

Optimierung des Schaltprozesses bei schweren Nutzfahrzeugen durch adaptive Momentenführung

Von der Fakultät Konstruktions-, Produktions- und Fahrzeugtechnik
der Universität Stuttgart
zur Erlangung der Würde eines Doktors der
Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Carsten Joachim

aus Wemmetsweiler



Hauptberichter: Prof. Dr.-Ing. H.-C. Reuss

Mitberichter: Prof. Dr.-Ing. A. Kistner

Tag der mündlichen Prüfung: 16.04.2010

Institut für Verbrennungsmotoren und Kraftfahrwesen
der Universität Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	3
Abkürzungen und Formelzeichen	6
Zusammenfassung	12
Abstract	14
1 Einleitung	16
2 Stand der Technik	21
2.1 Triebstrangschwingungen	21
2.2 Schaltvorgänge	25
2.3 Bestehende Lösungsansätze	28
2.4 Ziel der Arbeit	31
3 Systemkomponenten und Modellbildung	33
3.1 Antriebsstrang	33
3.1.1 Motor	34
3.1.2 Kupplung	36
3.1.3 Getriebe und Antriebswellen	39
3.1.4 Reifen und Dämpfung	40
3.2 Sattelzugmaschine	42
3.3 Simulation	46
3.4 Ersatzmodell	47
4 Gesteuerte Momentenführung	54
4.1 Zielsetzung	54
4.2 Steuerung durch Rampenfunktion	55
4.3 Systemtheoretische Grundlagen	58
4.4 Steuerungsentwurf für das Zweimassenmodell	63
4.4.1 Steuerung	63
4.4.2 Störgrößenkompensation	64

4.4.3	Trajektorienplanung	65
4.5	Steuerungsentwurf bei komplexen Modellen	68
4.5.1	Lineares Mehrmassenmodell	68
4.5.2	Nichtlineares Triebstrangmodell	71
4.6	Simulationsergebnisse	74
5	Schätzverfahren	78
5.1	Parameterempfindlichkeit der Momentenführung	78
5.2	Beobachter für Zustands- und Störgröße	86
5.2.1	Triebstrangmoment	86
5.2.2	Lastmoment	88
5.3	Schätzung der Triebstrangparameter	91
5.3.1	Primärträgheit und Fahrzeugmasse	91
5.3.2	Eigenfrequenz und Dämpfung	93
5.3.2.1	Identifikationsmethoden	93
5.3.2.2	Diskrete Systembeschreibung	95
5.3.2.3	Parameteridentifikation	98
5.3.2.4	Anmerkungen	102
5.4	Parallele Schätzung	103
5.5	Vergleich der Schätzverfahren	104
6	Strategien zur Adaption	108
6.1	Adaption durch Modellidentifikation	108
6.1.1	Adaptionskonzept	108
6.1.2	Koordination und Supervision	110
6.1.3	Problematik der Parameterunsicherheiten	112
6.2	Adaption mit Referenzverfahren	114
7	Funktionsprototyp und Fahrversuche	119
7.1	Funktionsentwurf	119
7.2	Software in the Loop Testumgebung	122
7.3	Fahrzeugintegration	124
7.4	Versuchsergebnisse	125
8	Zusammenfassung und Ausblick	129
	Literaturverzeichnis	132