Prüfung zur Systemtheorie und Regelungstechnik I, Universität Freiburg, SoSe 2020 (Prof. Dr. M. Diehl)

Mikroklausur 4 am 28.07.2020

Name: Matrikelnummer: Punkte: /9

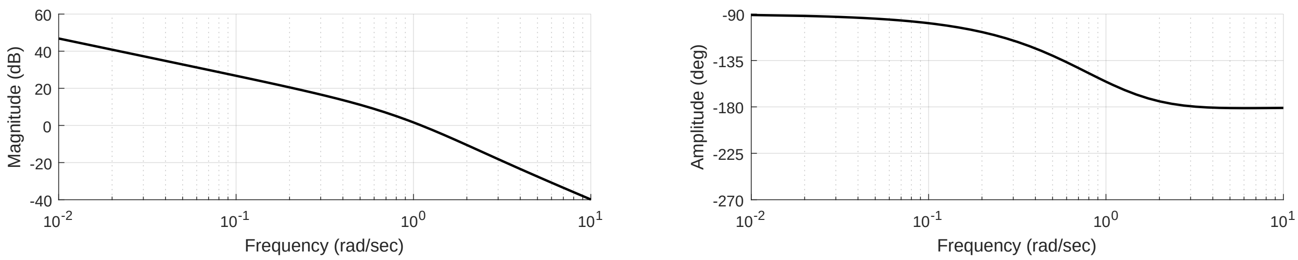
Füllen Sie bitte Ihre Daten ein und machen Sie jeweils genau ein Kreuz bei der richtigen Antwort. Sie dürfen Extrapapier für Zwischenrechnungen nutzen, aber bitte geben Sie am Ende nur dieses Blatt ab. Richtige Antworten zählen 1 Punkt, falsche, keine oder mehrere Kreuze 0 Punkte.

1. Ein LTI-System wird durch die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{3s+4}{(s+2)(s+5)}$ beschrieben. Betrachten Sie den Regler $K(s) = \frac{s+5}{s+4}$. Was können wir über die Eingang/Ausgangs (E/A) Stabilität und die innere (I) Stabilität des geschlossenen Kreises sagen?

(a) [x] E/A-stabil, I-stabil	(b) [ ] E/A-stabil, I-instabil
(c) [ ] E/A-instabil, I-instabil	(d) [ ] E/A-instabil, I-stabil

Da durch den Regler in der offenen Kette kein instabiler Pol gekürzt wird, ist E/A-Stabilität äquivalent zu I-Stabilität (Vgl. Lunze, Regelungstechnik 1 (In 9. Auflage: Abschnitt 8.4.2 Innere Stabilität von Regelungssystemen)). Polstellen des geschlossenen Kreises bestimmen: $p_{1,2} = -\frac{9}{2} \pm \frac{\sqrt{32}}{2} < 0 \Rightarrow$ E/A-stabil $\Rightarrow$ I-stabil.

2. Betrachten Sie das folgende Bode Diagramm.

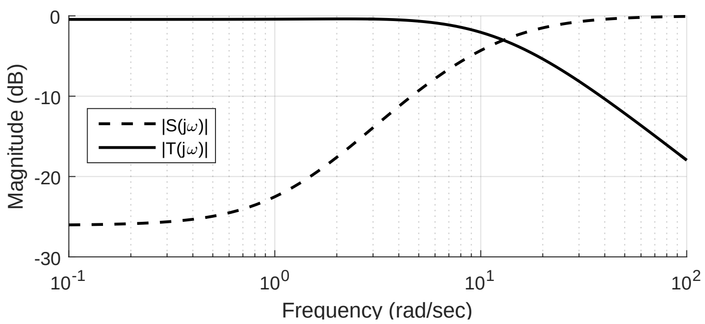


Das System hat die folgende Phasenreserve:

(a) [ ] keine	(b) [ ] 160 deg	(c) [x] 20 deg	(d) [ ] -160 deg

Das Amplitudendiagramm schneidet bei $\omega \approx 1,1 \ \frac{rad}{s}$ die 0 dB-Linie. Im Phasendiagramm ist nun die Phasenreserve abzulesen (Differenz der Phase zu -180 deg): $\Phi_R = 20 \ \text{deg}$

3. Der geschlossene Kreis eines geregelten LTI-Systems wird durch die Sensitivitätsfunktionen $S(j\omega)$ und die komplementäre Sensitivitätsfunktion $T(j\omega)$ beschrieben.



Dieses System hat ein schlechtes Verhalten für

(a) [ ] Störungen mit Frequenz $\omega = 0.3 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	(b) [ ] Messrauschen mit Frequenz $\omega = 95 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$
(c) [x] Referenzsignale mit Frequenz $\omega = 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$	(d) [ ] Referenzsignal mit Frequenz $\omega = 4 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$

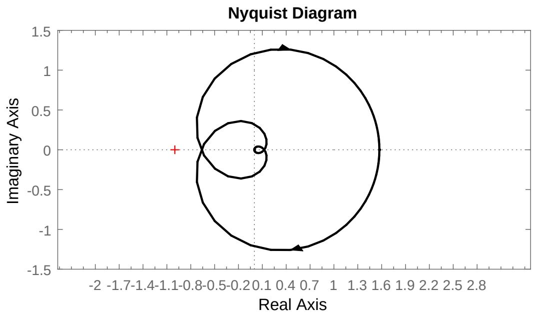
Referenzsignale mit Frequenz $\omega = 100 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$ werden stark gedämpft ($|T(j100 \frac{\text{rad}}{\text{s}})| \approx -18\text{dB}$) $\Rightarrow$ Regler ungeeignet für diese Frequenzen.

4. Welche der folgenden Aussagen über das Wind-Up ist falsch?

(a) [ ] Durch das I-Glied im PID-Regler kann es zu reglerinduzierten Oszillationen kommen.	(b) [ ] Für den P- und den D-Regler ist die Saturation ein marginales Problem.
(c) [ ] Der Integrationsanteil bei einem PI- bzw. PID-Regler kann im ungünstigsten Fall ins Unendliche steigen.	(d) [x] Wind-Up kann durch die geeignete Wahl des Parameters K_D verhindert werden.

Vgl. Skript Abschnitt 10.3 (S. 121ff)

5. Betrachten Sie das folgende Nyquist Diagramm einer stabilen offenen Kette.



Das System hat die folgende Amplitudenreserve:

(a) [x] 1.5	(b) [ ] 0.66	(c) [ ] -0.66	(d) [ ] ∞

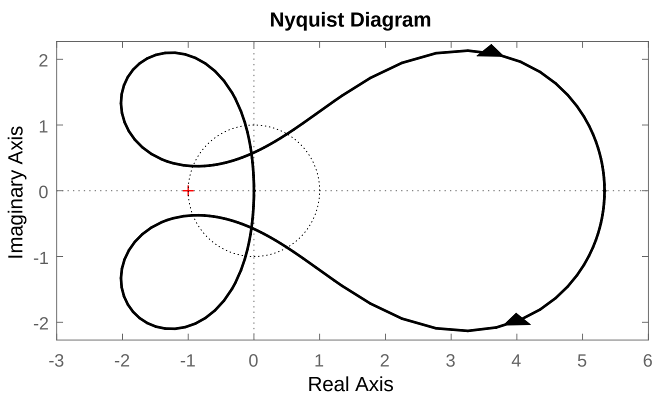
Der Schnittpunkt mit der reellen Achse liegt bei etwa -2/3. Somit ist GM $= \dfrac{1}{|-2/3|} = 1,5.$

6. Betrachten Sie die Systeme $G_1(s) = \frac{1}{s^2+s+3}$ und $G_2(s) = \frac{1}{s^2+0.1s+3}$. Wir definieren die Überschwinghöhe Δh, die statische Verstärkung als $h(\infty)$ und die Abklingzeit als T_ab. Welche der folgenden Aussagen ist falsch?

(a) [ ] $\Delta h_1 < \Delta h_2$	(b) [ ] $h_1(\infty) = h_2(\infty)$	(c) [ ] keine	(d) [x] $T_{\mathrm{ab},1} = T_{\mathrm{ab},2}$

Es handelt sich um zwei PT$_2$-Glieder mit $k_{s,1} = k_{s,2} = \frac{1}{3}$, $T_1 = T_2 = \frac{1}{\sqrt{3}}$ und $d_1 = \frac{\sqrt{3}}{2}$ und $d_2 = 0.1 d_1$. Da es sich in beiden Fällen um oszillierende Dämpfung handelt, aber G_2 schwächer gedämpft ist (bei gleichem T), ist sowohl dessen Überschwinghöhe als auch Abklingzeit größer.

7. Betrachten Sie das folgende Nyquist-Diagramm einer stabilen offenen Kette, in dem außerdem der Einheitskreis eingezeichnet ist.



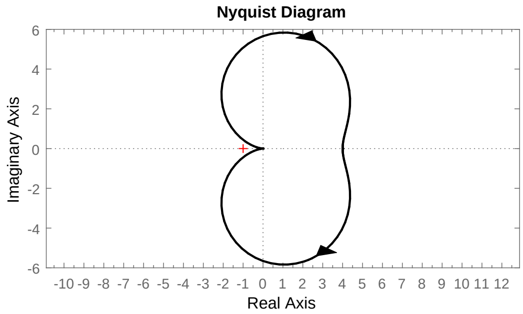
Das System hat die folgende Phasenreserve:

(a) [ ] 50 deg	(b) [ ] keine	(c) [x] 20 deg	(d) [ ] 85 deg

Der nächste Schnittpunkt mit dem Einheitskreis liegt bei 20 deg (bezogen auf die negative reelle Achse).

Somit ist $\Phi_R = 20\ \mathrm{deg}$.

8. Betrachten Sie das folgende Nyquistdiagramm.



Welcher Übertragungsfunktion entspricht es?

(a) ☐ $\frac{s^2+8}{s^2+s+2}$	(b) ☒ $\frac{8}{s^2+s+2}$	(c) ☐ $\frac{4s}{s^2+s+1}$	(d) ☐ $\frac{1}{s^2+s+2}$

Polüberschuss = 2 (Nähert sich dem Ursprung von links)

Statische Verstärkung = 4

$$\Rightarrow G(s) = \frac{8}{s^2+s+2}$$

9. Ein LTI-System wird durch die Übertragungsfunktion $G(s) = \frac{s^3+2}{(s+2)(s+3)}$ beschrieben. Wenn der Regler $K(s) = 1+s$ benutzt wird, ist die Sensitivitätsfunktion $S(s)$ gegeben durch

(a) ☒ $\frac{s^2+5s+6}{s^4+s^3+s^2+7s+8}$	(b) ☐ $\frac{(s+2)(s+3)}{s^3+s^2+7s+8}$	(c) ☐ $\frac{(s+2)(s+3)}{s^4+s^3+2+2s}$	(d) ☐ $\frac{s^2+5s+6}{3s^2+5s+10}$

$$G_0(s) = K(s)G(s) = \frac{(1+s)(s^2+2)}{(s+2)(s+3)}$$

$$S(s) = \frac{1}{1+G_0(s)} = \frac{1}{1+\frac{(1+s)(s^2+2)}{(s+2)(s+3)}} = \frac{s^2+5s+6}{s^4+s^3+s^2+7s+8}$$