

TENTAMEN I REGLERTEKNIK

SAL: U14, U4, U10,U11,U6,U7,R41,U15

TID: 07 juni 2016, klockan 14 - 19

KURS: TSRT19

PROVKOD: TEN1

INSTITUTION: ISY

ANTAL UPPGIFTER: 5

ANSVARIG LÄRARE: Johan Löfberg, 070-3994847

JOURLÄRARE SOM BESÖKER SALEN: Inger Klein, 013-281747,070-3994847

BESÖKER SALEN: 15:00, 16:30, 18:00

KURSADMINISTRATÖR: Ninna Stensgård, tel 013-284725, ninna.stensgard@liu.se

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

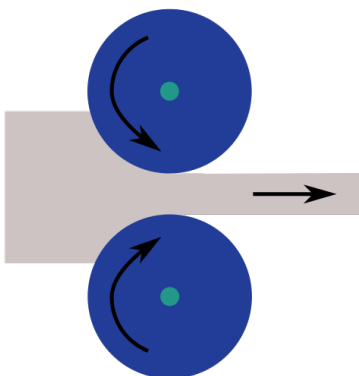
LÖSNINGSFÖRSLAG: Anslås på kursens hemsida.

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.

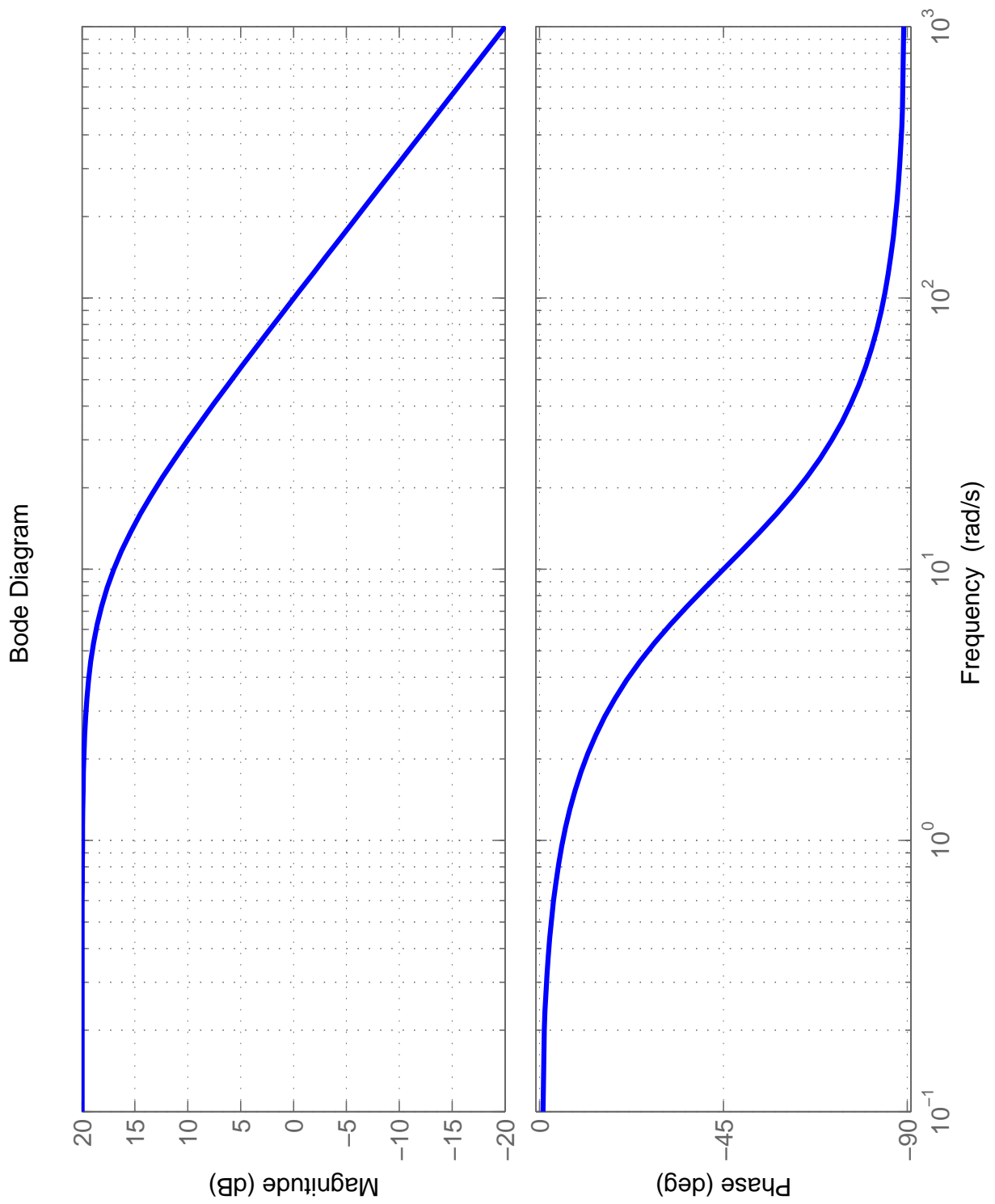
Lycka till!

1. (a) I ett valsverk pressas plåt till lämplig tjocklek genom att plåten drivs genom kraftansatta rullar som roterar med konstant hastighet. Beskriv problemet ur ett reglertekniskt perspektiv med referenssignal $r(t)$, mätsignal $y(t)$, insignal $u(t)$, (3p)



Figur 1: Valsverk i uppgift 1a

- (b) Regulatorn $F(s) = 10 + 0.1 \frac{s}{0.01s+1}$ är given. Förklara vad för regulator detta är. (1p)
- (c) Vad är huvudsyftet med att lägga till I-verkan i en regulator, dvs lägga till en term proportionell mot $\int_0^t e(\tau) d\tau$ på styrsignalen (1p)
- (d) I Figur 2 visas Bodediagrammet för ett system $G(s)$. Baserat på figuren, ge ett välmotiverat förslag på överföringsfunktionen $G(s)$ (2p)
- (e) Systemet $G(s)$ i Figur 2 / uppgift (d) drivs med en insignal $u(t) = \sin(10t)$. Vad blir utsignalen asymptotiskt? (2p)



Figur 2: Bodediagram för $G(s)$ i uppgift 1d och 1e.

2. I Figur 3 visas 4 rotorter A, B, C, D för slutna system som beror på en regulatorförstärkning K i en P-regulator. Det är alltså olika öppna system $G(s)$ i de olika rotorterna, men samma regulatorstruktur.

(a) Red ut stabilitetsegenskaperna för de slutna system m.a.p K . (4p)

(b) Har $G(s)$ en pol i origo (dvs kan integralverkan erhållas) för något av fallen? (1p)

(c) Vad är ordningstalen på nämnare och täljare i de öppna systemen $G(s)$? (2p)

(d) Antag att man missat att modellera att utsignalen lågpasfiltreras innan den används i regulatorn, dvs öppna systemet ges ej av $Y(s) = G(s)U(s)$ utan av $Y(s) = \frac{1}{sT+1}G(s)U(s)$. För vilka av de fyra systemen kan man garantera att slutna systemet är stabilt då $K \rightarrow \infty$? (3p)

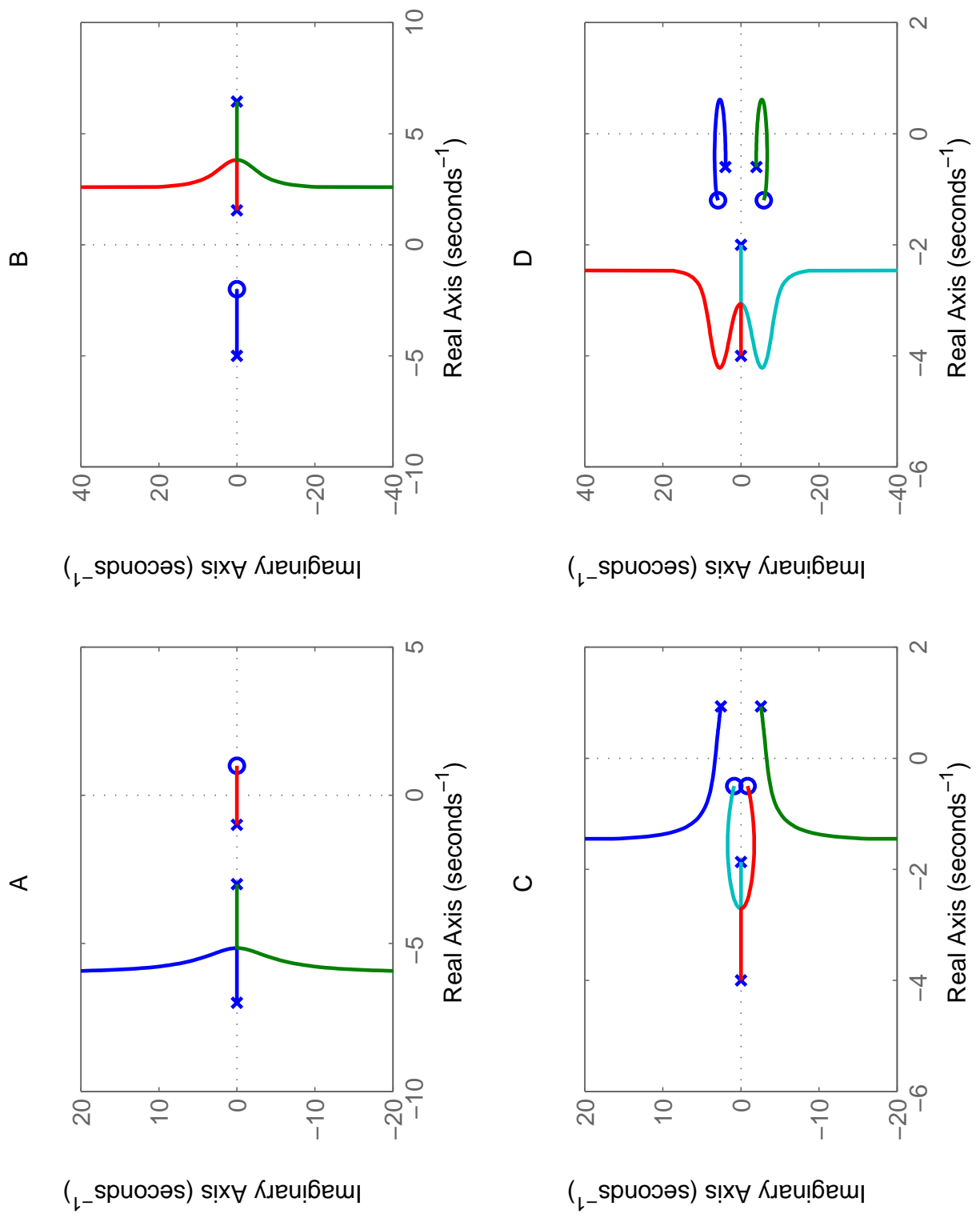


Figure 3: Rotorter uppgift 2.

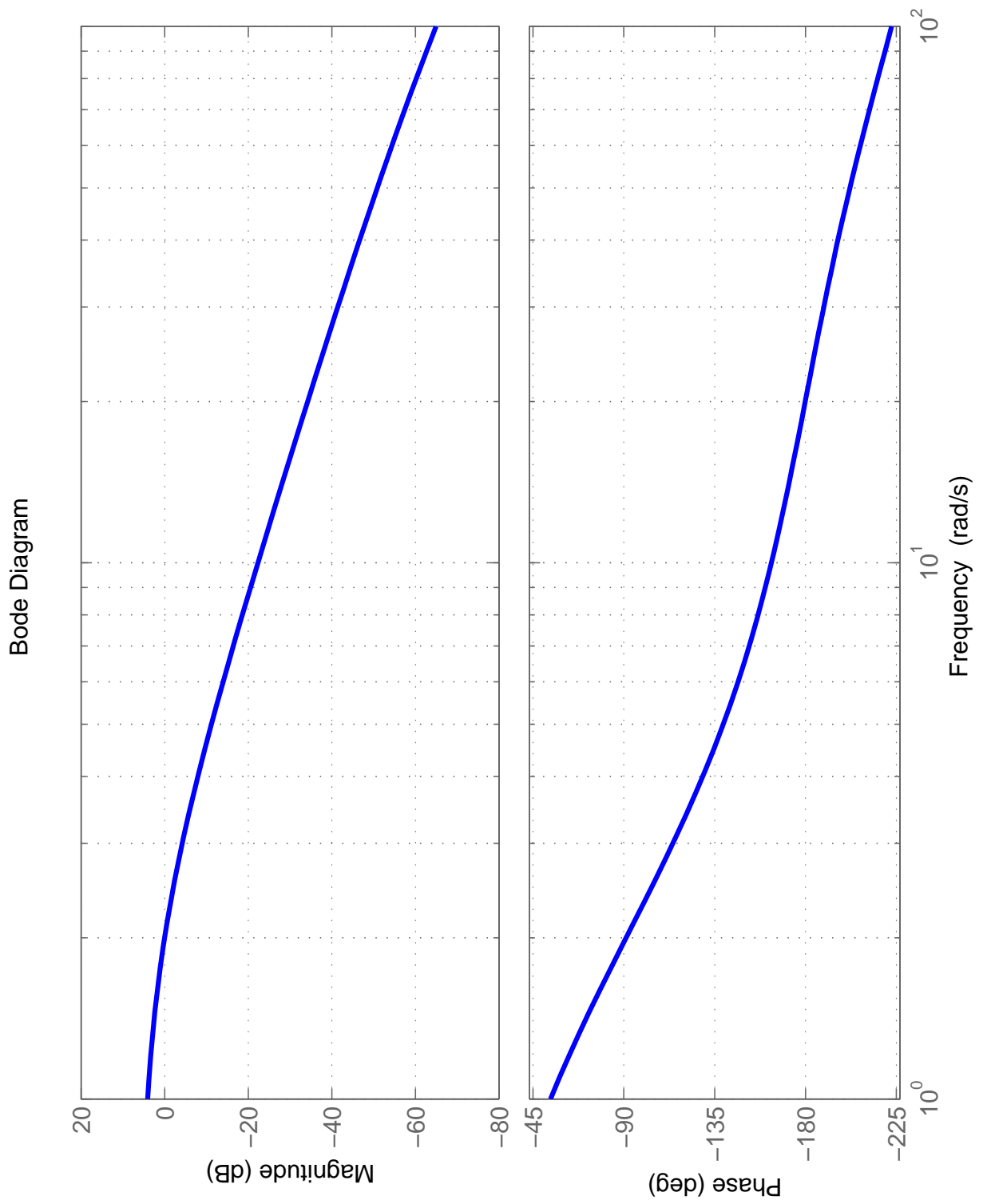
3. Ett system är givet i tillståndsform

$$\begin{aligned}\dot{x}(t) &= \begin{pmatrix} -2 & -2 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} x(t) + \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \end{pmatrix} u(t) \\ y(t) &= (0 \ 3) x(t)\end{aligned}$$

- (a) Antag att man genom återkoppling vill skapa ett slutet system som är dubbelt så snabbt som det öppna systemet. Var skall polerna placeras för att detta skall åstadkommas? (2p)
- (b) Beräkna en tillståndsåterkoppling samt framkoppling av referenssignal, så att polerna för det slutna systemet placeras enligt din lösning i föregående uppgift och konstanta referenssignaler följs utan statiskt reglerfel. Om du inte lyckats lösa (a) så kan du placera polerna i $-3 \pm i$. (5p)
- (c) Antag att utsignalen även är lågpasfiltrerad, dvs den faktiska utsignalen från systemet är $y_m(t)$ där vi har att $Y_m(s) = \frac{1}{s+1}Y(s)$. Skriv upp tillståndsmodellen för det öppna system som har $u(t)$ som insignal och $y_m(t)$ som utsignal. (3p)

4. Systemet $G(s) = \frac{8}{(s+2)^2(1+s/100)}$ skall regleras med en regulator, $U(s) = F(s)(R(s) - Y(s))$. Bodediagram för $G(s)$ är givet i Figur 4.

- (a) Antag att man vill använda en P-regulator $F(s) = K$. Vilken förstärkning skall användas för att man skall erhålla en fasmarginal på 45° , och vilken skärfrekvens får man då? (2p)
- (b) Skapa en regulator som erhåller en skärfrekvens på 20 rad/s och fasmarginal på 40° . En konstant referenssignal skall kunna följas med ett fel på maximalt 2%. Regulatorn får ej ha högre lågfrekvensförstärkning än vad som krävs för att kunna uppfylla specifikationerna. (6p)
- (c) Hur stor tidsfördröjning vid beräkning av styrsignalen kan man som mest acceptera innan systemet blir instabilt då regulatorn i uppgift (b) används? (2p)



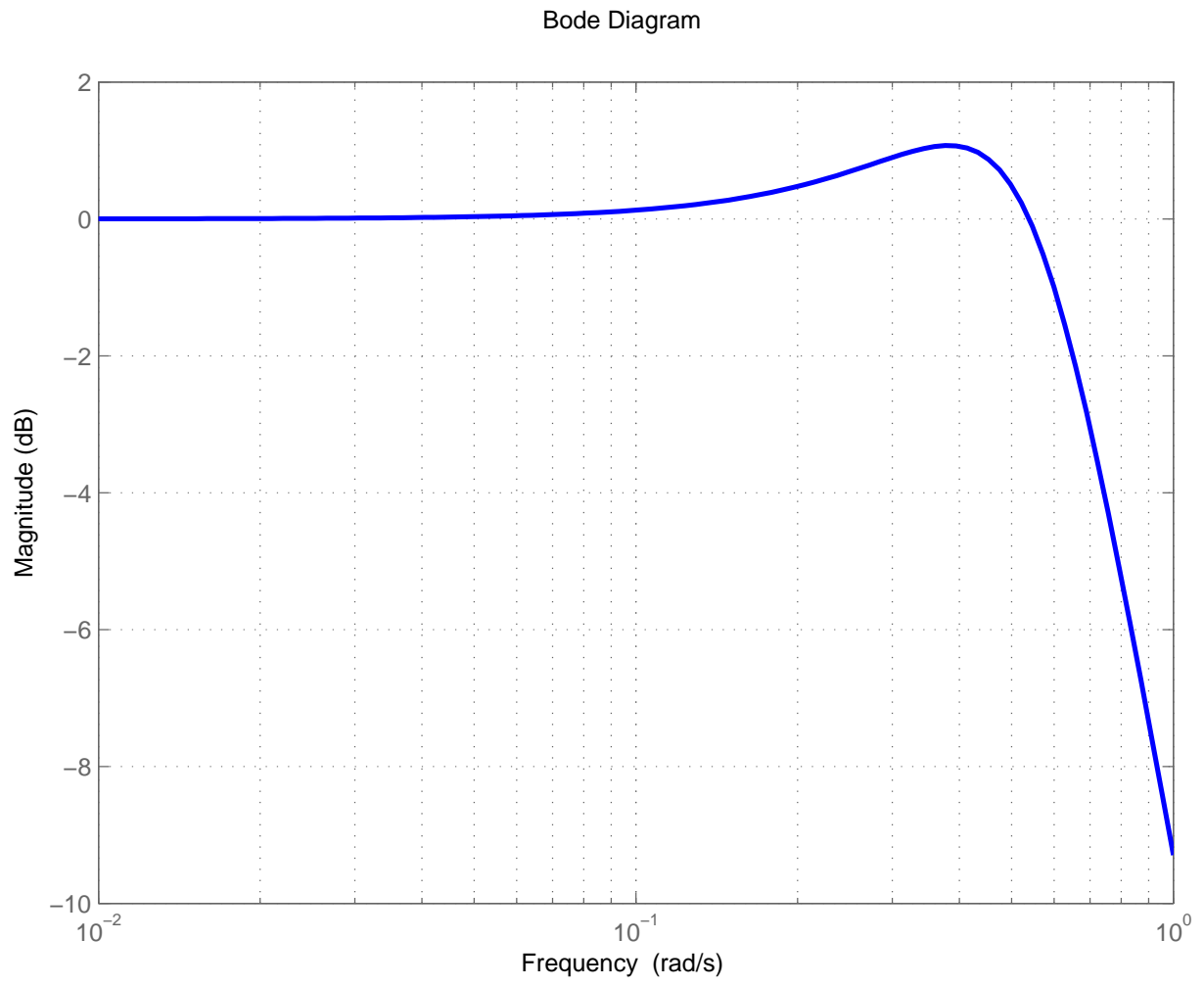
Figur 4: Bodediagram i uppgift 4

5. Med hjälp av modellen $G(s) = \frac{2}{s^3+7s^2+4s}$ har man tagit fram en P-regulator med $K_P = 1$ som ger ett stabilt slutet system. Komplementära känslighetsfunktionen $T(s)$ visas i Figur 5.

(a) Det sanna systemet $G^0(s)$ skiljer sig från modellen och ges av $G^0(s) = \frac{2+\gamma}{s^3+7s^2+4s}$. För vilka värden på γ kan man enligt robusthetskriteriet garantera att det slutna systemet som fås när $G^0(s)$ återkopplas med den valda P-regulatorn också är stabilt? (4p)

(b) Antag att osäkerheten är frekvensberoende och att det verkliga systemet ges av $G^0(s) = \frac{2+\gamma(1+s\alpha)}{s^3+7s^2+4s}$ där både γ och α är okända. Vad är det relativa modellfelet? I vilka frekvensområden är man osäker på modellen? (2p)

(c) Utred kvalitativt för vilka kombinationer av γ och α robusthetskriteriet fortfarande garanterar stabilitet. (4p)



Figur 5: Bodediagram för $T(s)$ i uppgift 5.