

Angebot für eine Master-Arbeit

Thema: Parameteridentifikation in Modellen von linearen elektrischen Schaltungen

Aufgabenstellung:

Die mathematische Modellierung von elektrischen Schaltungen mit einfachen Komponenten (Widerstände, Kondensatoren, Spulen) führt auf zeitabhängige lineare Systeme von gewöhnlichen Differentialgleichungen der Form

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t), \quad t \geq 0$$

mit quadratischer Matrix A und Vektor b . Die Lösung x enthält unbekannte Knotenspannungen und Zweigströme. Die Funktion u ist ein vorgegebenes Eingangssignal. Zur Schaltung kann ein Ausgangssignal $y(t) = c^\top x(t)$ mit einem Vektor c definiert werden. Beispiele solcher Modelle zu insbesondere Filterschaltungen können bei [4] gefunden werden. Das Ein-Ausgabe-Verhalten der Schaltung wird durch eine Übertragungsfunktion im Frequenzbereich beschrieben. Diese Übertragungsfunktion ist eine rationale Funktion und lautet

$$H : \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C}, \quad H(\omega) = c^\top (i\omega I - A)^{-1} b$$

mit den Frequenzen ω , der Einheitsmatrix I und $i = \sqrt{-1}$. Für Näheres zur Übertragungsfunktion siehe z.B. [3].

Die Matrix A und der Vektor b enthalten physikalische Parameter p_1, \dots, p_m (Widerstandswerte, Kapazitäten, Induktivitäten). Das Thema dieser Arbeit besteht in einer Parameteridentifikation, d.h. die Parameterwerte sollen derart bestimmt werden, dass ein gewünschtes Ein-Ausgabe-Verhalten erreicht wird. Dazu soll eine vorgegebene ideale Übertragungsfunktion $\hat{H}(\omega)$ möglichst genau approximiert werden. Dies entspricht der Minimierung der Differenz $\hat{H} - H$ in einer geeigneten Norm. Der Schwerpunkt liegt auf Filterschaltungen, bei denen eine ideale Übertragungsfunktion eine stückweise konstante Funktion nur mit den beiden Werten null und eins darstellt. Ob das gewünschte Verhalten erreicht wird, kann durch eine numerische Simulation von Anfangswertproblemen der gewöhnlichen Differentialgleichungen mit Verfahren aus [2] bestätigt werden.

Wird die Approximation mittels einer endlichen Anzahl von Frequenzpunkten $\omega_1, \dots, \omega_k$ bezüglich der Euklidischen Norm betrachtet, dann entsteht ein nicht-lineares Ausgleichsproblem der Gestalt

$$\min_{p_1, \dots, p_m} \sum_{\ell=1}^k \left| \hat{H}(\omega_\ell) - H(\omega_\ell, p_1, \dots, p_m) \right|^2.$$

Diese Problemstellung kann numerisch mit dem Gauß-Newton-Verfahren gelöst werden, siehe [1]. Das Gauß-Newton-Verfahren liefert eine Iteration deren Konvergenz kritisch von der Wahl der Startwerte abhängt.

In der Arbeit soll einerseits dieses spezielle Problem der Parameteridentifikation und die Anwendung numerischer Methoden theoretisch untersucht werden. Andererseits sollen auch die Parameter in mehreren Beispielen von elektrischen Schaltungen mit entsprechenden numerischen Verfahren berechnet werden. Dazu sind sowohl eigene Routinen zu implementieren als auch vorhandene Softwarepakete zu nutzen (bevorzugt in MATLAB). Mehrere Varianten können ausprobiert und verglichen werden. Ein Ziel ist eine günstige Variante festzustellen, welche für diesen Anwendungsbereich empfohlen werden kann.

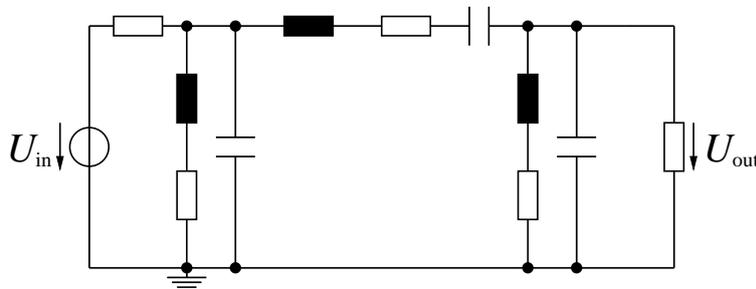


Abbildung: Beispiel zur elektrischen Schaltung eines Bandpass-Filters.

Vorkenntnisse: Analysis I+II, Lineare Algebra I+II, Numerik I, Numerik Grundpraktikum.

Literatur:

- [1] J. Stoer: Numerische Mathematik 1. (9. Aufl.) Springer, 2005. (Kapitel 4.8.4)
- [2] J. Stoer, R. Bulirsch: Numerische Mathematik 2. (5. Aufl.) Springer, 2005. (Kapitel 7)
- [3] J. Lunze: Regelungstechnik 1. (10. Aufl.) Springer Vieweg, 2014. (Kapitel 6.5)
- [4] R. Kessler: Aufstellen und numerisches Lösen von Differential-Gleichungen zur Berechnung des Zeitverhaltens elektrischer Schaltungen bei beliebigen Eingangssignalen. www.home.hs-karlsruhe.de/~kero0001/aufst6/AufstDGL6hs.html

Ansprechpartner: Prof. Dr. Roland Pulch
 Tel. (03834) 864635
 Email: pulchr@uni-greifswald.de