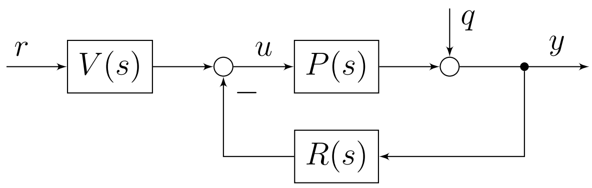
Name: ______________________ **Matr.-Nr.:** ____________

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße r, der Stellgröße u und der Ausgangsgröße y:



Auf den Regelkreis wirkt zusätzlich eine Störung q. Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet

$$P(s) = \frac{1}{s+6}.$$

Es soll der Regler in Form von $R(s)$ und $V(s)$ so entworfen werden, dass der geschlossene Kreis die Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{3}{s^2 + 4s + 3}$$

aufweist und zusätzlich eine sinusförmige Störung mit der Kreisfrequenz $\omega = 3$ sich nicht auf die Ausgangsgröße auswirkt. D.h. für $r(t) = 0$ und $q(t) = \sin(3t)$ soll $y(t) = 0$ für große Werte von t gelten.

a) Ermitteln Sie die minimale Reglerordnung ρ für welche die Lösbarkeit dieses Entwurfsproblems sichergestellt ist.

b) Dimensionieren Sie einen Regler minimaler Ordnung in Form der Übertragungsfunktionen $R(s)$ und $V(s)$ so, dass die obigen Anforderungen erfüllt werden. Erweitern Sie dazu, sofern nötig, Zähler und Nenner von $T(s)$ um das Polynom

$$w(s) = (s+1)^k$$

mit einem geeigneten ganzzahligen Wert für k.

c) Realisieren Sie den Regler aus Punkt b) als *ein* dynamisches System.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Betrachten Sie folgendes System zweiter Ordnung mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y:

$$\frac{\mathrm{d}\mathbf{x}}{\mathrm{d}t} = \begin{bmatrix} 1 & 3 \\ 2 & 4 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} u$$
$$y = \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x}.$$

a) Ermitteln Sie ein Regelgesetz der Form

$$u = -\mathbf{k}^T \mathbf{x}$$

so, dass die beiden Eigenwerte des geregelten Systems bei $\lambda_1 = -2$ und $\lambda_2 = -4$ liegen.

b) Das Regelgesetz wird nun um eine Führungsgröße $r(t)$ zu

$$u = -\mathbf{k}^T \mathbf{x} + Vr$$

erweitert. Ermitteln Sie den Parameter V so, dass für $r(t) = \sigma(t)$

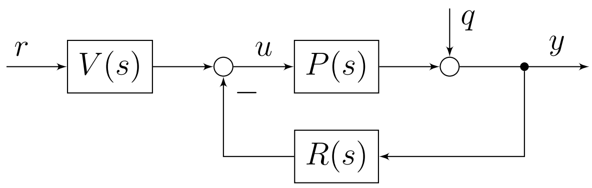
$$y_\infty = \lim_{t \to \infty} y(t) = 1$$

gilt.

Name: ______________________ **Matr.-Nr.:** ____________

Aufgabe 1 (6 Punkte)

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße r, der Stellgröße u und der Ausgangsgröße y:



Auf den Regelkreis wirkt zusätzlich eine Störung q. Die Übertragungsfunktion der Regelstrecke lautet

$$P(s) = \frac{1}{s+3}.$$

Es soll der Regler in Form von $R(s)$ und $V(s)$ so entworfen werden, dass der geschlossene Kreis die Führungsübertragungsfunktion

$$T(s) = \frac{3}{s^2 + 2s + 4}$$

aufweist und zusätzlich eine sinusförmige Störung mit der Kreisfrequenz $\omega = 4$ sich nicht auf die Ausgangsgröße auswirkt. D.h. für $r(t) = 0$ und $q(t) = \sin(4t)$ soll $y(t) = 0$ für große Werte von t gelten.

a) Ermitteln Sie die minimale Reglerordnung ρ für welche die Lösbarkeit dieses Entwurfsproblems sichergestellt ist.

b) Dimensionieren Sie einen Regler minimaler Ordnung in Form der Übertragungsfunktionen $R(s)$ und $V(s)$ so, dass die obigen Anforderungen erfüllt werden. Erweitern Sie dazu, sofern nötig, Zähler und Nenner von $T(s)$ um das Polynom

$$w(s) = (s+2)^k$$

mit einem geeigneten ganzzahligen Wert für k.

c) Realisieren Sie den Regler aus Punkt b) als *ein* dynamisches System.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Betrachten Sie folgendes System zweiter Ordnung mit der Eingangsgröße u, dem Zustandsvektor $\mathbf{x}$ und der Ausgangsgröße y:

$$\begin{aligned}\frac{\mathrm{d}\mathbf{x}}{\mathrm{d}t} &= \begin{bmatrix} 1 & 4 \\ -2 & 3 \end{bmatrix} \mathbf{x} + \begin{bmatrix} 1 \\ 2 \end{bmatrix} u \\ y &= \begin{bmatrix} 1 & 1 \end{bmatrix} \mathbf{x}.\end{aligned}$$

a) Ermitteln Sie ein Regelgesetz der Form

$$u = -\mathbf{k}^T \mathbf{x}$$

so, dass die beiden Eigenwerte des geregelten Systems bei $\lambda_1 = -1$ und $\lambda_2 = -5$ liegen.

b) Das Regelgesetz wird nun um eine Führungsgröße $r(t)$ zu

$$u = -\mathbf{k}^T \mathbf{x} + Vr$$

erweitert. Ermitteln Sie den Parameter V so, dass für $r(t) = \sigma(t)$

$$y_\infty = \lim_{t \to \infty} y(t) = 1$$

gilt.

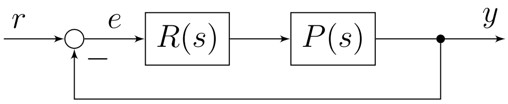
Institut für Regelungs- und
Automatisierungstechnik

Regelungssysteme
1. Teilklausur WS 17/18
Gruppe A

Name: ______________________ **Matr.-Nr.:** ______________

Für beide Aufgaben gilt:

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße r, dem Regelfehler e und der Ausgangsgröße y:

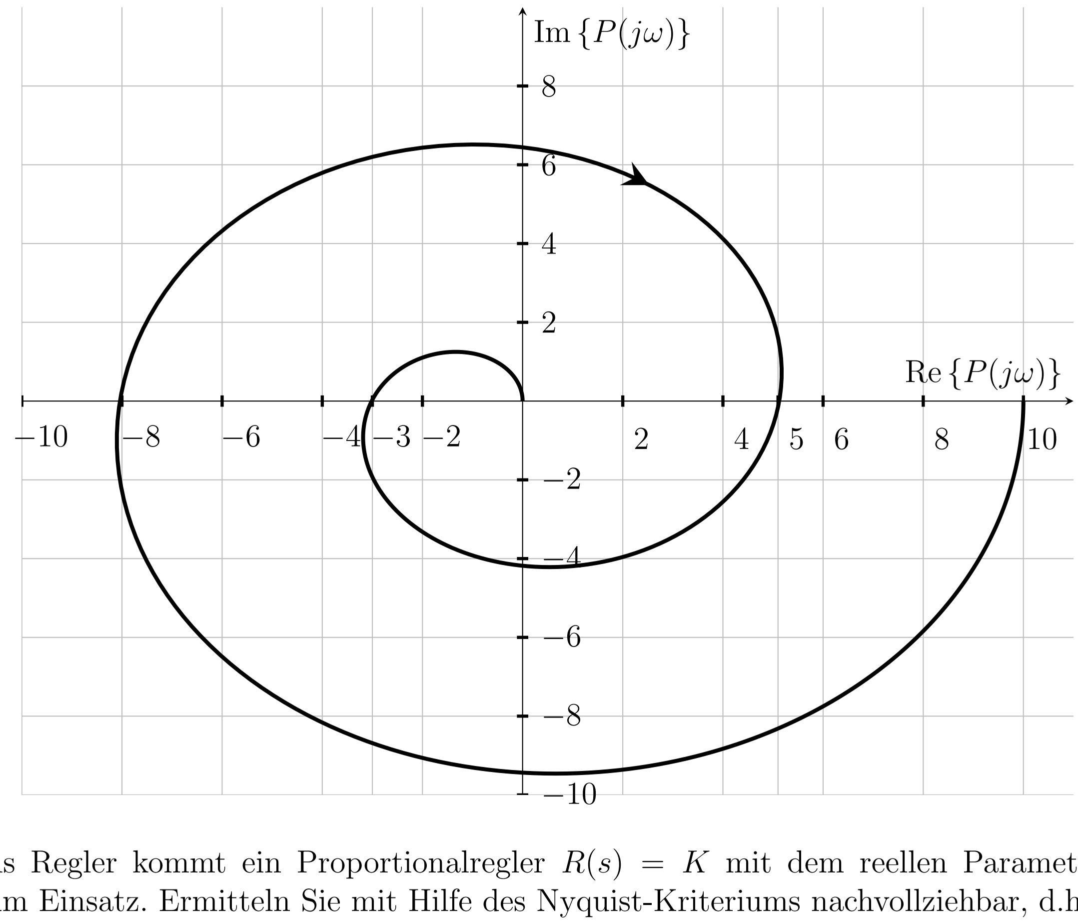


Aufgabe 1 (6 Punkte)

Gegeben sei die Ortskurve der Streckenübertragungsfunktion

$$P(s) = V\frac{(1 - {}^{s}/_{\alpha_1})^3}{(1 + {}^{s}/_{\alpha_2})(1 + {}^{s}/_{\alpha_3})^3}$$

mit α_1, α_2, $\alpha_3 > 0$.



a) Als Regler kommt ein Proportionalregler $R(s) = K$ mit dem reellen Parameter K zum Einsatz. Ermitteln Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums nachvollziehbar, d.h. mit Fallunterscheidung und Ermittlung der stetigen Winkeländerung für jeden Fall, den größtmöglichen Wertebereich des Reglerparameters K, für den der Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt. Geben Sie die stetige Winkeländerung sowie den Bereich von K für jeden Fall an.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Von der gegebenen Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{40(s-20)}{s^3 + 20s^2 - 4s - 80}$$

ist zusätzlich bekannt, dass ein Pol bei $s = -20$ liegt.

a) Zeichnen Sie den Frequenzgang $G(j\omega)$ in Form von Bode-Diagrammen.

b) Skizzieren Sie die dazugehörige Ortskurve.

Formeln und Tabellen

- Nyquist-Kriterium:

$$\Delta \arg\{1 + L(j\omega)\} \stackrel{!}{=} (n_\mathrm{a} + 2n_\mathrm{r})\frac{\pi}{2}$$

- Nützliche Funktionen:

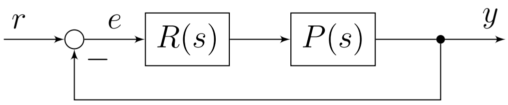
m	2	3	4	5	6	7	10	17
$\arctan m$	63°	72°	74°	79°	81°	82°	84°	87°
$\lvert m \rvert_\mathrm{dB}$	6	9,5	12	14	15,5	17	20	25

Hinweis: $\arctan \frac{1}{m} = 90° - \arctan m$

Name: ______________________________ **Matr.-Nr.:** ____________

Für beide Aufgaben gilt:

Gegeben sei folgender Regelkreis mit der Führungsgröße r, dem Regelfehler e und der Ausgangsgröße y:

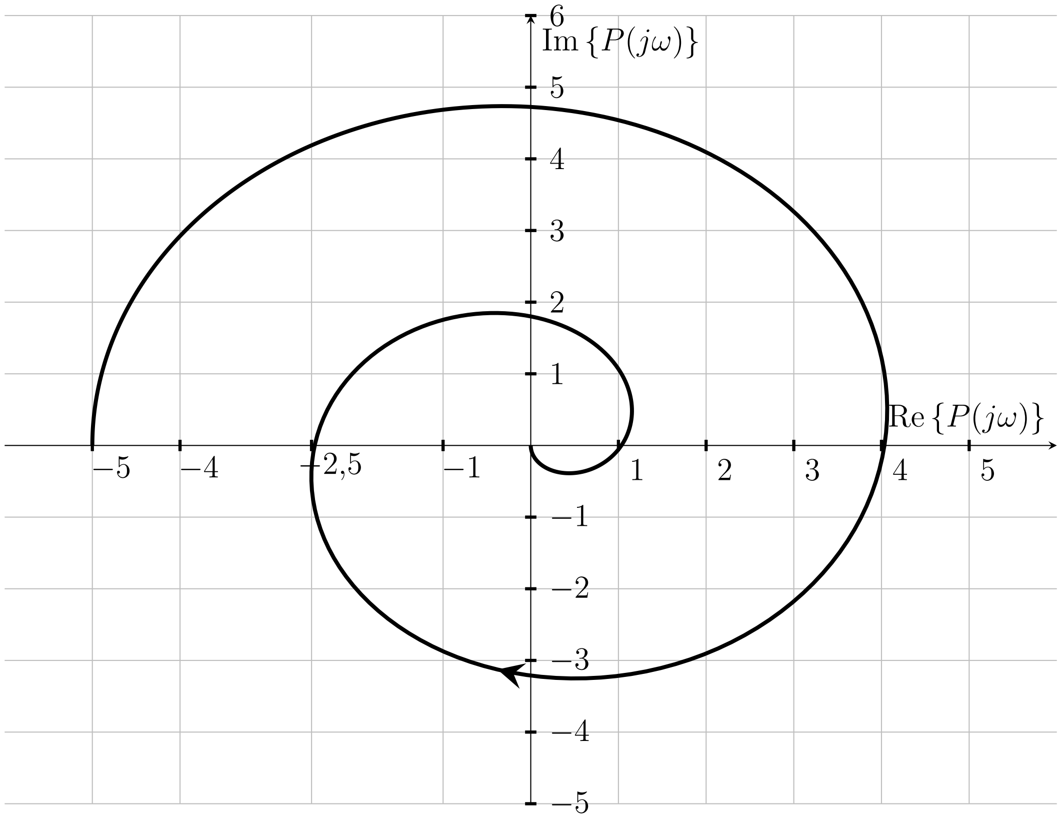


Aufgabe 1 (6 Punkte)

Gegeben sei die Ortskurve der Streckenübertragungsfunktion

$$P(s) = V\frac{(1 - {}^{s}\!/\!{}_{\alpha_1})^3}{(1 + {}^{s}\!/\!{}_{\alpha_2})(1 + {}^{s}\!/\!{}_{\alpha_3})^3}$$

mit α_1, α_2, $\alpha_3 > 0$.



a) Als Regler kommt ein Proportionalregler $R(s) = K$ mit dem reellen Parameter K zum Einsatz. Ermitteln Sie mit Hilfe des Nyquist-Kriteriums nachvollziehbar, d.h. mit Fallunterscheidung und Ermittlung der stetigen Winkeländerung für jeden Fall, den größtmöglichen Wertebereich des Reglerparameters K, für den der Regelkreis die BIBO-Eigenschaft besitzt. Geben Sie die stetige Winkeländerung sowie den Bereich von K für jeden Fall an.

Aufgabe 2 (4 Punkte)

Von der gegebenen Übertragungsfunktion

$$G(s) = \frac{160(s-40)}{s^3 + 40s^2 - 16s - 640}$$

ist zusätzlich bekannt, dass ein Pol bei $s = -40$ liegt.

a) Zeichnen Sie den Frequenzgang $G(j\omega)$ in Form von Bode-Diagrammen.

b) Skizzieren Sie die dazugehörige Ortskurve.

Formeln und Tabellen

- Nyquist-Kriterium:

$$\Delta \arg\{1 + L(j\omega)\} \overset{!}{=} (n_\mathrm{a} + 2n_\mathrm{r})\frac{\pi}{2}$$

- Nützliche Funktionen:

m	2	3	4	5	6	7	10	17
$\arctan m$	63°	72°	74°	79°	81°	82°	84°	87°
$\lvert m\rvert_\mathrm{dB}$	6	9,5	12	14	15,5	17	20	25

Hinweis: $\arctan \frac{1}{m} = 90^\circ - \arctan m$