Übungsaufgaben zur Vorlesung Regelungssysteme – Sommersemester 2021

Übung 7: Matlab-Übung zum Nyquist-Kriterium/Reglerentwurf

Prof. Dr. Philipp Rostalski
Institut für Medizinische Elektrotechnik
Universität zu Lübeck

A 7.1: Stabilitätsuntersuchung des geschlossenen Kreises

Untersuchen Sie die Stabilität eines mittels P-Reglers geschlossenen Kreises anhand des Nyquistkriteriums und geben sie alle Werte der Verstärkung k_p an, die zu einem stabilen Regelkreis führen. Die betrachteten Übertragungsfunktionen des offenen Kreises lauten:

a) $G(s) = \dfrac{1}{(s+1)(s+2)}$

b) $G(s) = \dfrac{s}{(s+1)(s+2)}$

c) $G(s) = \dfrac{1}{s(s+1)(s+2)}$

d) $G(s) = \dfrac{1}{(s-1)(s+2)}$

e) $G(s) = \dfrac{1}{(s+1)(s-2)}$

f) $G(s) = \dfrac{1}{s(s-1)(s+2)}$

g) $G(s) = \dfrac{(s+2)}{s(s-1)}$

Achten Sie ggf. auch auf die besondere Behandlung von Nullstellen auf der imaginären Achse!

A 7.2: Frequenzgang wichtiger Übertragungsfunktionen

Betrachten Sie die Bodediagramm der folgenden Übertragungsfunktionen, welchen als Regler eine besondere Bedeutung zukommt. Überlegen Sie, welche Eigenschaften des Frequenzgangs für einen Regler üblicherweise nützlich und welche ggf. schädlich sein können.

1. P-Regler $K(s) = k_p$
2. PI-Regler $K(s) = k_p \left(1 + \dfrac{1}{T_i s}\right)$
3. PD-Regler $K(s) = k_p \left(1 + T_d s\right)$
4. PID-Regler $K(s) = k_p \left(1 + T_i s + T_d s\right)$
5. LEAD-Regler $K(s) = \dfrac{Ts+1}{\alpha T s + 1}$, mit $\alpha < 1$
6. LAG-Regler $K(s) = \dfrac{Ts+1}{\alpha T s + 1}$, mit $\alpha > 1$

A 7.3: Reglerentwurf im Frequenzbereich(Matlabübung)

Laden Sie sich die Datei `G_heim.p` von der Moodle-Seite herunter und führen Sie die Funktion in Matlab durch Eingabe von `G_heim(K)` aus, wobei `K` der von Ihnen gewählte Regler ist. Auf dem Bildschirm entsteht ein Bodediagramm eines unbekannten Systems, dass nun mit Hilfe eines dynamischen Reglers $K(s)$ geregelt werden soll. Das Bodediagramm ist außerdem in Abb. 1 dargestellt.

1. Wie muss die statische Verstärkung der offenen Kette verändert werden, so dass der geschlossene Kreis eine bleibende Regelabweichung von unter 5% als Antwort auf einen Einheitssprung besitzt? Bestimmen Sie hieraus $K(0)$.
2. Bestimmen Sie nun einen dynamischen Regler, so dass die Phasenreserve mindestens $60°$ beträgt. (Die Phasenreserve ist für stabile offene Kreise definiert, als der Abstand der Phase bei der Durchtritts- oder CrossOver-Frequenz und $180°$.)
3. Was passiert mit Ihrem Regelkreis, wenn die bleibende Regelabweichung statt mit dem Wert $K(0)$ aus Aufgabenteil a) mit Hilfe eines zusätzlichen I-Anteils in Ihrem Regler reduziert wird?

A 7.4: Reglerentwurf im Frequenzbereich 2 (Matlabübung)

Gegeben ist das Bodediagramm aus Abb. 2 für das ansonsten unbekannte System $G(s)$. Das System soll mit Hilfe eines dynamischen Reglers $K(s)$ geregelt werden.

1. Bestimmen Sie die Anzahl n der Integratoren des Systems und bestimmen Sie dann die statische Verstärkung des Systems $G'(s) = s^n G(s)$, d.h. des Teilsystems ohne Integratoren.
2. Wie muss die statische Verstärkung der offenen Kette verändert werden, so dass der geschlossene Kreis eine bleibende Regelabweichung von unter 2% als Antwort auf eine Einheitsrampe besitzt? Bestimmen Sie hieraus $K(0)$.
3. Analysieren Sie die resultierende Bandbreite und Phasenreserve des geschlossenen Regelkreises mit der von Ihnen bestimmten Verstärkung im Vergleich zu einer Verstärkung von $K(s) = 1$.
4. Bestimmen Sie nun einen Phase-Lag Kompensator, so dass die Phasenreserve mindestens $60°$ beträgt. Die Bandbreite des geschlossenen Regelkreises soll im Vergleich zur Regelung mit $K(s) = 1$ nicht verändert werden.

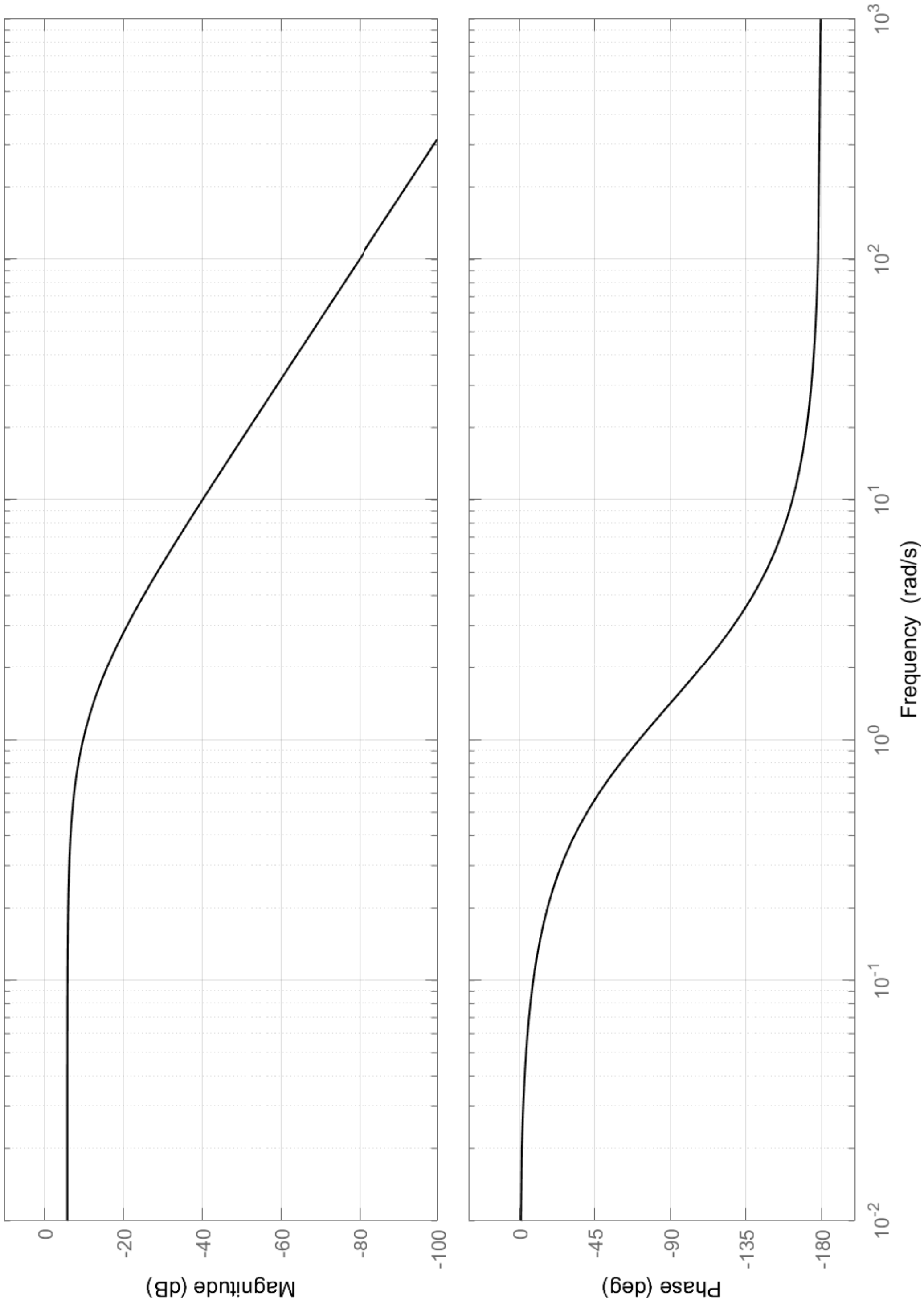

Abbildung 1: Bodediagramm eines unbekannten Systems $G(s)$

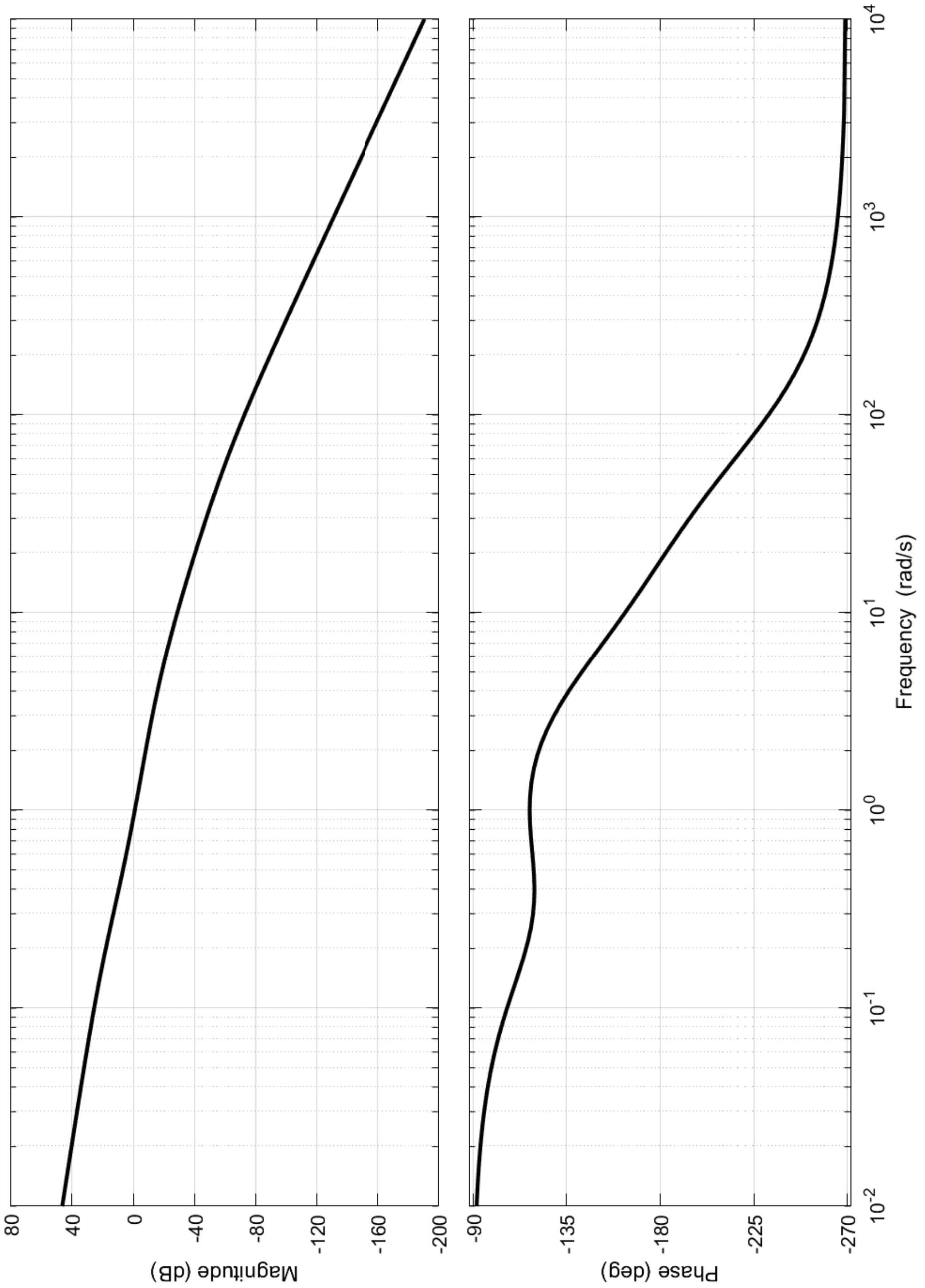

Abbildung 2: Bodediagramm eines unbekannten Systems $G(s)$