

Tim Poguntke

Anwendung periodischer Kanalmodele für eine radarbasierte Identifikation zeitvarianter Systeme

Anwendung periodischer Kanalmodelle für eine radarbasierte Identifikation zeitvarianter Systeme

Dissertation

zur Erlangung des Grades eines Doktor-Ingenieurs
der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
an der Ruhr-Universität Bochum

Vorgelegt von:

Tim Poguntke
aus Überlingen (Bodensee)

2019

Berichter/Mitberichterin:

PD Dr.-Ing. Karlheinz Ochs
Prof. Dr.-Ing. Ilona Rolfes

Termin der mündlichen Prüfung:

9. November 2018

Berichte aus der Elektrotechnik

Tim Poguntke

**Anwendung periodischer Kanalmodelle für eine
radarbasierte Identifikation zeitvarianter Systeme**

Shaker Verlag
Aachen 2019

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Bochum, Univ., Diss., 2018

Copyright Shaker Verlag 2019

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-6407-0

ISSN 0945-0718

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: www.shaker.de • E-Mail: info@shaker.de

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	v
Abbildungsverzeichnis	ix
Nomenklatur	xi
Kurzfassung	xvii
1 Einführung	1
2 Grundlegendes	5
2.1 Vorbemerkungen	5
2.2 Lineare Systeme	6
2.2.1 Linearität und Zeitinvarianz	6
2.2.2 Zeitvariante Systemfunktionen	8
2.3 Rechnen im äquivalenten Basisband	13
2.3.1 Berechnung des analytischen Ausgangssignals	14
2.3.2 Drahtlose Funkkanäle im äquivalenten Basisband	15
2.4 Abtastung bezüglich Zeit und Frequenz	18
2.4.1 Ideale Pulsamplitudenmodulation	18
2.4.2 Abtastung im Frequenzbereich	20
2.5 Approximation zeitdiskreter Basisbandsignale	22
2.6 Periodische Kanalmodelle	25
2.6.1 Zeit- bzw. frequenzbezogene Approximation	26
2.6.2 Beschreibung des Ein-/Ausgangsverhaltens	29

3 Systemidentifikation mit periodischen Kanalmodellen	31
3.1 Vorbemerkungen	31
3.2 Ein Verfahren für die Systemidentifikation	32
3.2.1 Auslegung doppelt-periodischer Kanalmodelle	32
3.2.2 Lösungsansatz mit periodischen Eingangssignalen	35
3.2.3 Koeffizientenbestimmung mit Variationsansatz	36
3.3 Annahme zeitweise konstanter Systeme	38
3.3.1 Approximation des Übertragungsverhaltens	39
3.3.2 Untersuchung systematischer Identifikationsfehler	41
3.3.3 Simulationen mit fiktiven Modellkoeffizienten	45
3.4 Diskussion der Ergebnisse	48
4 Systemtheoretische Aspekte in der Radartechnik	49
4.1 Vorbemerkungen	49
4.2 Radarbasierte Systemidentifikation	50
4.2.1 Bestimmung der Modellkoeffizienten	50
4.2.2 Systemtheoretische Interpretation der Radarsignale	53
4.2.3 Bezug zu konventioneller Signalverarbeitung	56
4.3 Radarszenario eines bewegten Punktziels	57
4.3.1 Analytische Berechnung der Modellkoeffizienten	58
4.3.2 Herstellung eines physikalischen Bezugs	63
4.4 Messungen mit einem Fahrradfahrer	65
4.4.1 Bestimmung der Modellkoeffizienten	66
4.4.2 Kurzzeit-Systemidentifikation	69
4.5 Diskussion der Ergebnisse	72
5 Schutzkonzept für Lebewesen beim induktiven Laden	75
5.1 Vorbemerkungen	75
5.2 Grundlegendes	76
5.2.1 Induktives Laden von Elektrofahrzeugen	76
5.2.2 Gesetzliche Grundlage und Standardisierung	78
5.2.3 Stand der Technik	81

5.3 Fahrzeugseitige Luftspaltüberwachung	83
5.3.1 Funktionsweise des radarbasierten Konzepts	83
5.3.2 Realisierung eines prototypischen Messsystems	84
5.4 Messung bewegter Fremdoobjekte	88
5.4.1 Festzielunterdrückung	88
5.4.2 Bewegte Fremdoobjekte im Luftspalt	91
5.5 Messung periodischer Atembewegungen	94
5.5.1 Vereinfachtes Messszenario	95
5.5.2 Anwendung der Kurzzeit-Systemidentifikation	96
5.5.3 Darstellung der Atembewegungen im Spektrogramm	98
5.6 Diskussion der Ergebnisse	100
6 Zusammenfassung und Ausblick	103
Literaturverzeichnis	107
Danksagung	113