Adaptive u. strukturvariable Regelungssysteme - 3. Übung

Aufgabe 1

Gegeben sind jeweils die Übertragungsfunktion und Nyquist-Ortskurve des linearen Teils eines Lur'e Systems und Sektornichtlinearität im Sekor:

a) $k_2 > k_1 = 0$

b) $k_2 > k_1 > 0$ und

c) $k_2 > 0 > k_1$ gilt.

Geben Sie jeweils an, für welchen Fall mit dem Kreiskriterium absolute Stabilität nachgewiesen weden kann.

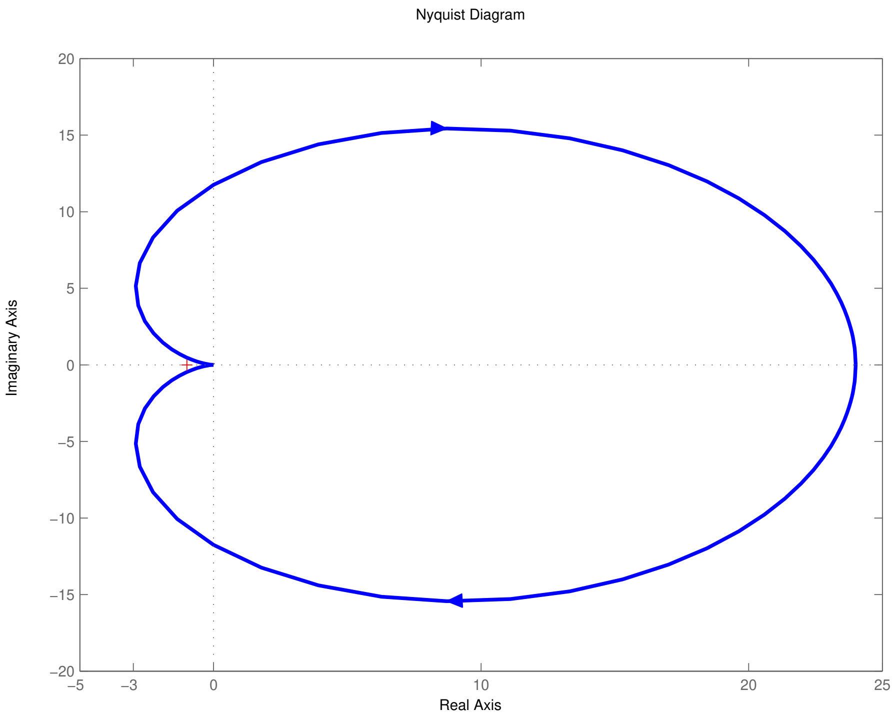

Abbildung 1: $G_1(s) = \dfrac{4}{(s+\frac{1}{2})(s+\frac{1}{3})}$

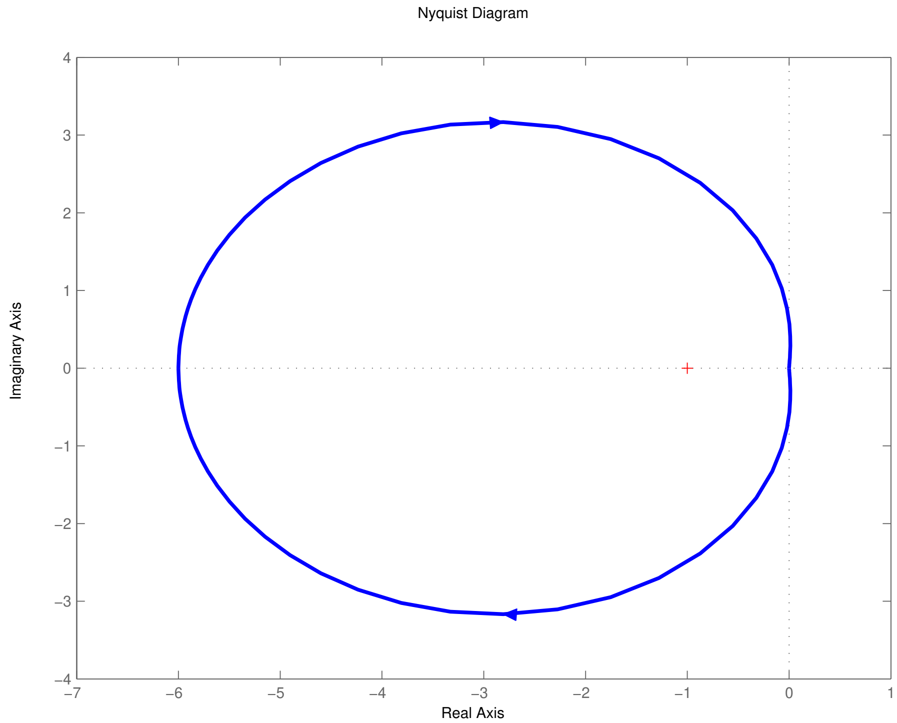

Abbildung 2: $G_2(s) = \dfrac{1}{(s-1)(s+\frac{1}{2})(s+\frac{1}{3})}$

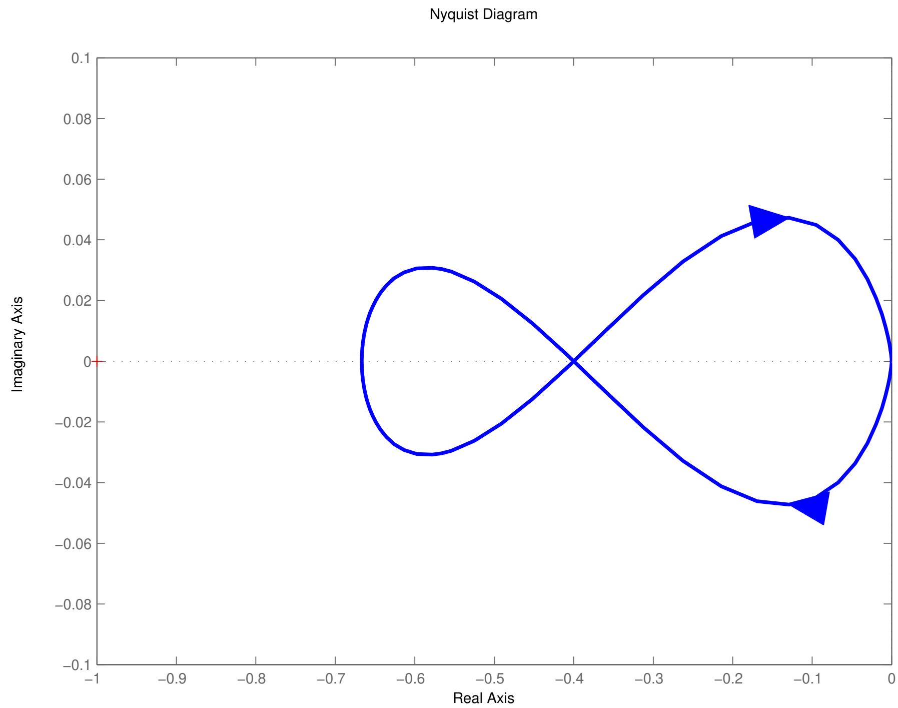

Abbildung 3: $G_3(s) = \dfrac{1}{(s-1)(s+2)(s+3)}$

Aufgabe 2

Betrachten Sie den Regelkreis mit linearem Teil der offenen Kette

$$G(s) = KG'(s), \quad \text{wobei} \quad G'(s) = \frac{-0.36s + 0.18}{s^2 + 0.7s + 0.1}.$$

a) Bestimmen Sie durch Ablesen die größte Kreisverstärkung $K > 0$ jeweils nach dem Nyquist-, Kreis- und Popov-Kriterium. Für die nichtlinearen Fälle soll jeweils die Rückkopplung mit einer speicherfreien Nichtlineartät im Sektor $[0, 1]$ betrachtet werden.

b) Diskutieren Sie die Unterschiede in den Systemklassen, für die Sie asymptotische Stabilität nachgewiesen haben.

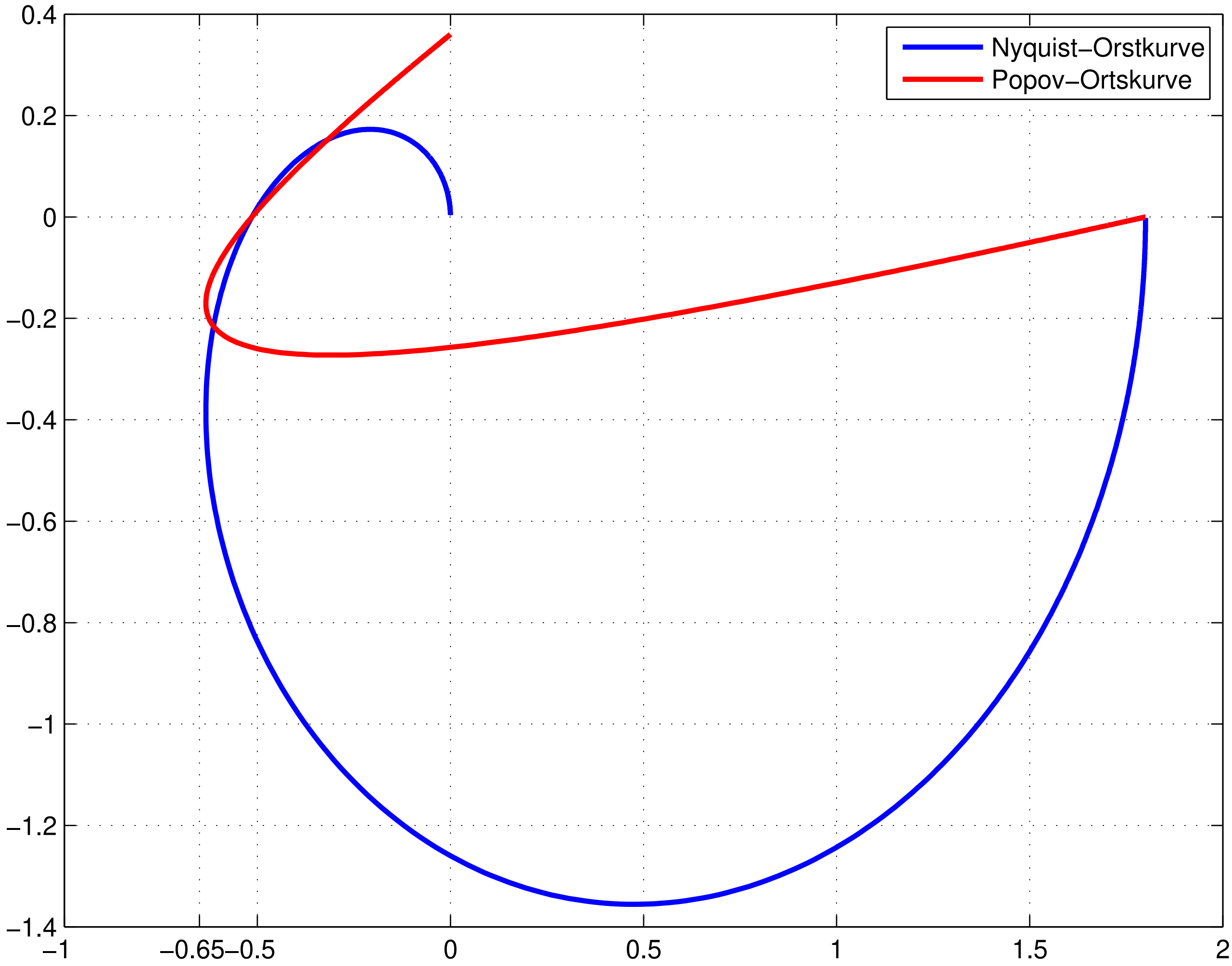

Abbildung 4: Nyquist-Ortskurve und Popov-Ortskurve von $G'(s)$

Aufgabe 3

Gegeben ist der Regelkreis in Abb. 5. Dabei bezeichnet

$$F(s) = \frac{s+6}{(s+2)(s+3)}$$

die Übertragungsfunktion des Prozesses und die innere Schleife die Aktuatorik mit $k_p \geq 0$ und stationärer Nichtlinearität $\phi(e)$ im Sektor $[0, k]$, wobei k beliebig groß sein kann.

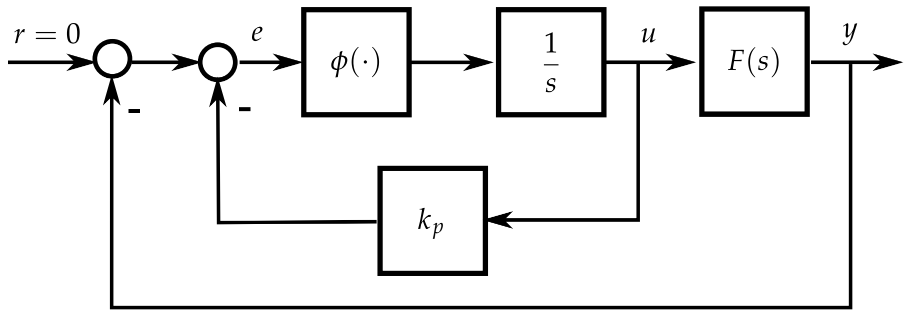

Abbildung 5: Regelkreis

a) Betrachten Sie den Regelkreis als Lur'e System und bestimmen den linearen Teil $G(s)$ des Systems.

b) Berechnen Sie eine untere Schranke für den Parameter k_p, so dass das System absolut stabil ist.

Aufgabe 4[1]

Gegeben ist das Lur'e System mit

$$G(s) = \frac{1 + \tau_1 s}{s(1 + \tau_2 s)}, \qquad \tau_2 > 0, \tau_1 \geq 0.$$

a) Zeigen Sie, dass $G(s)$ in negativer Rückkopplung mit einer beliebig kleinen Verstärkung $\varepsilon > 0$ stabilisiert wird (grenzstabil).

b) Zeigen Sie, dass das Lur'e System für stationäre Nichtlinearitäten im Sektor $[\varepsilon, \infty]$ absolut stabil ist. *Hinweis:* Betrachten Sie die Fallunterscheidung: $\tau_1 \geq \tau_2$ und $\tau_1 < \tau_2$.

[1]Aufgabe zur Nachbereitung zu Hause

Aufgabe 5

Gegeben ist $G(s)$ in negativer Rückkopplung mit

$$\phi(y) = \begin{cases} 0 & : \quad y \leq 0\,, \\ ky & : \quad y > 0\,. \end{cases}$$

Nehmen Sie an, dass $G(s)$ mit Sektor $[0, k]$ das Popov-Kriterium erfüllt.

a) Bestimmen Sie eine Lyapunov-Funktion für den geschlossenen Kreis
Hinweis: Betrachten Sie die Lyapunovfunktion des Lur'e-Typs und werten Sie sie abschnittsweise aus.

b) Sei $c^T = [1 \quad 2]$ Ausgangsvektor einer minimalen Realisierung von $G(s)$. Welche Zustandsraumpartitionierung ergibt sich, für Ihre Lyapunovfunktion? Welche Form nimmt die Höhenlinie qualitativ an?