

Fahrzeugmechatronik II

Optimale Regelung



Prof. Dr.-Ing. Steffen Müller

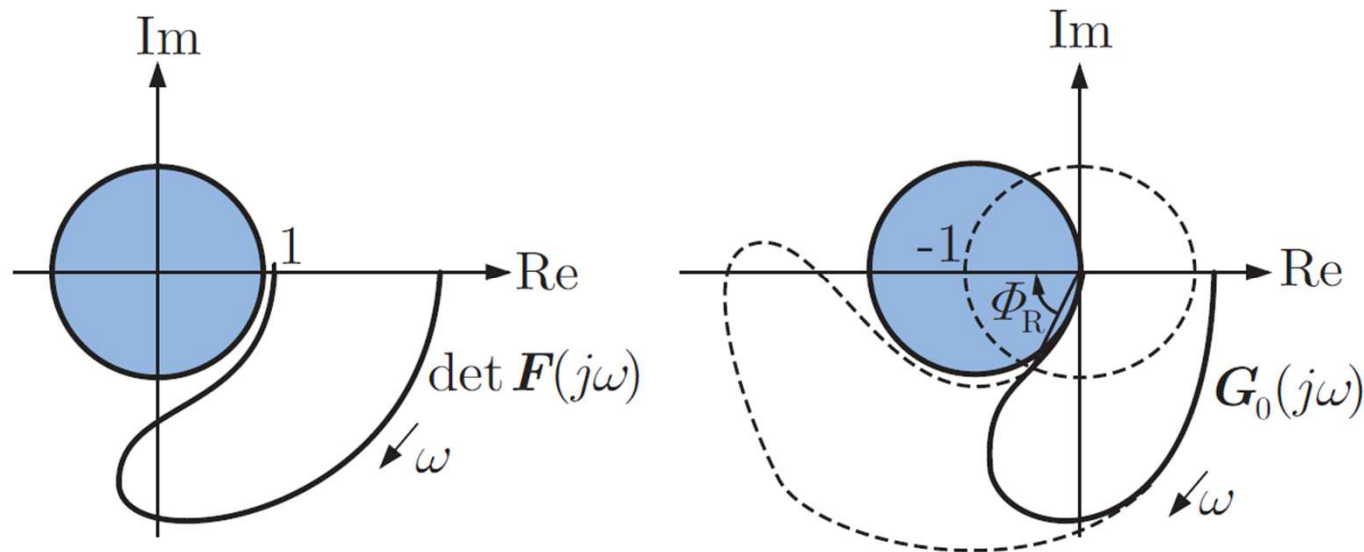
M.Sc. Osama Al-Saidi

Fachgebiet Kraftfahrzeuge • Technische Universität Berlin

Eigenschaften des LQ-Regelkreises

Stabilität und Robustheit

- Wenn die in Satz 7.2 angegebenen Forderungen an die Wichtungsmatrizen \mathbf{Q} und \mathbf{R} erfüllt sind, ist der mit dem Optimalregler geschlossene Regelkreis **asympt. stabil**.



- Bezüglich jeder einzelnen Stellgröße beträgt der Phasenrand mind. 60° und Amplitudenrand mind. 0.5.
=> **erhebliche Robustheit** ggü. Modellunsicherheiten

Eigenschaften des LQ-Regelkreises

Dynamik

- Das **geregelte System** ist tendenziell **schneller** als die **Regelstrecke**.

Entwurf des LQ-Regelkreises

Optimalreglerentwurf

Gegeben: Regelstrecke (A, B, C) , Güteforderungen

1. Aus den Güteforderungen an den geschlossenen Kreis werden Wichtungsmatrizen Q und R für das Gütefunktional (7.15) abgeleitet.
2. Es wird die Riccatigleichung (7.20) gelöst und der Optimalregler (7.19) bestimmt.
3. Das Zeitverhalten des geschlossenen Kreises wird simuliert. Entspricht das Verhalten nicht den gegebenen Güteforderungen, so wird der Entwurf mit veränderten Wichtungsmatrizen wiederholt.

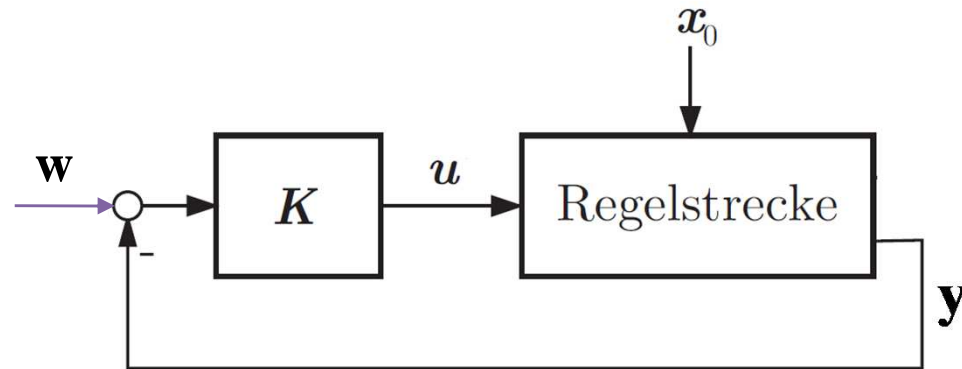
Entwurf des LQ-Regelkreises

Empfehlungen zur Wahl der Wichtungsmatrizen

- Verwende Diagonalmatrizen
(Diagonalelemente positiv und ungleich Null)
- Verwende
 $\mathbf{Q} = \mathbf{C}^T \text{diag } q_{ii} \mathbf{C}$
dann
$$J = \int_0^{\infty} \left(\sum_{i=1}^r q_{ii} y_i^2(t) + \mathbf{u}^T(t) \mathbf{R} \mathbf{u}(t) \right) dt$$
- Beachte den Wertebereich, ggf. normiere
- Variiere am Anfang in 10er-Potenzen
- Erhöhung von \mathbf{Q} führt zu stärker gedämpftem Einschwingen, Erhöhung von \mathbf{R} zu höherer Robustheit

Optimale Folgeregelung

Einführung eines Führungsgrößenmodells



Optimale Folgeregelung

Beispiele für einfache Führungsgrößenmodelle

Optimale Folgeregelung

Erweiterung von Regelstrecke und Funktional

Optimale Folgeregelung

Erweiterung der Matrix-Riccatigleichung

Statt

$$\mathbf{A}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \mathbf{A} - \mathbf{P} \mathbf{B} \mathbf{R}^{-1} \mathbf{B}^T \mathbf{P} + \mathbf{Q} = \mathbf{0}$$

lautet die Matrix-Riccatigleichung nun

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_w \end{bmatrix}^T \mathbf{P} + \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{A} & \mathbf{0} \\ \mathbf{0} & \mathbf{A}_w \end{bmatrix} - \mathbf{P} \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix} \mathbf{R}^{-1} \begin{bmatrix} \mathbf{B} \\ \mathbf{0} \end{bmatrix}^T \mathbf{P} + \begin{bmatrix} \mathbf{C}^T \mathbf{Q}_y \mathbf{C} & -\mathbf{C}^T \mathbf{Q}_y \mathbf{C}_w \\ -\mathbf{C}_w^T \mathbf{Q}_y \mathbf{C} & \mathbf{C}_w^T \mathbf{Q}_y \mathbf{C}_w \end{bmatrix} = \mathbf{0}$$

Optimale Folgeregelung

Ermittlung des optimalen Folgereglers

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!