

Modellgestützte Regelung von Ladedruck und Abgasrückführrate beim Dieselmotor

Von der Fakultät für Maschinenwesen der Rheinisch-Westfälischen
Technischen Hochschule Aachen zur Erlangung des akademischen Grades
eines Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt

von

Diplom-Ingenieur

Joachim Heinrich Hermann Rückert

aus Darmstadt

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. D. Abel
Univ.-Prof. Dr.-Ing. (USA) St. Pischinger
Tag der mündlichen Prüfung: 18. November 2004

ULB Darmstadt



16171930

chen)

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemstellung	2
1.2	Stand der Forschung	3
1.3	Ziel der Arbeit und Vorgehensweise	5
2	Aufgeladener Dieselmotor mit Abgasrückführung	8
2.1	Motorprozess	9
2.1.1	Motorische Grundlagen	10
2.1.2	Simulationsmodell des Motors	12
2.1.3	Unterschiedliche Anforderungen bei Pkw- und Nfz-Dieselmotoren	17
2.2	Versuchsträger	19
2.3	Regelungsaufgabe Luftpfad	21
2.3.1	Regelungsziel	21
2.3.2	Messtechnik und virtuelle Sensorik	22
2.3.3	Analyse unterschiedlicher Regelgrößen	24
2.4	Lineares Modell der Regelstrecke	27
2.5	Nichtlinearitäten der Regelstrecke	31
3	Modellgestützte Prädiktive Regelung	34
3.1	Grundprinzip	34
3.2	Beobachter	36
3.2.1	Zustandsbeobachter mit linearem Prozessmodell	36
3.2.2	Beobachterentwurf mittels T-Polynomfilter	39
3.2.3	Beobachterentwurf mittels Kalman-Filter	40
3.3	Lineare Modellgestützte Prädiktive Regelung	42
3.3.1	Kostenfunktion	42

3.3.2	Prädiktion und Regelgesetz	44
3.3.3	Erweiterung der Einstellparameter für Mehrgrößen- prozesse	47
3.4	Nichtlineare Modellgestützte Regelung mit Gain Scheduling .	53
4	Entwurf und Applikation der Regelung	63
4.1	Entwicklungsumgebung	64
4.1.1	Motorsimulation	64
4.1.2	Applikationswerkzeuge und Steuergeräte	65
4.2	Regelungsstruktur	66
4.2.1	Grundstruktur	66
4.2.2	Trajektorien für die Sollwertvorgabe	68
4.2.3	Regelungsstruktur mit Einflussgrößen	72
4.3	Bedatung der Kennfelder	75
4.3.1	Sollwertkennfelder	76
4.3.2	Gain Scheduling Kennfelder	77
4.3.3	Automatisierte Prüfstandsversuche	78
4.4	Regelungsentwurf	81
4.4.1	Einstellparameter der Regelung	82
4.4.2	Regelung mit Gain Scheduling	89
4.4.3	Alternative Regelgrößen	91
5	Erprobung	97
5.1	Regelungsziele und Testzyklen	97
5.2	Last- und Drehzahländerungen	98
5.2.1	Nfz-Motor – Simulation	99
5.2.2	Pkw-Motor – Simulation	101
5.3	Testzyklen	102
5.3.1	Folgeverhalten - Simulation und Prüfstand	103

5.3.2	Ladedruck- und Luftmassenregelung beim Nfz – Simulation und Prüfstand	105
5.3.3	Ladedruck- und AGR-Massenregelung beim Nfz – Simulation	108
5.4	Potential alternativer Regelgrößen	109
5.4.1	Stickoxidsensor und λ -Sensor	110
5.4.2	Virtuelle Sensorik – AGR-Rate und Luftmasse vor Zylinder	112
5.4.3	Vergleich und Bewertung alternativer Regelgrößen . .	113
6	Zusammenfassung	117
7	Anhang	120
7.1	Formelzeichen und Abkürzungen	120
7.2	Gain Scheduling	122
	Literaturverzeichnis	127