TENTAMEN I TSRT19 REGLERTEKNIK

SAL: G34, G36, KÅRA

TID: 2016-10-22 kl. 14:00-19:00

KURS: TSRT19 Reglerteknik

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Svante Gunnarsson, tel. 013-281747,070-3994847

BESÖKER SALEN: cirka kl. 15:00, 16:30 och 18:00

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

TILLÅTNA HJÄLPMEDEL:

1. *T. Glad & L. Ljung*: "Reglerteknik. Grundläggande teori"
2. Tabeller och formelsamlingar, t.ex.:
   L. Råde & B. Westergren: "Mathematics handbook",
   C. Nordling & J. Österman: "Physics handbook",
   S. Söderkvist: "Formler & tabeller"
3. Miniräknare utan färdiga program

Normala inläsningsanteckningar får finnas i böckerna.

LÖSNINGSFÖRSLAG: Finns på kursens websida efter skrivningens slut.

VISNING av tentan äger rum 2016-11-17, kl. 12.30–13.00 i Ljungeln, B-huset, ingång 27, A-korridoren till höger.

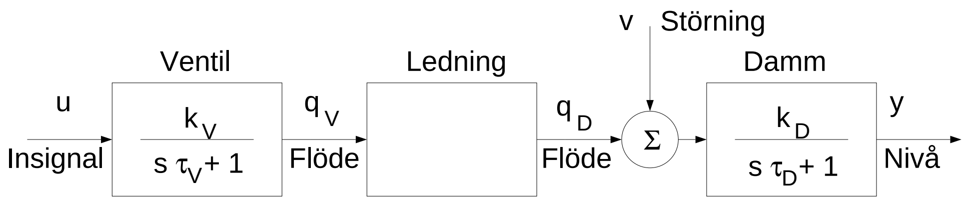
PRELIMINÄRA BETYGSGRÄNSER:	betyg 3	23 poäng
	betyg 4	33 poäng
	betyg 5	43 poäng

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

Lycka till!

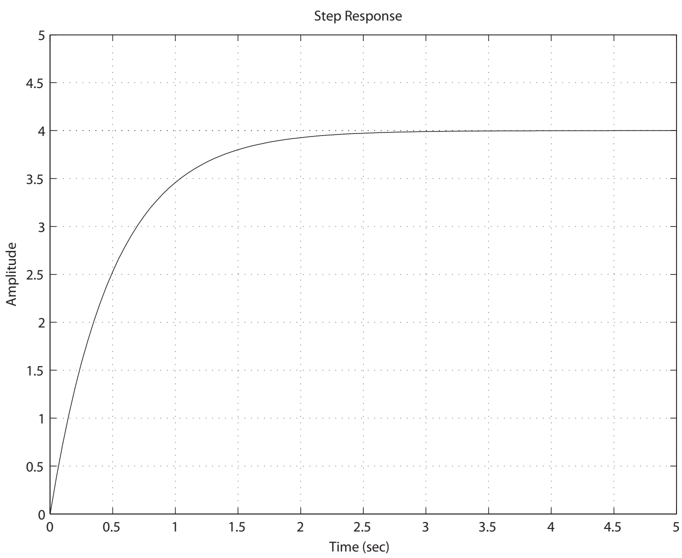
OBS! I denna tenta studeras samma system i alla uppgifter, men varje uppgift kan lösas var för sig, d v s man behöver **INTE** ha gjort uppgift 1 för att klara av övriga uppgifter.

1. En förenklad beskrivning av ett system för reglering av vattennivån i en damm ges av Figur 1.



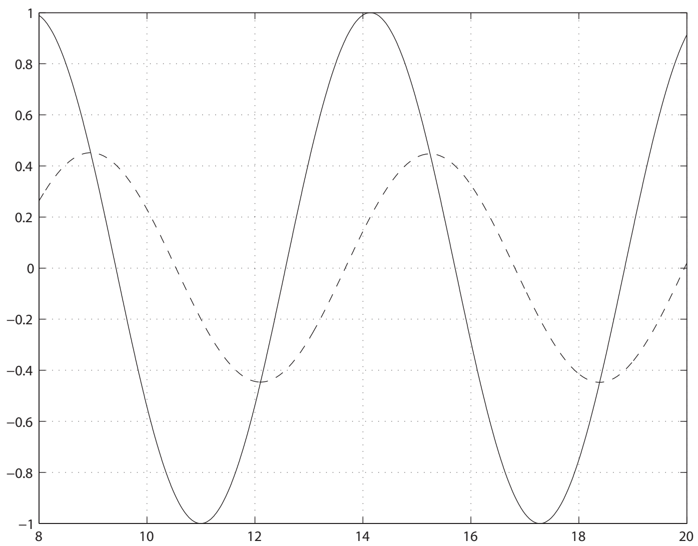
Figur 1: System

(a) Antag att insignalen $u(t)$ till ventilen är ett steg med amplitud 2. Det resulterande flödet $q_V(t)$ ges av figuren nedan. Ange koefficienterna k_V och τ_V. (3p)



Figur 2: Flöde $q_V(t)$

(b) Antag att flödet in i dammen, $q_D(t)$, varierar sinusformat och att $v(t) = 0$. Figuren nedan visar nivåvariationerna i stationärt tillstånd. Ange k_D och τ_D. (3p)



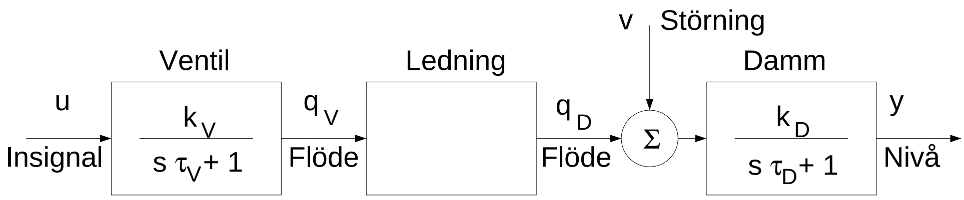
Figur 3: Heldragen: Inflöde $q_D(t)$. Streckad: Nivå $y(t)$.

(c) Antag här att inverkan av ledningen försummas, d v s $q(t) = q_V(t) = q_D(t)$ och att man bortser från störningen $v(t)$. Verifiera att systemet med hjälp av tillståndsvariablerna $x_1(t) = y(t)$ och $x_2(t) = q(t)$ kan beskrivas på tillståndsform som

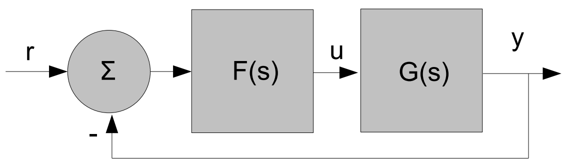
$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\tau_D} & \frac{k_D}{\tau_D} \\ 0 & -\frac{1}{\tau_V} \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_V}{\tau_V} \end{pmatrix} u(t) \qquad y(t) = (1 \;\; 0)x(t)$$

(4p)

2. Betrakta åter systemet bestående av ventilen och dammen.



(a) Antag att nivån regleras med en PI-reglering på formen



Figur 4: Reglersystem

där

$$F(s) = (K_P + K_I \frac{1}{s})$$

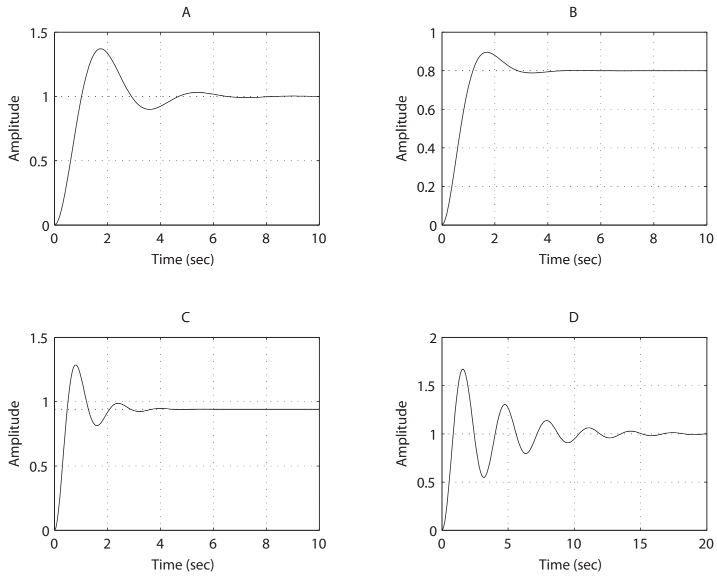
och

$$G(s) = \frac{k_V k_D}{(s\tau_D + 1)(s\tau_V + 1)}$$

Reglersystemet testas för några olika kombinationer av koefficienter i PI-regulatorn. Kombinera stegsvaren i Figur 5 och regulatorkoefficienterna.

- 1: $K_P = 1, K_I = 0$ 2: $K_P = 1, K_I = 1$
- 3: $K_P = 1, K_I = 2$ 4: $K_P = 4, K_I = 0$

(4p)



Figur 5: Stegsvar

(b) Antag att tidskonstanten i ventilen försummas och att överföringsfunktionen från insignal $u(t)$ till nivå $y(t)$ approximeras med

$$G(s) = \frac{10}{3s+1}$$

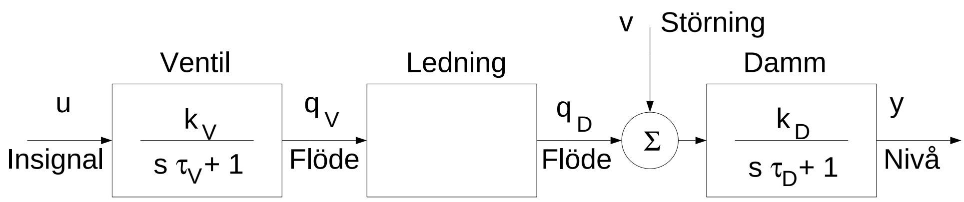
Ange den karakteristiska ekvationen för det återkopplade systemet då denna modell återkopplas med PI-regulatorn i uppgift a). (2p)

(c) Ange hur koefficienterna K_P och K_I måste väljas om man kräver att det återkopplade systemets poler skall uppfylla kraven:

- Absolutbelopp 2.
- Relativ dämpning 0.7.

(4p)

3. På nästa sida visas Bodediagrammet för ventil-dammsystemet, d v s



för fallet $k_V = 5, \tau_V = 1, k_D = 2, \tau_D = 3$. (Ledningen försummas fortfarande).

(a) Antag att insignalen varieras sinusformat enligt $u(t) = \sin t$. Ange $y(t)$ i stationärt tillstånd. (2p)

(b) Beräkna en regulator på formen

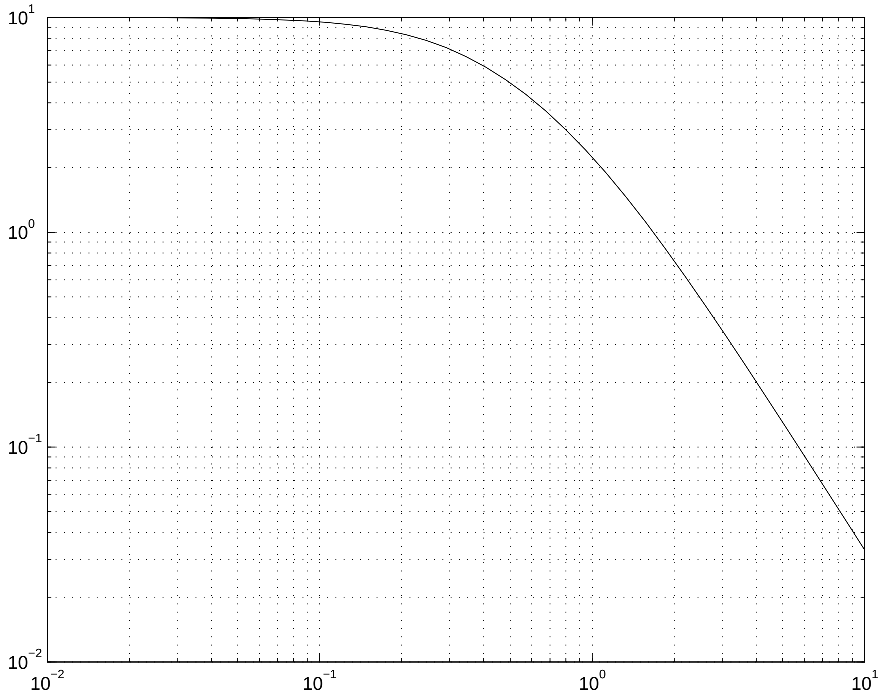
$$U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$$

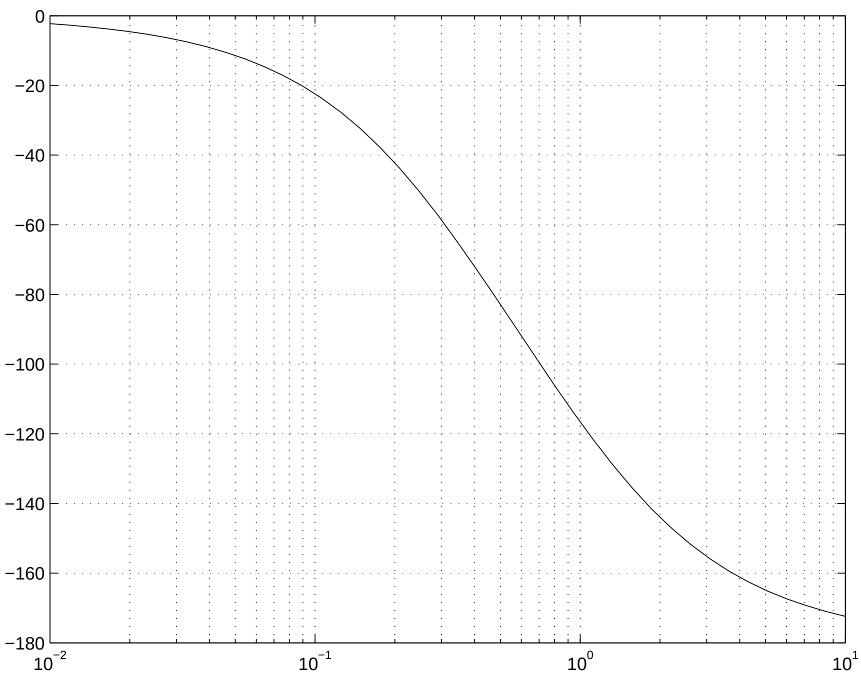
sådan att reglersystemet uppfyller följande krav:

- Det stationära reglerfelet $e(t)$ ska (till absolutbeloppet) vara mindre än 0.01 när referenssignalen är noll och störflödet v in i dammen är ett.
- Skärfrekvens 2 rad/s.
- Fasmarginal 60°.

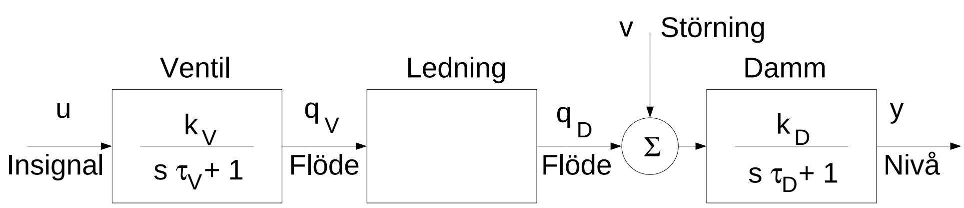
(6p)

(c) Gör en uppskattning av stigtid och översläng för det återkopplade system som erhålls utgående från specifikationerna i uppgift b. Använd gärna figurerna på sid 104 i läroboken. (2p)


10^{1}
10^{0}
10^{-1}
10^{-2}
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}


0
−20
−40
−60
−80
−100
−120
−140
−160
−180
10^{-2}
10^{-1}
10^{0}
10^{1}

4. Betrakta återigen systemet



Enligt uppgift 1 c ges tillståndsmodellen för systemet av

$$\dot{x}(t) = \begin{pmatrix} -\frac{1}{\tau_D} & \frac{k_D}{\tau_D} \\ 0 & -\frac{1}{\tau_V} \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{k_V}{\tau_V} \end{pmatrix} u(t) \qquad y = (1 \;\; 0)x(t)$$

Använd koefficientvärdena $k_V = 5, \tau_V = 1, k_D = 2, \tau_D = 3$.

(a) Ange modellens poler. (2p)

(b) Antag att man kan mäta både flödet $q_V(t)$ och dammnivån $y(t)$. Bestäm en tillståndsåterkoppling på formen

$$u(t) = -Lx(t) + l_0 r(t)$$

sådan att det återkopplade systemets poler placeras i $-\alpha$ och att det återkopplade systemet får statisk förstärkning ett. (5p)

(c) Skissa koefficienterna i återkopplingsvektorn som funktion av α. Vilken praktisk begränsning gör att man inte kan välja α godtyckligt stort? (3p)

5. Teknologerna Ivar och Emma börjar känna sig som experter på att reglera vattennivåer, och medan de lyssnar på The River med Bruce Springsteen och The E Street Band funderar de över robustheten hos de reglersystem de konstruerat. I alla situationer i uppgifterna ovan har de försummat ledningen mellan flödet q_v och flödet q_D. Antag nu att systemet i verkligheten kan beskrivas

$$G^0(s) = G(s)\frac{1}{\alpha s + 1}$$

där $\alpha \geq 0$, och

$$G(s) = \frac{k_V k_D}{(s\tau_D + 1)(s\tau_V + 1)}$$

   (a) Ange det relativa modellfelet $\Delta G(s)$. (2p)

   (b) Gör en skiss av kurvan

   $$\frac{1}{\mid \Delta G(i\omega) \mid}$$

   Vilket värde går kurvan mot då $\omega \to \infty$? Hur påveras kurvans egenskaper av värdet på α? (4p)

   (c) Antag att vi konstruerar en regulator $F(s)$ utgående från modellen $G(s)$ ovan. Hur stort får maxvärdet hos $\mid G_C(i\omega) \mid$ vara som högst, om man med hjälp av robusthetskriteriet i boken ska kunna garantera stabilitet hos det återkopplade systemet, för alla $\alpha \geq 0$, då regulatorn $F(s)$ används på systemet $G^0(s)$? (4p)