Launch Control Optimization of Transmissions with Automated Clutch Engagement

Von der Fakultät für Maschinenbau, Elektrotechnik und Wirtschaftsingenieurwesen der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus zur Erlangung des akademischen Grades eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte

Dissertation

vorgelegt von

Dipl.-Ing. Kassem Wehbi

geboren am 25.05.1982 in Kharayeb (Libanon)

Vorsitzender:	Prof. Dr.-Ing. Peter Steinberg
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. habil. Dieter Bestle
Gutachter:	Prof. Dr.-Ing. Burghard Voß

Tag der mündlichen Prüfung: 21.04.2017

Berichte aus der Fahrzeugtechnik

Kassem Wehbi

Launch Control Optimization of Transmissions with Automated Clutch Engagement

Shaker Verlag
Aachen 2017

Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek
The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at http://dnb.d-nb.de.

Zugl.: Cottbus-Senftenberg, BTU, Diss., 2017

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5384-5
ISSN 0945-0742

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen
Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9
Internet: www.shaker.de • e-mail: info@shaker.de

Acknowledgements

This thesis results from about three years work as a research assistant at the Chair of Engineering Mechanics and Vehicle Dynamics at the Brandenburg University of Cottbus within an industrial collaborative research project with the IAV GmbH. First of all, I would like to thank my thesis advisor and reviewer Prof. Dieter Bestle for his guidance and contribution to this research, his constant encouragement, and his confidence in my work. His commitment to research projects carried out at this chair as well as his support for the people working with him is remarkable. Gratitude goes also to Prof. Peter Steinberg for being the chairman of the doctoral examination board and a very big thanks to Prof. Burghard Voß, who kindly and without hesitation agreed to be part of the board of examiners and reviewed the present thesis.

I am deeply indebted to all my colleagues at IAV GmbH for their friendly support and nice working atmosphere. Gratitude goes in particular to Dr. Jörg Beilharz for his support and permission to use the test vehicle for calibration tests and measurements, which was a very important part in this work. Another big thanks goes to my team leader Sebastian Kürschner for his support and for allowing me flexible working hours. The same accounts for Stefano Trivellato, Kurt Lehnert, Bertram Kurz, Jens Becherer and Micha Franz. I would like to thank also Dr. Klaus von Rüden and his entire team for making this thesis possible. A special thanks to Dr. Sebastian Kahlbau and Dr. Andreas Wurm who motivated me to do this work and for the important teamwork and discussions within this project.

Furthermore, I wish to thank the members of the Chair of Engineering Mechanics and Vehicle Dynamics for the great working atmosphere, the constructive and open discussions in our many seminars.

Finally, I wish to thank all my family for their great support and understanding in all positive and negative aspects of doing this thesis.

Abstract

Launch Control Optimization of Transmissions with Automated Clutch Engagement

Keywords: launch control, launch objectives, multi-criteria optimization, vehicle dynamics, automated transmission calibration, robustness

Thanks to the physical principle of a hydraulic torque converter, launch in classic automatic transmissions is automatically smooth. In low-cost transmissions with installed friction clutches, however, the engagement of the clutch has to be controlled by the transmission control unit (TCU) which makes the calibration parameters responsible for the launch quality.

The growing complexity and diversity of modern powertrains increases the calibration effort dramatically, which is why automation of the calibration process for automatic transmissions becomes increasingly important. Through the automated search for optimal values for the launch parameters, the quality of the launch event and the efficiency of the transmission calibration process can be increased significantly.

Therefore, an important aspect of this work is to develop strategies for improving the launch quality as a part of the automated transmission calibration. The concept of numerical optimization has proven to be a promising support tool for the engineer. This requires objectification of the usually subjectively rated launch quality, where the main goal is to achieve a fast and smooth clutch engagement at the same time. Based on these goals, a bi-criterion optimization problem is defined and solved by a multi-objective genetic algorithm. The solution of the problem is not unique but always a set of optimal trade-offs between the two conflicting criteria. Besides, a purely determinism based interpretation of the automated calibration process can only partly meet the requirements of practical application since in reality the properties of technical systems scatter. Therefore, robustness is additionally considered as inherent design goal to generally assure high quality and reliability of launch control.

Kurzfassung

Optimierung des Anfahrvorgangs von Getrieben mit automatisierter Anfahrkupplung

Schlüsselwörter: Anfahrsteuerung, Anfahrkriterien, Mehrkriterien-Optimierung, Fahrzeugdynamik, automatisierte Getriebeapplikation, Robustheit

Aufgrund des physikalischen Prinzips eines hydraulischen Drehmomentenwandlers ist das Anfahren bei klassischen Automatikgetrieben sehr harmonisch. Bei kostengünstigen Getrieben mit eingebauten Reibkupplungen muss jedoch die Kupplung aktiv durch die Getriebesteuereinheit geregelt werden und macht dadurch die Applikationsparameter für die Anfahrqualität verantwortlich.

Die zunehmende Komplexität und Vielfalt moderner Antriebsstränge erhöhen den Applikationsaufwand deutlich, weshalb die Automatisierung des Applikationsprozesses für Automatikgetriebe zunehmend an Bedeutung gewinnt. Durch die automatisierte Suche nach optimalen Lösungen für die Bedatung von Anfahrparametern kann die Qualität des Anfahrvorgangs und die Effizienz des Getriebeapplikationsprozesses erheblich gesteigert werden.

Daher ist ein wesentlicher Aspekt dieser Arbeit, Strategien für die Optimierung der Anfahrqualität als Teil der automatisierten Getriebeapplikation zu entwickeln. Das Konzept der numerischen Optimierung hat sich als vielversprechendes Werkzeug zur Unterstützung des Ingenieurs erwiesen. Dies erfordert eine Objektivierung der üblicherweise subjektiv beurteilten Anfahrqualität, wobei das Hauptziel ist, gleichzeitig ein schnelles und komfortables Anfahrverhalten zu erreichen. Basierend auf diesen Kriterien wird ein bi-kriterielles Optimierungsproblem formuliert und mit Hilfe eines mehrkriteriellen genetischen Algorithmus gelöst. Dabei wird die Widersprüchlichkeit der beiden Kriterien deutlich, weshalb optimale Entwurfsparameter der Getriebesteuerung nicht eindeutig, sondern immer Kompromisslösungen sind. Außerdem kann eine rein auf Determinismus basierende Auslegung den Anforderungen aus der Praxis nur bedingt gerecht werden, da die Eigenschaften technischer Systeme in der Realität streuen. Deshalb wird zusätzlich die Robustheit als wichtiges Entwurfsziel betrachtet, um eine hohe Qualität und Zuverlässigkeit des Anfahrvorgangs unter allen Umständen zu gewährleisten.

Contents