TENTAMEN REGLERTEKNIK TSRT19/TSRT23

TID: 13 januari 2025, klockan 08 - 13

UTBKOD: TSRT19/TSRT23

MODUL: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg

JOURHAVANDE LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3113019, johan.lofberg@liu.se

BESÖKER SALEN: 9, 11

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL: Läroboken Glad-Ljung: ”Reglerteknik, grundläggande teori” (anteckningar i bok tillåtna), utgiven formelsamling såsom Tefyma, Mathematics Handbook, Beta etc., räknedosa utan färdiga program.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås efter tentamen på kursens hemsida.

PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER: Enligt bedömningskriterie

betyg 3	Minst 6p på uppgift 1, 4p på uppgift 2, 5p på uppgift 3
betyg 4	Godkänd för 3:a, samt minst 33 poäng
betyg 5	Godkänd för 3:a, samt minst 43 poäng

Avbruten rättning vid ej godkänd kan förekomma.

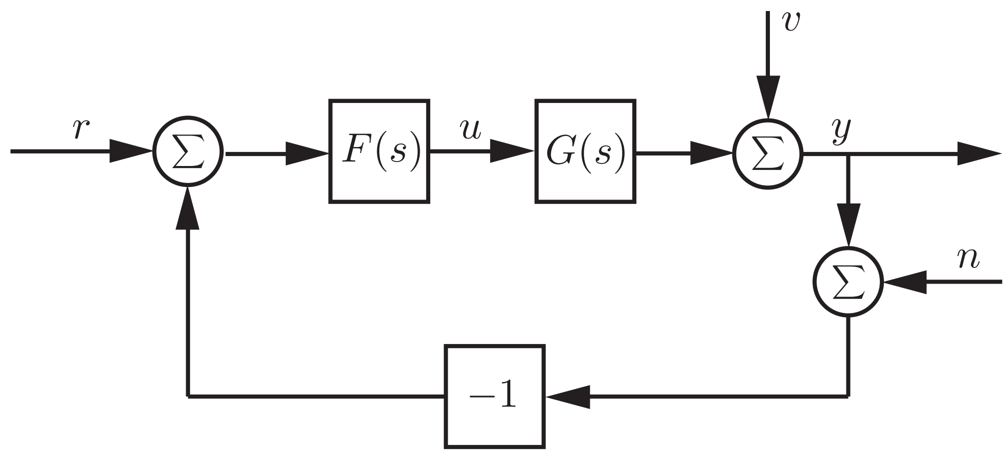
BS! Lösningar till samtliga uppgifter ska presenteras så att alla steg (utom triviala beräkningar) kan följas. Bristande motiveringar ger poängavdrag.

Lycka till!

1. (a) Ett system beskrivs av $\frac{d^2}{dt^2}y(t) + \frac{d}{dt}y(t) - 2y(t) = u(t)$. Är det stabilt? (1p)

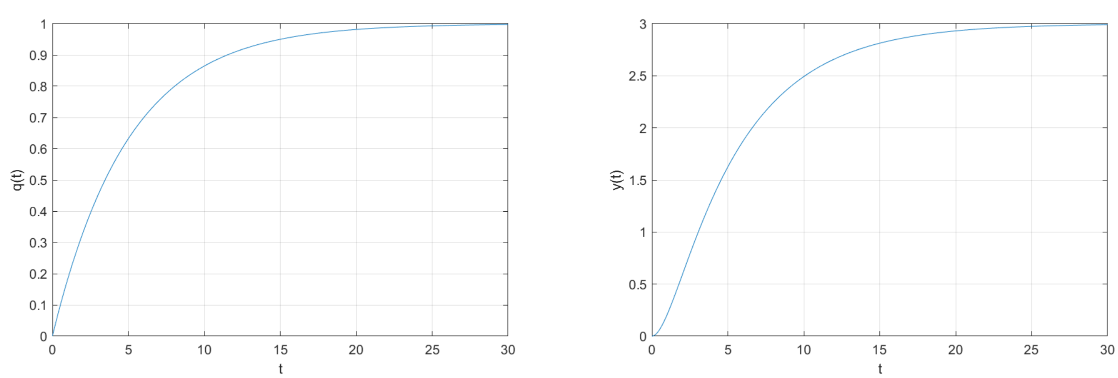
   (b) Antag att ett linjärt system $G(s) = \frac{B(s)}{A(s)}$ regleras med en P-regulator. Visa att slutna systemet har samma nollställen som $G(s)$. (2p)

   (c) Tag fram överföringsfunktionen från referenssignalen r till styrsignalen u i blockschemat nedan. (2p)



Figur 1: Återkopplat system

   (d) Vi har konstruerat ett seriekopplat system där flödet $q(t)$ i en pump ges av modellen $Q(s) = \frac{1}{sT+1}U(s)$ där $u(t)$ spänningen på pumpen. Flödet med vatten från pumpen leder till en vattentank där nivån $y(t)$ ges av $Y(s) = \frac{K}{s+1}Q(s)$. I Figur 2 visas flödet $q(t)$ till vänster och vattennivå $y(t)$ till höger då ett enhetssteg görs på spänningen $u(t)$. Beräkna T och K. (3p)

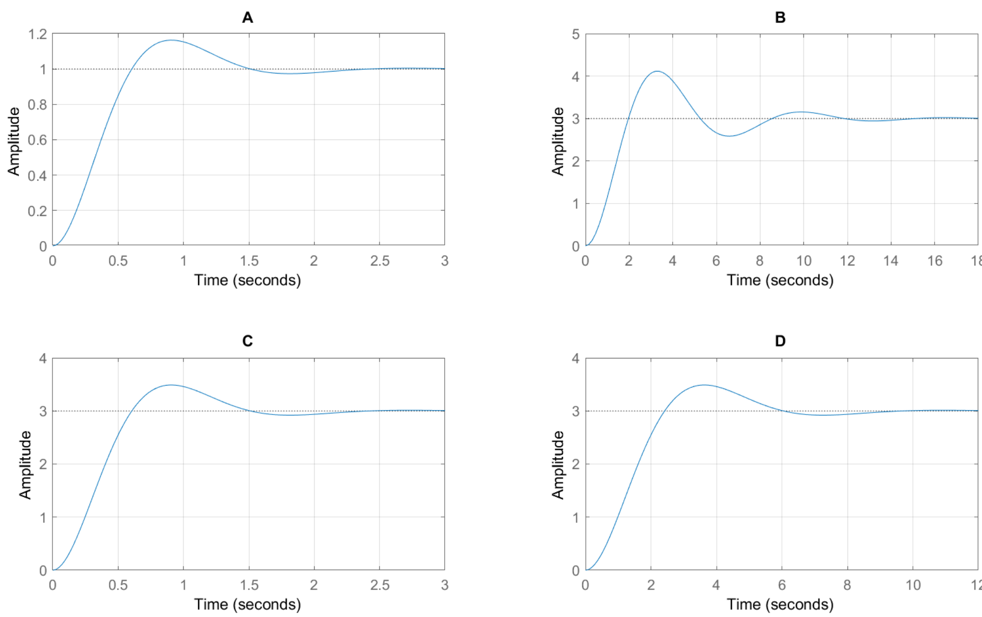


Figur 2: Signaler i vattentanksystemet.

(e) Enhetssteg på följande 4 system har gjorts

- $G_1(s) = \frac{48}{s^2+4s+16}$
- $G_2(s) = \frac{16}{s^2+4s+16}$
- $G_3(s) = \frac{3}{s^2+0.6s+1}$
- $G_4(s) = \frac{3}{s^2+s+1}$

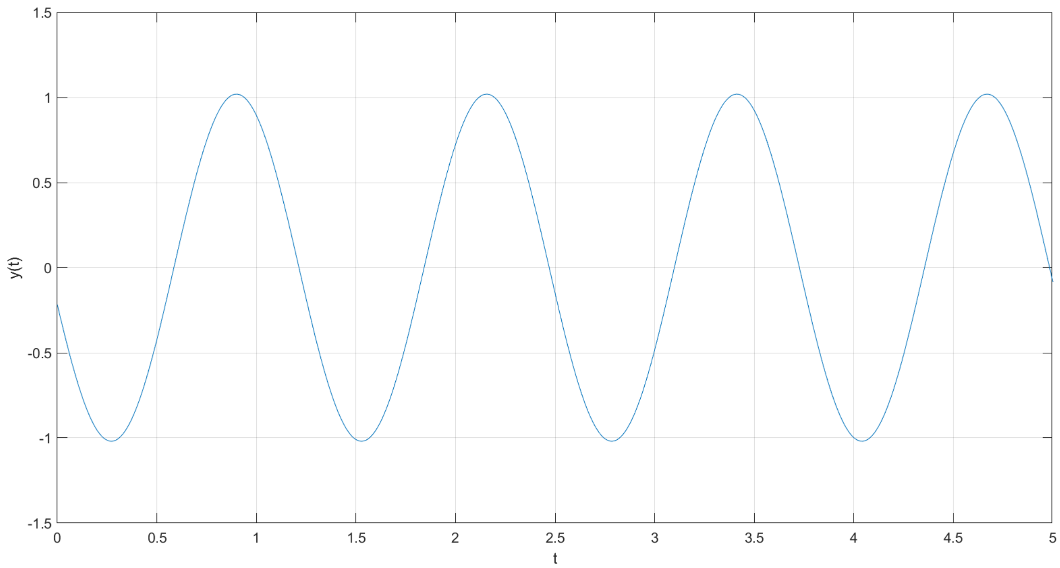
med resultat enligt Figur 3. Förklara hur du parar ihop dessa. (4p)



Figur 3: Stegsvar på 4 olika system.

2. (a) Man seriekopplar två identitiska system som båda kan beskrivas med modellen $G(s) = \frac{1}{1+10s}$. Hur mycket fasförskjuts en insignal $\sin(t)$ som går genom seriekopplingen? (2p)

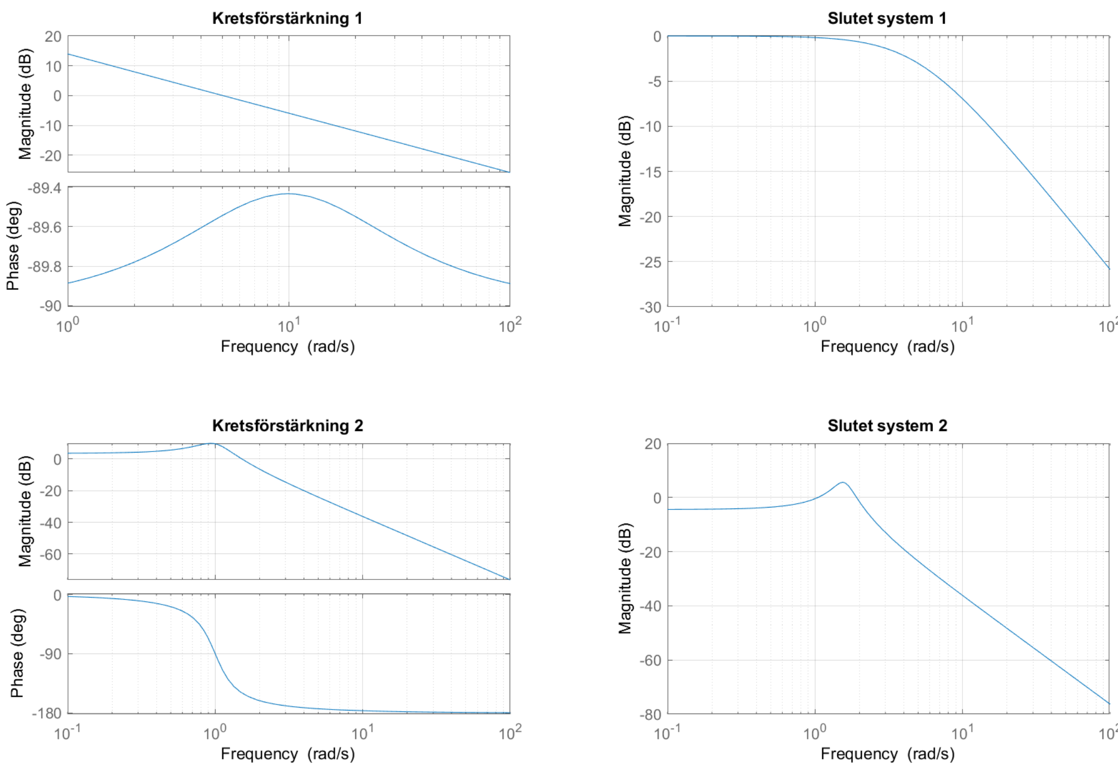
(b) Insignalen $u(t) = 8\sin(5t)$ appliceras på ett system som man kan beskriva som $G(s) = \frac{\alpha}{s^2+s+2}$. Man har alltså god kännedom om systemets dynamik, men känner inte (den positiva) förstärkningskonstanten α. Utsignalen observeras och är given i Figur 4. Uppskatta konstanten α. (2p)



Figur 4: Utsignal i uppgift 2 b.

(c) Vi håller på och utvecklar ett reglersystem. P.g.a bandbreddskrav på slutna systemet så siktar vi på att konstruera en regulator som ger en skärfrekvens på 2 rad/s. Vi vet att det finns tidsfördröjningar på 0.2 sekunder i kretsförstärkningen. Hur stor fasmarginal måste vi ha för stabilitet? (2p)

(d) I Figur 5 visas fullständiga Bodediagram för två kretsförstärkningar, och amplitudförstärkningskurvor för de två uppkomna slutna system som erhålls när kretsen sluts med dessa kretsförstärkningar. Para ihop lämpligt par, och motivera denna kombination med minst två olika argument. (2p)



Figur 5: Kretsförstärkningar och slutna system.

3. Vi ska utveckla en regulator för laddning av battericeller. Batteriet består av två kopplade battericeller med laddning (state-of-charge) $x_1(t)$ resp $x_2(t)$. Strömmen som används för laddning är $u(t)$. För att spara in på elektronik har vi byggt ett system som laddar båda cellerna via samma signal $u(t)$, och modellering har gett oss modellen

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1 & -2 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 1 \\ \alpha \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= \begin{pmatrix} 1 & 1 \end{pmatrix} x(t)\end{aligned}.$$

där α är en konstant som vi kan välja genom vår konstruktion.

(a) Är systemet stabilt? (1p)

(b) Verifiera att systemet inte blir styrbart om $\alpha = 1$. (2p)

(c) Antag att konstruktionen görs så att α blir 2. Tag fram en tillståndsåterkoppling $u = -Lx + l_0 r$ som placerar det slutna systemets poler i -4 samt garanterar att man inte får något statiskt reglerfel vid konstanta referenssignaler. (5p)

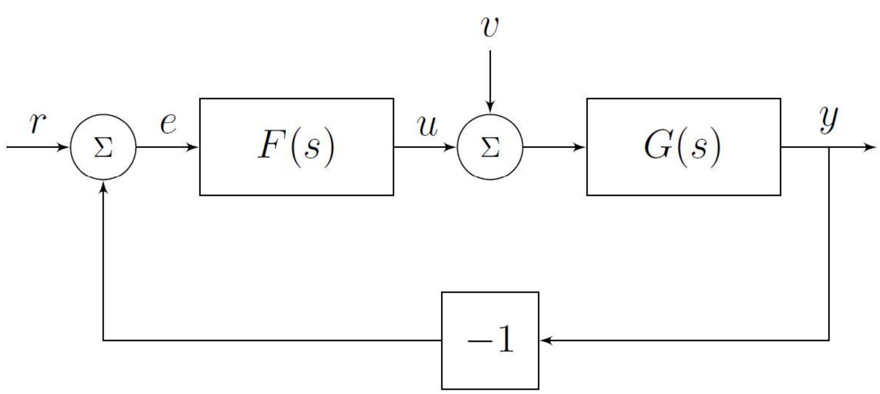
(d) Chefen är imponerad av din konstruktion där du lyckats förenkla och lösa laddningen via en laddsignal och föreslår att du dessutom inte behöver mätning av laddtillstånden $x_1(t)$ och $x_2(t)$ utan kan skatta dessa med en observatör baserat på mätning av $y(t)$. Stämmer chefens påstående? (2p)

4. (a) Antag att systemet $G(s) = \frac{1}{s^2}$ skall regleras. Du har möjligheten att använda en P, PD, PI eller PID-regulator. Ge ett förslag på en regulator (med numeriska värden) under följande krav (4p)

- Slutna systemet måste vara asymptotiskt stabilt.
- Alla poler i slutna systemet måste vara reella.
- Konstanta referenssignaler måste följas utan statiska reglerfel.
- Regulatorn skall vara så enkel som möjligt, dvs om inte D och/eller I-verkan behövs så skall de ej heller användas.

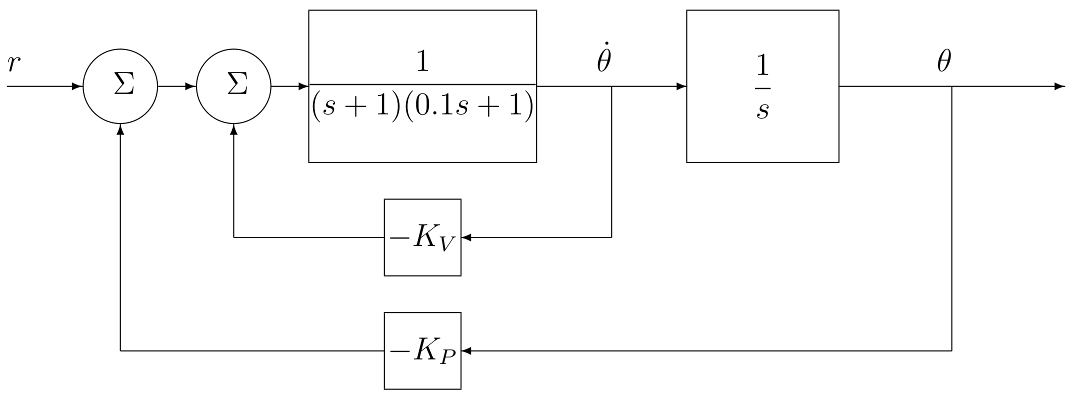
(b) Systemet $\frac{1}{(s+1)^n}$ där n är ett positivt heltal P-regleras med förstärkning $K > 0$. Visa att slutna systemet aldrig kan få en reell pol om n är jämnt. **Ledning** Vad gäller för en pol? (2p)

(c) Betrakta reglersystemet i Figur 6 där systemet $G(s) = \frac{1}{(s+1)^2}$ regleras med $F(s) = K$. Antag att $r = 0$ och att insignalsstörningen $v(t) = \sin(t)$. Visa att amplituden på den resulterande styrsignalen $u(t)$ är mindre än 1 för alla $K > 0$. (4p)



Figur 6: Reglersystem med insignalsstörning.

5. Blockschemat nedan visar en s k kaskadreglerad likströmsmotor där man använder dels en inre återkoppling från vinkelhastigheten och dels en yttre återkoppling från vinkelläget och där $K_P > 0$ och $K_V > 0$.



(a) Verifiera att det återkopplade systemets karakteristiska ekvation ges av (3p)

$$s((s+1)(0.1s+1) + K_V) + K_P = 0$$

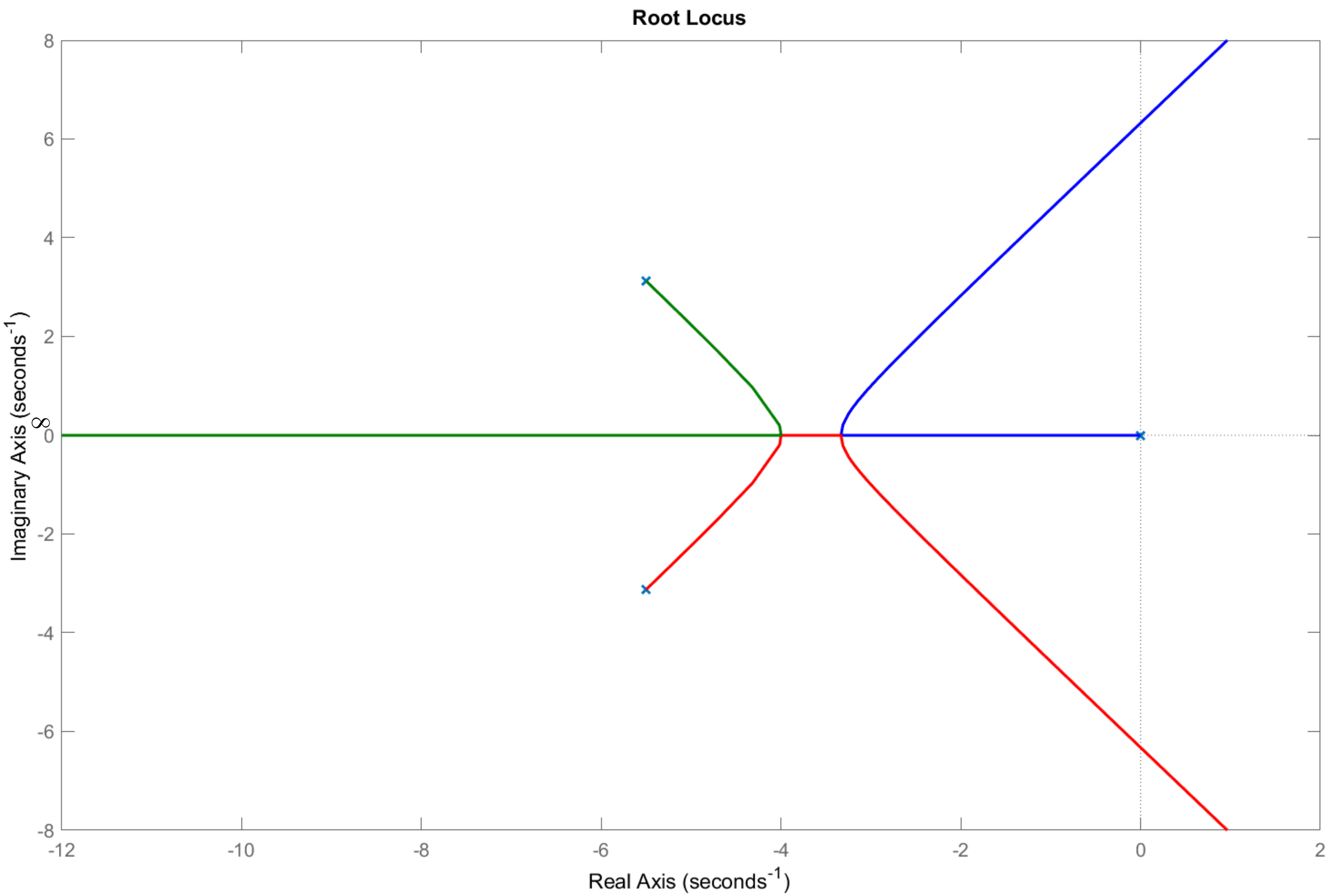
(b) I figuren på nästa sida har man fixerat en av regulatorparametrarna K_P eller K_V till värdet 3, och ritat rotort för slutna systemet med avseende på den andra. Vilken variabel är det man har ritat en rotort för? (2p)

(c) Ge svar på följande med motivering utgående från rotorten och det du känner från ovan

(i) Den analyserade regulatorparametern kan väljas så att alla poler i slutna systemet är komplexa (2p)

(ii) Den analyserade regulatorparametern kan väljas så att alla poler i slutna systemet är reella (2p)

(iii) Det slutna systemet är asymptotiskt stabilt om den analyserade regulatorparametern väljs väldigt stor (1p)


Root Locus
Imaginary Axis (seconds^{-1})
Real Axis (seconds^{-1})
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-12
-10
-8
-6
-4
-2
0
2