

Modellgestützter Funktionsentwurf für Kfz-Stellglieder

Regelung der elektromechanischen Ventiltriebaktorik und Fehlerdiagnose der Bremssystemhydraulik

Dem Fachbereich 18
Elektrotechnik und Informationstechnik
der Technischen Universität Darmstadt
zur Erlangung der Würde
eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
vorgelegte Dissertation

von

Dipl.-Ing. Harald Straky

geboren am 15. März 1971

Referent: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Rolf Isermann

Korreferent: Prof. Dr.-Ing. Rainer Nordmann

Tag der Einreichung: 29. Oktober 2002

Tag der mündlichen Prüfung: 24. April 2003

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen und Abkürzungen	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Zum modellgestützten Entwurf von Regelungs- und Diagnosefunktionen	2
1.2 Zielsetzung und Lösungsweg	5
1.3 Inhaltliche Gliederung	6
I Regelung der elektromechanischen Ventiltriebaktork	
2 Elektromechanische Ventilsteuerung – Stand der Technik	8
2.1 Elektromechanische Ventiltriebaktoren	13
2.2 Anforderungen an die Regelungsfunktion	15
3 Modellbildung der elektromechanischen Ventiltriebaktork	18
3.1 Theoretische Modellbildung	18
3.1.1 Dynamik des reibungsbehafteten Feder-Masse-Schwingers	19
3.1.2 Ankerprellen an den Hubendlagen	21
3.1.3 Dynamik des streu- und wirbelstrombehafteten Gleichstrommagnets	22
3.1.4 Gesamtmodell der Ventiltriebaktork	25
3.2 Identifikation und messtechnische Erfassung unbekannter Parameter	28
3.2.1 Viskose und coulombsche Reibung	28
3.2.2 Magnetkraft- und magnetische Gesamtflusskennfelder	30
3.2.3 Streufussanteile – Streufaktoren	32
3.2.4 Differentielle Haupt- und Streuinduktivitäten	34
3.2.5 Wirbelstromzeitkonstanten	35

3.3	Modellverifikation	37
3.4	Zusammenfassung	40
4	Stellgliedanalyse und Entwurf der Regelungsfunktion	41
4.1	Energie- und verschleißoptimales Aktor-Soll-Verhalten	44
4.2	Synthese der Regelungsfunktion	46
4.2.1	Realisierung von Teilhüben	48
4.2.2	Schätzung der Ankergeschwindigkeit	50
4.2.3	Modellgestützte Optimierung der Reglerparameter	50
4.2.4	Struktur der Regelungsfunktion	51
4.3	Zusammenfassung	53
5	Analyse der Regelungsfunktion	54
5.1	Modellgestützte Robustheitsanalyse	55
5.1.1	Einfluss von Parameterschwankungen	55
5.1.2	Einfluss erhöhter Reibung	56
5.2	Prüfstandserprobung	59
5.3	Zusammenfassung	61

II Fehlerdiagnose der Bremssystemhydraulik

6	Hydraulische Bremssysteme – Stand der Technik	64
6.1	Aufbau und Funktionsweise der Bremssystemhydraulik	66
6.2	Anforderungen an die Diagnosefunktion	70
7	Modellbildung der Bremssystemhydraulik	72
7.1	Theoretische Modellbildung	72
7.1.1	Tandemhauptbremszylinder	74
7.1.2	Einlass- und Rückschlagventile	74
7.1.3	Bremsleitungen	75
7.1.4	Radbremszylinder	75
7.1.5	Gesamtmodell der Bremssystemhydraulik	76

7.2 Identifikation und messtechnische Erfassung unbekannter Parameter	79
7.2.1 Hydraulische Kapazitäten	83
7.2.2 Hydraulische Induktivitäten und Widerstände	84
7.3 Modellverifikation	89
7.4 Zusammenfassung	91
8 Stellgliedanalyse und Entwurf der Diagnosefunktion	92
8.1 Bremsystemverhalten im Fehlerzustand	93
8.2 Synthese der Diagnosefunktion	96
8.2.1 Fehlererkennung durch analytische Fehlersymptomgenerierung	96
8.2.2 Fehlerabhängiges Symptomverhalten	97
8.2.3 Fehlerdiagnose mit Hilfe der Korrelationsanalyse	99
8.2.4 Struktur der modellgestützten Diagnosefunktion	100
8.3 Zusammenfassung	101
9 Analyse der Diagnosefunktion	102
10 Zusammenfassung	105
Literaturverzeichnis	108