Regelungstechnik

3. Übung

Victor Cheidde Chaim

01. Februar 2021

Universität der Bundeswehr München, LRT-15 Institut für Steuer- und Regelungstechnik

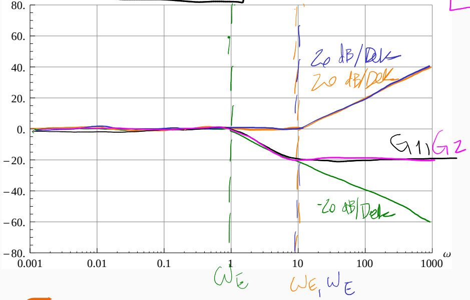
Phasenminimumsysteme

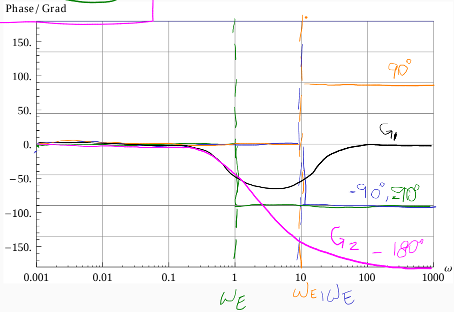
Definition 2.1: = PMS

Phasenminimumsysteme sind Systeme **ohne** Totzeit, deren rationale Übertragungsfunktionen $G(s)$ nur Pole und Nullstellen in der **linken** s-Halbebene haben.

$$G_1 = \frac{1 + s/10}{1 + s} \Rightarrow \text{PMS} \checkmark$$

$$G_2 = \frac{1 - s/10}{1 + s} \Rightarrow \text{nicht PMS} \times$$

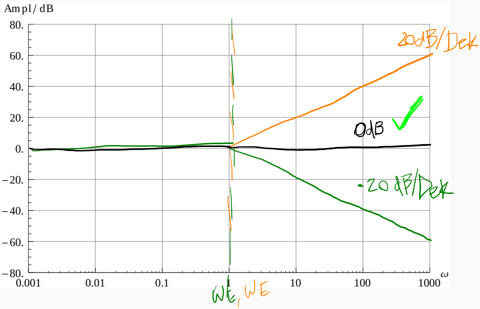


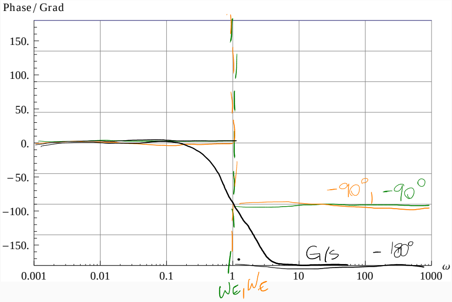


Definition 2.2

Allpaßsysteme (= ALL) sind Systeme, die für alle Frequenzen den **konstanten** Amplitudengang $|G(j\omega)| = 1$ haben. □

• $G(s) = \frac{1-s}{1+s} \rightarrow |G(j\omega)| = 1 \; (= 20 \log 1 = 0\,\text{dB})$ ✓





Aufgabe 2.4

Zerlegen Sie die folgenden Übertragungsfunktion jeweils in ein Allpaßsystem und ein Phasenminimumsystem:

$$(i) \quad G(s) = \frac{2(s-1)}{s+1}$$

$$(ii) \quad G(s) = \frac{(s+1)}{s+2}$$

$$(iii) \quad G(s) = \frac{(s-2)(s+1)(s+(1-i))(s+(1+i))}{(s-(3+i))(s-(3-i)(s+4)}$$

$$(iv) \quad G(s) = \frac{(s-1)(s^2+1)(s^2+17s+5)}{(s+1)(s^2-5s+17)}$$

Aufgabe 2.4

Zerlegen Sie die folgenden Übertragungsfunktion jeweils in ein Allpaßsystem und ein Phasenminimumsystem:

$$(i) \quad G(s) = \frac{2(s-1)}{s+1}$$

$\Rightarrow G_{PMS} = 2$, alle Nullstelle (Nst) und Pole haben nichtpositiven Realteil ✓

$\Rightarrow G_{ALL} = \frac{s-1}{s+1} \Rightarrow |G_{ALL}(j\omega)| = 1$ ✓

$\Rightarrow G(s) = G_{PMS} \cdot G_{ALL}$ ✓

Aufgabe 2.4

Zerlegen Sie die folgenden Übertragungsfunktion jeweils in ein Allpaßsystem und ein Phasenminimumsystem:

$$(ii) \quad G(s) = \frac{(s+1)}{s+2}$$

$\Rightarrow G_{ALL}(s) = 1 \Rightarrow |G_{ALL}(j\omega)| = 1$ ✓

$\Rightarrow G_{PMS}(s) = \frac{(s+1)}{s+2} \Rightarrow$ Nst und Pole haben nichtpositiven Realteil ✓

$\Rightarrow G(s) = G_{ALL}(s) \cdot G_{PMS}(s)$ ✓

Aufgabe 2.4

Zerlegen Sie die folgenden Übertragungsfunktion jeweils in ein Allpaßsystem und ein Phasenminimumsystem:

$$(iii) \quad G(s) = \frac{(s-2)(s+1)(s+(1-i))(s+(1+i))}{(s-(3+i))(s-(3-i))(s+4)}$$

– Nst und Pole Realteil > 0

– Nst und Pole Realteil < 0

$$\Rightarrow G_{ALL}(s) = \frac{(s-2)}{(s+2)} \cdot \frac{(s+(3+i))(s+(3-i))}{(s-(3+i))(s-(3-i))}$$

– Erforderlich für die Bedingung: $|G_{ALL}(jw)| = 1$

$G_{ALL}(s) \Rightarrow |G_{ALL}(jw)| = 1$ ✓

$$\Rightarrow G_{PMS}(s) = \frac{(s+2)(s+1)(s+(1-i))(s+(1+i))}{(s+4)(s+(3+i))(s+(3-i))}$$

– Erforderlich für die Bedingung $G(s) = G_{ALL} \cdot G_{PMS}$

$G_{PMS}(s) \Rightarrow$ Nst und Pole haben nichtpositiven Realteil ✓

$\Rightarrow G(s) = G_{ALL} \cdot G_{PMS}$ ✓

Aufgabe 2.4

Zerlegen Sie die folgenden Übertragungsfunktion jeweils in ein Allpaßsystem und ein Phasenminimumsystem:

- Nst und Pole Realteil > 0

$$(iv) \quad G(s) = \frac{(s-1)(s^2+1)(s^2+17s+5)}{(s+1)(s^2-5s+17)}$$

- Nst und Pole haben nichtpositiven Realteil

- $|G_{ALL}(j\omega)| = 1$

$$\Rightarrow G_{ALL}(s) = \frac{(s-1)}{(s+1)} \cdot \frac{(s^2+5s+17)}{(s^2-5s+17)}$$

- $G(s) = G_{All} \cdot G_{PMS}$

$$\Rightarrow G_{PMS}(s) = \frac{(s^2+1)(s^2+17s+5)}{\cancel{(s+1)}} \cdot \frac{\cancel{(s+1)}}{(s^2+5s+17)}$$

$$G_{PMS}(s) = \frac{(s^2+1)(s^2+17s+5)}{(s^2+5s+17)}$$

$$\Rightarrow G(s) = G_{PMS}(s) \cdot G_{ALL}(s)$$

Nyquist-Verfahren: Stabilitätskriterium

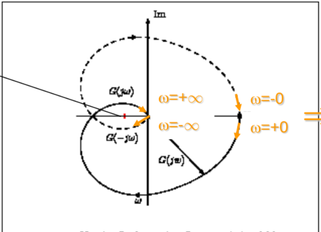
Definition: Kritischer Punkt P_{krit}

Der Punkt $P_{krit} = (-1, j\cdot 0)$ im Nyquist-Diagramm wird als **kritischer Punkt** bezeichnet.

Satz 2.3 : Vereinfachtes Nyquistkriterium

Für die Stabilität des geschlossenen Regelkreises ist bei **stabilem** $G_0(s)$ notwendig und hinreichend, daß die Ortskurve $G_0(j\omega)$ bei Änderung der Frequenz ω von $-\infty$ bis $+\infty$ den kritischen Punkt $(-1; j0)$ weder umschließt noch durchdringt. □

kritischer Punkt (-1,j0)



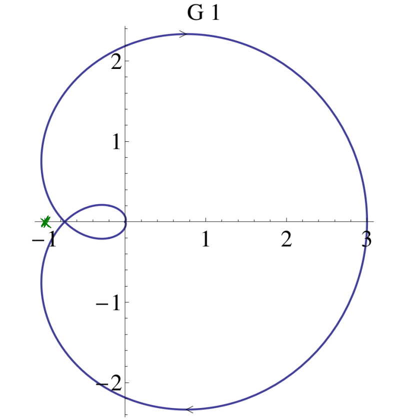
Nyquist-Ortskurve eines Systems mit Ausgleich

⇒ **Regelkreis ist instabil**

Prof. Dr.-Ing. Ferdinand Svaricek Regelungstechnik

Aufgabe 3.1

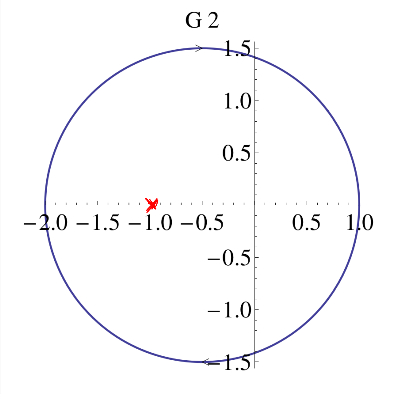
In den graphischen Darstellungen sind Ortskurven stabiler Übertragungsfunktionen von offenen Regelkreisen gegeben. Stellen Sie fest, welche der entsprechenden geschlossenen Regelkreise stabil sind.



stabil

Aufgabe 3.1

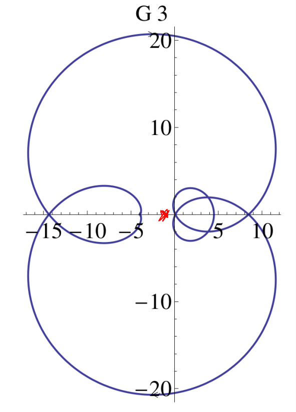
In den graphischen Darstellungen sind Ortskurven stabiler Übertragungsfunktionen von offenen Regelkreisen gegeben. Stellen Sie fest, welche der entsprechenden geschlossenen Regelkreise stabil sind.



instabil

Aufgabe 3.1

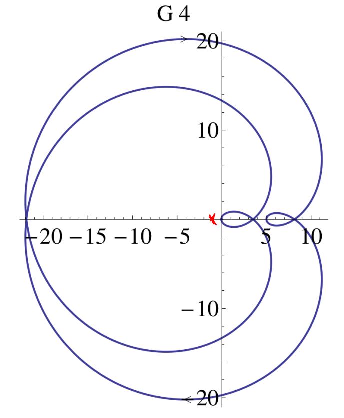
In den graphischen Darstellungen sind Ortskurven stabiler Übertragungsfunktionen von offenen Regelkreisen gegeben. Stellen Sie fest, welche der entsprechenden geschlossenen Regelkreise stabil sind.



instabil

Aufgabe 3.1

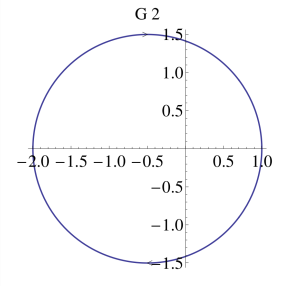
In den graphischen Darstellungen sind Ortskurven stabiler Übertragungsfunktionen von offenen Regelkreisen gegeben. Stellen Sie fest, welche der entsprechenden geschlossenen Regelkreise stabil sind.



instabil

Aufgabe 3.2

Die Übertragungsfunktion G_2 aus Aufgabe 3.1 sei nun die einer stabilen Strecke. Für welche Reglerverstärkungen ist der geschlossene Kreis stabil?

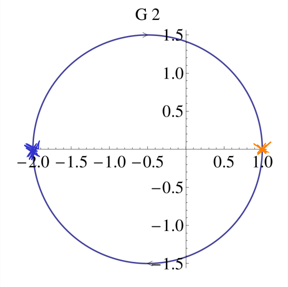


- $G_0 = K \cdot G_2$, stabil, da G_2 stabil
- Vereinfachtes Nyquist-Kriterium:

geschl. Kreis stabil $\Leftrightarrow$ Ortskurve von G_0 geht nicht durch -1 und umschließt -1 nicht. $\Leftrightarrow$ Ortskurve $G_2 = G_0/K$ geht durch $-1/K$ und umschließt $-1/K$ nicht.

Aufgabe 3.2

Die Übertragungsfunktion G_2 aus Aufgabe 3.1 sei nun die einer stabilen Strecke. Für welche Reglerverstärkungen ist der geschlossene Kreis stabil?



a) $K = 0$: Sonderfall, immer stabil

b) $-1/K < -2 \Rightarrow K > 0,\ -1 < -2K \Rightarrow K < 1/2$

$\Rightarrow \boxed{0 < K < 1/2}$

c) $-1/K > 1 \Rightarrow K < 0,\ -1 < K$

$\Rightarrow \boxed{-1 < K < 0}$

Zusammenfassung: Der geschlossene Kreis ist genau dann stabil, wenn $-1 < K < 1/2$ gilt.

Vorschau Übung 4

In Vorlesung:

- Wurzelortskurve - WOK.

In Übung:

- Stabilitätsreserve;
- WOK Konstruktionsregeln.

Wenn Sie noch Fragen haben: victor.chaim@unibw.de