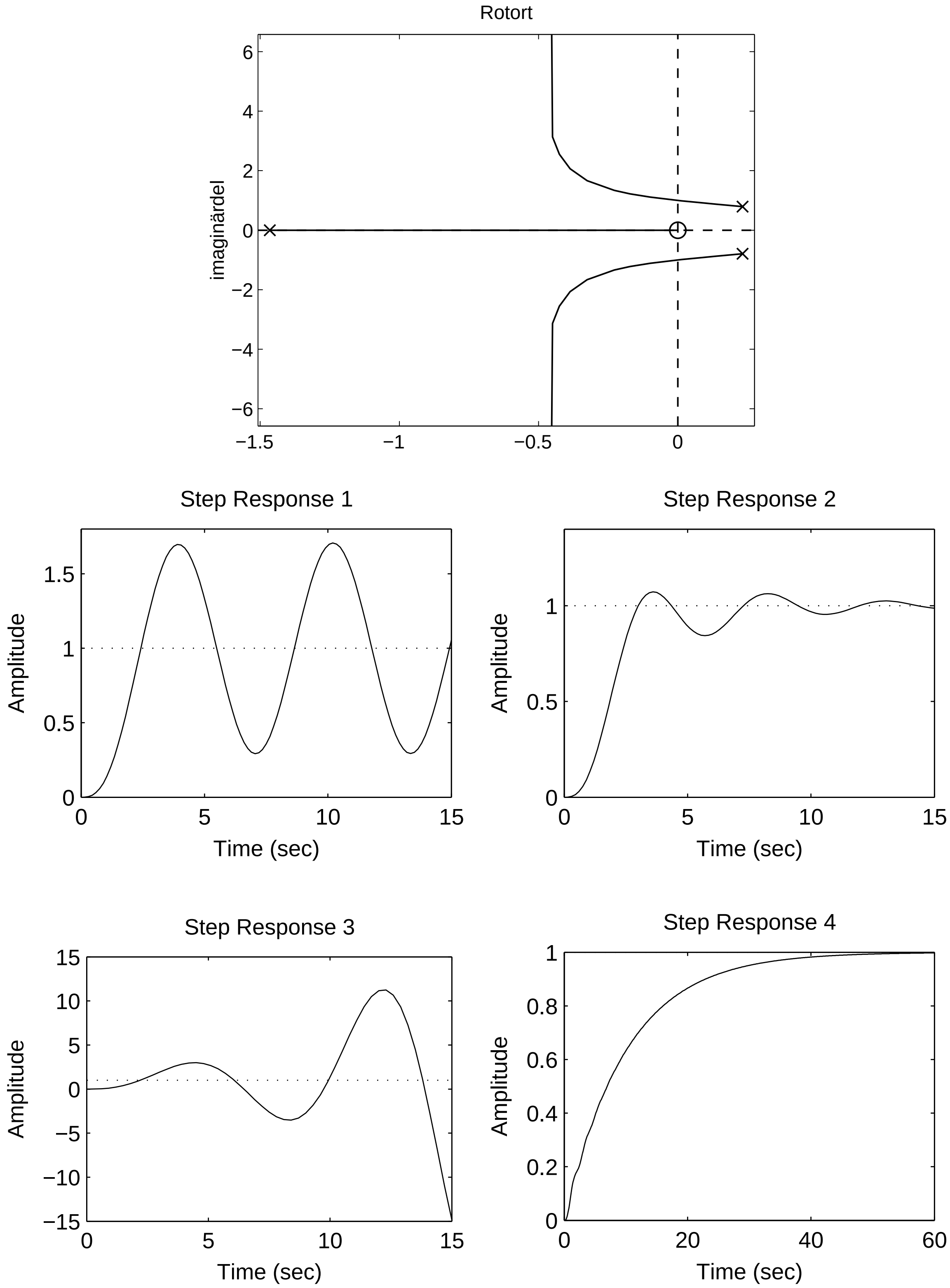
Figur 6: Blockschema för jetmotorns reglersystem.

(a) Tag fram överföringsfunktionen från $r(t)$ till $y(t)$. (2p)

(b) I figur 7 finns en rotort med avseende på α, då $K = 1$, samt stegsvar för $\alpha = 0.1, 1, 2$ och 10. Ange vilka värden på α de olika stegsvaren motsvarar. Motivera ditt svar. (4p)

(c) Visa att du kan plocka bort den inre loopen och skapa samma slutna system genom en lämplig regulator $U(s) = F_r(s)R(s) - F_y(s)Y(s)$ (2p)

(d) Tag fram en tillståndsmodell för det slutna systemet från $r(t)$ till $y(t)$ (2p)



Figur 7: Rotort med avseende på α och stegsvar till uppgift 5).