

Fortschritt-Berichte VDI

Reihe 12

Verkehrstechnik/
Fahrzeugtechnik

Dipl.-Ing. Norbert Müller,
Ludwigsburg

Nr. 545

Adaptive Motorregelung beim Ottomotor unter Verwendung von Brennraumdruck- Sensoren

HLuHB Darmstadt



15654856

Berichte aus dem

Institut für
Automatisierungstechnik
der TU Darmstadt



Inhaltsverzeichnis

Symbole und Abkürzungen	VIII
1 Einführung	1
1.1 Entwicklungen auf dem Gebiet der Motorsteuerungen	1
1.2 Stand der Forschung	4
1.3 Ziel und Inhalt der Arbeit	5
1.4 Inhaltliche Gliederung	6
2 Kennfeld-basierte Regelung	7
2.1 Einführung	7
2.2 Rasterkennfelder	10
2.2.1 Kennfeldaufbau und -zugriff	10
2.2.2 Off-line Optimierung der Stützstellenhöhen	12
2.2.3 On-line Adaption der Stützstellenhöhen mit NLMS-Verfahren	13
2.2.4 On-line Adaption der Stützstellenhöhen mit RLS-Verfahren	13
2.3 Delaunay-Netze	15
2.3.1 Aufbau und Konstruktionsalgorithmus	16
2.3.2 On-line Adaption der Stützstellenhöhen	18
2.4 Schnelle lokal lineare Neuronale Netze: LOLIMOT	18
2.4.1 Aufbau und Konstruktionsalgorithmus	19
2.4.2 On-line Adaption der Modellparameter	20
2.5 Vergleich der Kennfeld-Typen	21
2.6 Allgemeine Hinweise zur Adaption von Kennfeldern	26
2.7 Zusammenfassung	27
3 Brennraumdruck-Auswertung	29
3.1 Sensortechnologie	30
3.2 Signalfilterung	30
3.3 Rekonstruktion des Sensoroffsets	32
3.4 Generierung von Brennraumdruck-Kenngrößen	35
3.4.1 Merkmale des Druckverlaufs	36
3.4.2 Merkmale des Energieumsetzungsverlaufs	36
3.4.3 Indizierte Arbeit, indizierter Druck und indiziertes Moment	36
3.4.4 Merkmale zur Beschreibung zyklischer Schwankungen	39
3.5 Schleppdruck-Rekonstruktion	39
3.6 Verfahren zur on-line Berechnung des Brennverlaufs	40
3.6.1 Schnelle Heizverlaufsrechnung	41
3.6.2 Approximation der Durchbrennfunktion nach Rassweiler und Withrow	44
3.6.3 Approximation der Durchbrennfunktion nach McCuiston et al.	44
3.6.4 Approximation der Durchbrennfunktion nach Matekunas	46

3.6.5	Gewichteter Differenzdruck	46
3.6.6	Diskussion der Verfahren zur Approximation der Durchbrennfunktion	47
3.7	Anforderungen an Messtechnik und Signalerfassung	48
3.8	Zusammenfassung	50
4	Optimierung des Zündwinkels	51
4.1	Einführung und Überblick	51
4.2	Regelung des Zündwinkels mittels Brennraumdruck	53
4.2.1	Stand der Forschung	54
4.2.2	Brennraumdruck-Auswertung zur Zündwinkelregelung	55
4.2.3	Reglerstruktur und Messergebnisse	58
4.2.4	Bewertung der Zündwinkelregelung	64
4.3	Klopferkennung und -regelung	65
4.3.1	Stand der Technik	66
4.3.2	Physikalischer Hintergrund	66
4.3.3	Klopferkennung mittels Klopfintegral	67
4.3.4	Klopferkennung durch Detektion der Druckschwingungsamplitude	68
4.3.5	Regler-Struktur und Messergebnisse	69
4.4	Zusammenfassung	70
5	Erfassung der Frischluftfüllung	72
5.1	Einführung und Überblick	72
5.2	Verfahren zur Füllungserfassung	74
5.2.1	Füllungserfassung mittels Saugrohrdrucksensor	74
5.2.2	Modellierung der Saugrohrdynamik	77
5.2.3	Füllungserfassung mittels Drosselklappenpotentiometer	78
5.2.4	Füllungserfassung mittels Luftmassensensor	80
5.3	Füllungserfassung mittels Brennraumdruck-Sensoren	81
5.3.1	Auswertung des Brennraumdruck-Signals	82
5.3.2	Empfindlichkeitsanalyse	85
5.3.3	Füllungserfassung bei Leckagen	86
5.4	Zusammenfassung	87
6	Regelung der AGR-Rate	90
6.1	Einführung	90
6.2	Entwicklungsstand	91
6.3	Brennraumdruck-Auswertung zur AGR-Regelung	93
6.4	Struktur der Regelung	95
6.5	Messergebnisse	95
6.6	Zusammenfassung	97
7	Warmlaufregelung	99
7.1	Einführung	99
7.2	Brennraumdruck-Sensoren zur Warmlaufregelung	102
7.2.1	Regelung des Zündwinkels	102
7.2.2	Reduzierung der Gemischanreicherung	102
7.2.3	Gemischvertrimmung	103
7.2.4	Messergebnis	103
7.3	Zusammenfassung	105

8	Weitere Anwendungen des Brennraumdrucks	106
8.1	On-line Adaption des Motormoment-Modells	106
8.2	Erfassung des Luftverhältnisses	108
8.2.1	Stand der Forschung	109
8.2.2	Momentenbasierte Lambda-Schätzung	110
8.2.3	Bewertung des Verfahrens	112
8.3	Bestimmung der Nockenwellenstellung	113
8.4	OT-Schätzung	114
8.5	Erkennung von Verbrennungsaussetzern	116
8.6	Zusammenfassung	117
9	Realisiertes Brennraumdruck-basiertes Motormanagement-System	119
9.1	Das Rapid-Control-Prototyping- und das Indiziersystem	119
9.2	Software-Struktur zur Echtzeit-Brennraumdruckauswertung	120
9.3	Übersicht über implementierte Motorsteuerfunktionen	121
10	Zusammenfassung und Ausblick	126
A	Parameter-Schätzverfahren	130
A.1	Methode der kleinsten Fehlerquadrate (LS-Verfahren)	130
A.2	Rekursive Methode der kleinsten Quadrate (RLS)	131
A.3	Gradientenverfahren (LMS und NLMS)	132
B	Beschreibung des Motorenprüfstands	134
B.1	Sensorik	136
B.2	Prüfling	137
B.3	Software	139
	Literaturverzeichnis	151