

Reglerteknik AK, FRTF05

Tentamen 28 oktober 2024 kl 14–19

Poängberäkning och betygssättning

Lösningar och svar till alla uppgifter skall vara klart motiverade. Tentamen omfattar totalt 50 poäng. Poängberäkningen finns markerad vid varje uppgift.

Betyg 3: lägst 24 poäng

4: lägst 34 poäng

5: lägst 44 poäng

Tillåtna hjälpmedel

Matematisk tabellsamling (TEFYMA eller motsvarande), institutionens formelsamling i reglerteknik, samt icke förprogrammerade räknare.

Tentamensresultat

Resultatet rapporteras via Ladok. Facit kommer vara tillgängligt via Canvas. Tid och plats för tentavisning meddelas via Canvas.

1. Ett system ges av $Y(s) = G(s)U(s)$ med

$$G(s) = \frac{2}{s+1} - \frac{3}{s+3}$$

- a. Beräkna systemets stegsvar $y(t)$, (dvs då insignalen är $u(t) = \theta(t)$). (2 p)
- b. Beräkna systemets poler och nollställen och sätt ut dessa i ett singularitetsdiagram (2 p)
- c. Ange en tillståndsbeskrivning

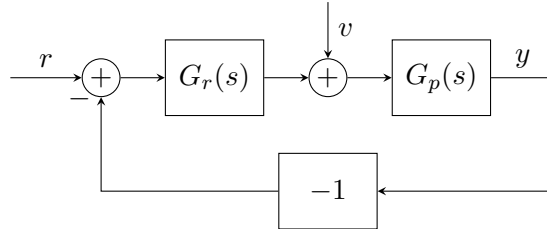
$$\begin{aligned}\dot{x} &= Ax + Bu \\ y &= Cx\end{aligned}$$

för systemet (2 p)

2. En mindre duktig ingenjör har misslyckats i sin konstruktion av ett kritiskt processteg i en nybyggd syltfabrik. Detta har resulterat i en instabil process. Ingenjörernas mer kompetenta kollega har lyckats härleda en modell av processen

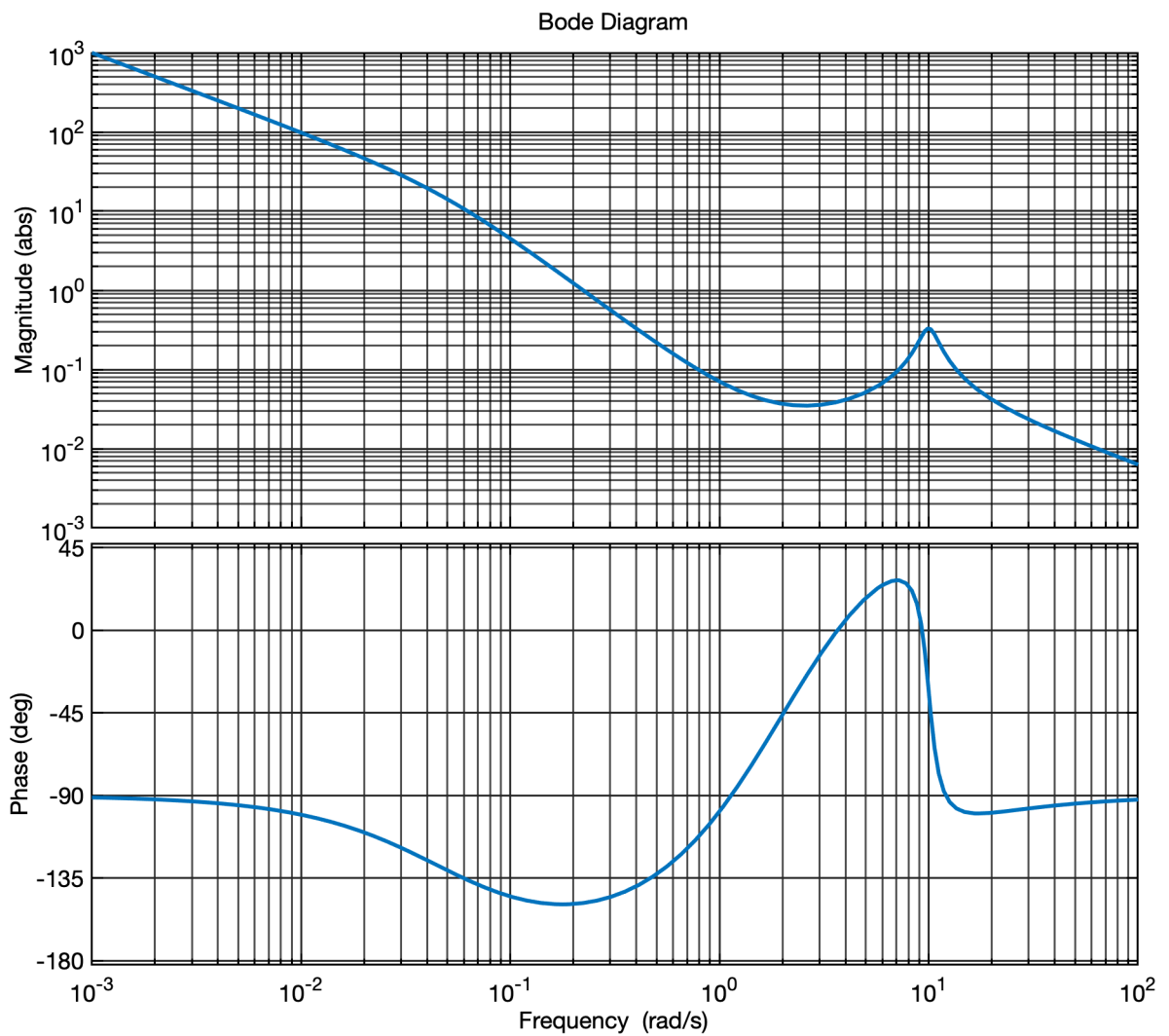
$$G_p(s) = \frac{1}{s-3}$$

och hyser gott hopp om att processen skall kunna stabiliseras med en PI-regulator $G_r(s) = K \left(1 + \frac{1}{sT_i}\right)$, i enlighet med blockdiagrammet i figur 2.



Figur 1 Blockdiagram för process i uppgift 2.

- a. Rädda Nordens syltförsörjning genom att bestämma alla parametrar $K > 0$ och $T_i > 0$ för vilka PI-regulatorn stabiliserar processen. (4 p)
- b. Beräkna det stationära felet då den PI-reglerade processen utsätts för en laststörning i form av en ramp, $v(t) = t$. Systemet börvärde antas vara $r = 0$. (4 p)



Figur 2 Bodediagram i uppgift 3.

3. En servomotor har ett Bodediagram enligt figur 2.
- Använd Bodediagrammet för att bestämma vad utsignalen $y(t)$ blir efter det att eventuella transienter avklingat, då insignalen är $u(t) = \sin(0.1t)$. (2 p)
 - Vad blir fasmarginalen om motorn återkopplas med en P-regulator med förstärkningen $K = 0.1$? (2 p)
 - Förklara varför Ziegler-Nichols självvängningsmetod för inställning av PID-parametrar inte kommer gå att använda för ett system med detta Bode-diagram. (2 p)

4. Antag vi har ett system

$$\dot{x} = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 1 & -1 \end{pmatrix} x + \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix} u,$$

$$y = \begin{pmatrix} 0 & 1 \end{pmatrix} x.$$

- a. Avgör om systemet är styrbart (2 p)
- b. Avgör om systemet är observerbart (2 p)
- c. Designa en tillståndsåterkopplingsregulator på formen

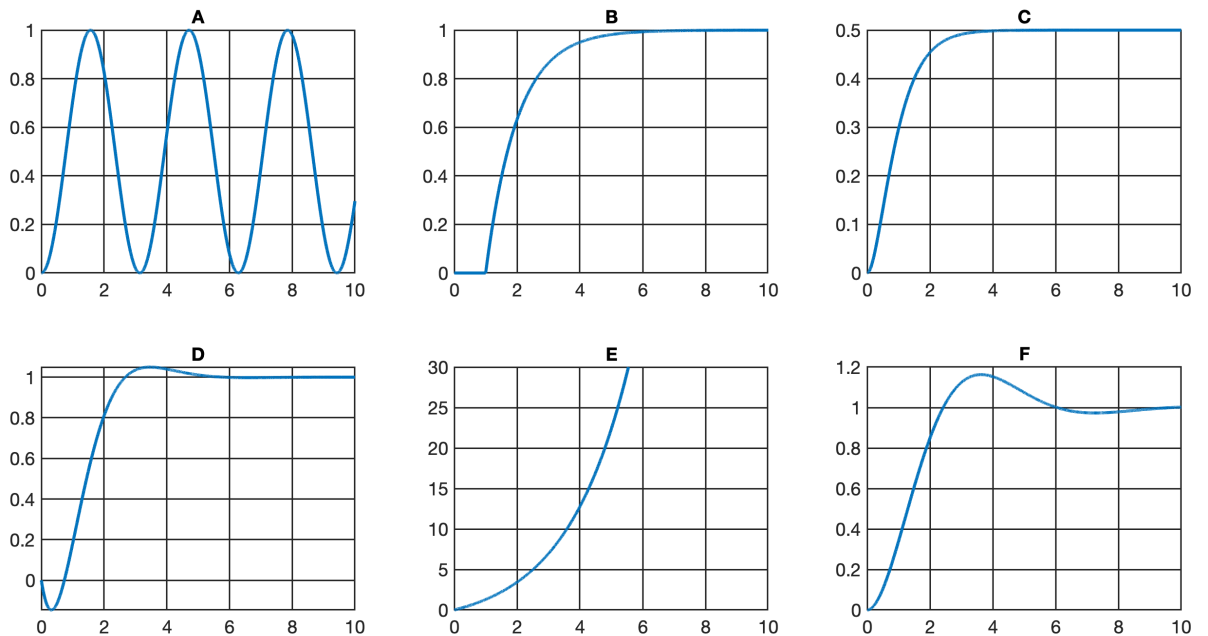
$$u = -Kx + k_r r$$

Det slutna systemet ska ha en pol i $s = -1$ och en pol i $s = -2$ och det ska inte uppstå något stationärt fel. (6 p)

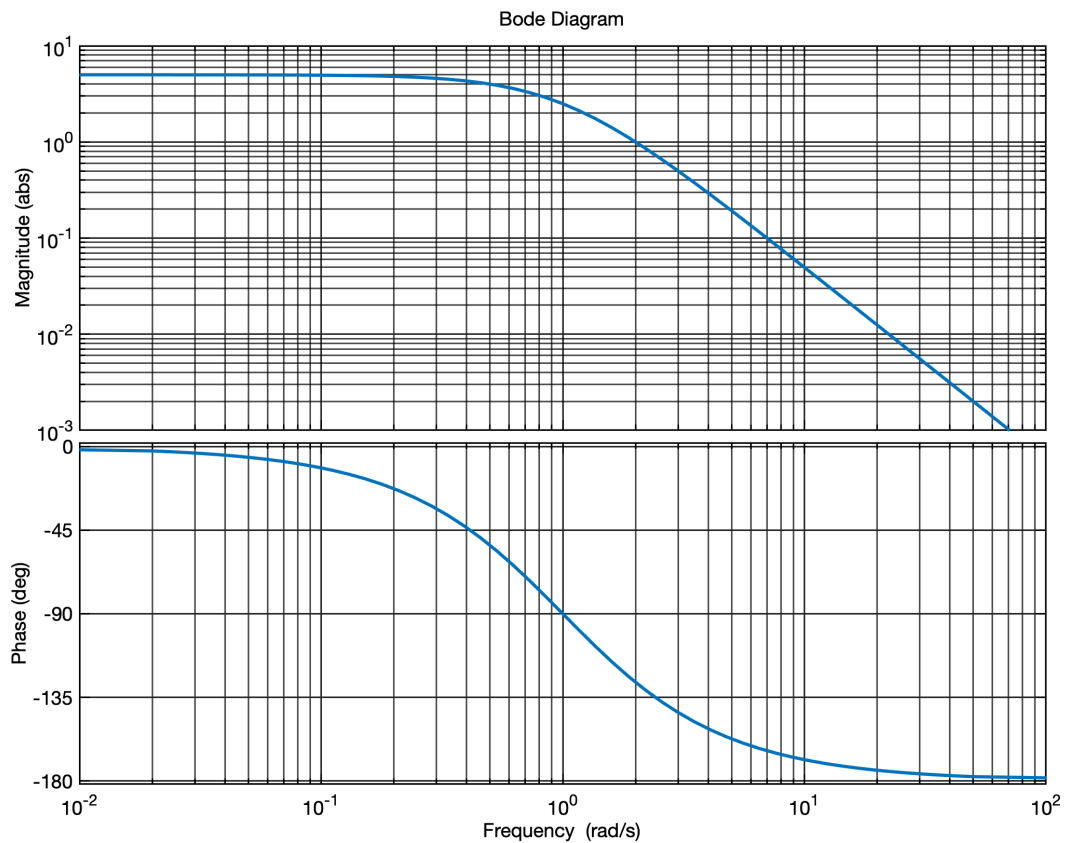
5. Para ihop överföringsfunktionerna G_1 till G_4 med stegsvaren A till F i figur 3 (två figurer blir över). Glöm inte motivera svaret. (4 p)

$$G_1(s) = \frac{e^{-s}}{s+1}, \quad G_2(s) = \frac{2-s}{s^2+2s+2},$$

$$G_3(s) = \frac{2}{s^2+4}, \quad G_4(s) = \frac{1}{s^2+s+1}$$



Figur 3 Stegsvvar i uppgift 5.



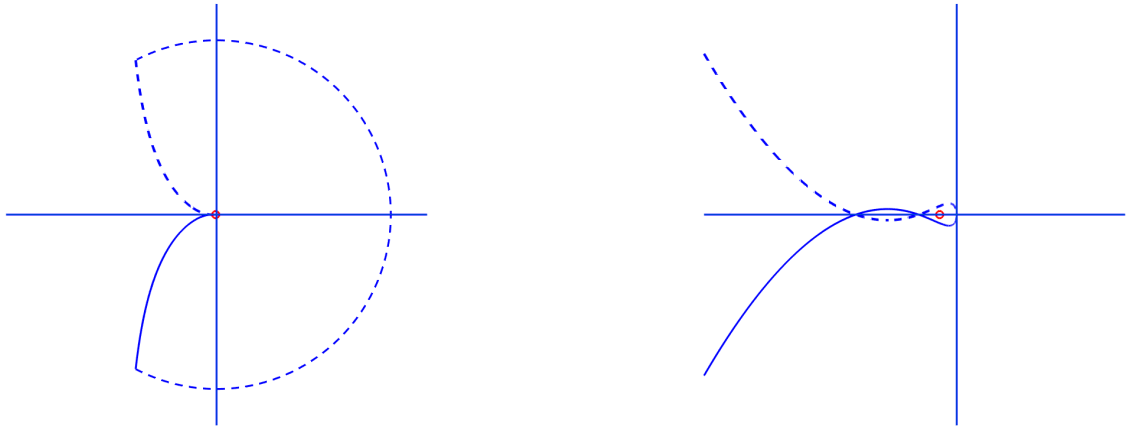
Figur 4 Bodediagram i uppgift 6.

6. Teknologerna Truls och Trula har ett system vars Bodediagram visas i figur 4.
- Trula vill göra systemet snabbare och funderar därför på att koppla in en kompensering. Ska hon välja en fasavancerande eller en fasretarderande länk? (1 p)
 - Trula skulle vilja ha systemet 5 gånger så snabbt. Vilken skärfrekvens ω_c ska hon då ha på sitt nya system? (1 p)
 - Truls läser i föreläsninganteckningarna och tycker det verkar krångligt att designa en kompensering. Han hävdar att det räcker med att Trula ökar förstärkningen med en konstant K för att öka snabbheten. Vilket K skulle behövas för att ge önskad skärfrekvens? (2 p)
 - Vad finns det för nackdel med Truls sätt att lösa uppgiften? (2 p)
 - Systemet i figur 4 har överföringsfunktionen

$$G_p(s) = \frac{b}{(s+a)^2}$$

Bestäm parametrarna b och a från Bodediagrammet. (2 p)

- Hjälp Trula att designa en kompensering som gör systemet 5 gånger så snabbt och som ger fasmarginal 45 grader. (4 p)



Figur 5 Nyquistkurvan i uppgift 7.

7. I figur 5 skissas (hela) Nyquistkurvan för systemet

$$G_0(s) = \frac{(s+6)^2}{s(s+1)^2}$$

För att se vad som händer nära origo ges även en förstord bild. Punkten -1 är markerad med en liten röd cirkel.

- a. Man ser att Nyquistkurvan skär negativa reella axeln i två punkter. Beräkna dessa punkter! (2 p)

Numerisk ledtråd: Polynomet $\omega^4 - 13\omega^2 + 36$ har rötterna $\omega = \pm 2$ och $\omega = \pm 3$.

Om Du inte klarar att lösa förra deluppgiften så kan du anta i nästa deluppgift att skärningspunkterna med reella axeln är -5 och -2 (vilket dock inte är rätt.)

- b. Systemet G_0 återkopplas med en P-regulator, $u = -Ky$. Bestäm vilka förstärkningar $K > 0$ som ger ett asymptotiskt stabilt slutet system. (2 p)