

Digitale kurbelwinkelsynchrone Modellbildung und Dreh- schwingungsdämpfung eines Dieselmotors mit Last

1 Einleitung	1
1.1 Stand der Technik	4
1.1.1 Stellgliedregelungen	6
1.1.2 Regelungen und Steuerungen im Motormanagement	6
1.1.3 Motorregelung in der Forschung	8
1.2 Regelung des Motors im Antriebsstrang	9
1.3 Motormanagement mit selbsteinstellender dynamischer Regelung	10
1.3.1 Selbsteinstellende Regelung	10
1.3.2 Unterlagerte dynamische Rückführung zur Dämpfung von Schwingungen	11
1.4 Vorteile einer kurbelwinkelsynchronen Regelung	13
1.5 Zusammenfassung	16
2 Grundlagen winkelsynchroner Prozeßmodelle und Signalverarbeitung	17
2.1 Laplace- und z-Transformation für winkelsynchrone Signale	17
2.1.1 Transformation kontinuierlicher Signale	17
2.1.2 Transformation diskreter Signale	19
2.2 Diskretes Modell eines linearen zeitinvarianten Systems bei variabler Abtastzeit	20
2.2.1 Anforderungen an den Prozeß und die Signalverarbeitung	21
2.2.2 Vektordifferenzgleichung als Einschrittvorhersage	21
2.2.3 Die abtastzeitvariante Vektordifferenzgleichung zur Realisierung des diskreten Modells	24
2.2.4 Echtzeitfähige Realisierung abtastzeitvarianter diskreter Modelle	25
2.2.5 Parameter des abtastzeitvarianten Modells	29
2.2.6 Modell eines rein differenzierenden Prozesses	31
2.3 Kurbelwinkelsynchrone Prozeßmodelle	32
2.3.1 Lineare winkelsynchrone Modelle	32
2.3.2 Winkelkontinuierliches Modell eines zeitinvarianten linearen dynamischen Prozesses	33
2.3.3 Winkeldiskretes Modell eines zeitinvarianten linearen dynamischen Prozesses	34
2.4 Prinzipielle Modellierungsfehler abtastzeitvarianter Differenzgleichungen	36
2.5 Verarbeitung abtastzeitvarianter Signale	37
2.5.1 Zeitinvariante Filterung mit abtastzeitvarianten diskreten Meßdaten	38
2.5.2 Winkelinvariante Verarbeitung winkelsynchroner Signale	39
2.6 Zusammenfassung	40

3	Kontinuierliche Modellbildung des Dieselmotors mit Last	41
3.1	Aufteilung des Gesamtsystems in Teilmodelle	42
3.2	Der Saugmotor	45
3.2.1	Modellbildung	45
3.2.2	Simulation bei fester Motordrehzahl	49
3.2.3	Motormoment bei Sprunganregung	52
3.3	Motor mit Turbolader	55
3.3.1	Verifikation der Turbomotorsimulation	62
3.4	Fahrzeug als Last	64
3.5	Einspritzanlage	64
3.6	Zusammenfassung	65
4	Winkeldiskrete Modelle für Diesel- und Turbodieselmotor	67
4.1	Saugmotor	67
4.1.1	Modell eines Zylinders	67
4.1.2	Modelle für Mehrzylindermotoren	70
4.1.3	Wahl des Abtastwinkels	72
4.1.4	Winkeldiskrete Motorsimulation	73
4.1.5	Bestimmung der Parameterfelder	75
4.2	Turbomotor	80
4.3	Reduziertes Lastmodell	81
4.4	Simulation des Gesamtsystems	83
4.5	Stellgliedmodell und stark reduziertes Saugmotormodell	85
4.5.1	Kompensation der statischen Nichtlinearität	85
4.5.2	Reduziertes Saugmotormodell	86
4.6	Zusammenfassung	90
5	Parameteridentifikation an Systemen mit variabler Abtastzeit	91
5.1	Eingesetzte Parameterschätzverfahren	92
5.1.1	Methode der kleinsten Quadrate	92
5.1.2	Parameterschätzung nach der Methode der direkten Triangularisierung	93
5.1.3	Rekursive Methode der direkten Triangularisierung (RDTG)	95
5.2	Parameteridentifikation winkelsynchroner Prozeßmodelle	96
5.2.1	Identifikation winkeldiskreter Prozeßmodelle	97
5.2.2	Identifikation winkelkontinuierlicher Prozeßmodelle	97
5.2.3	Identifikation des mittleren inneren Motormomentes	99

5.3	Parameteridentifikation abtastzeitvarianter Prozeßmodell	100
5.3.1	Parameterschätzung einer kontinuierliche Differentialgleichung bei variabler Abtastzeit	100
5.3.2	Anforderungen an Signaldynamik und korrespondierende Abtastzeit	103
5.3.3	Identifikation linearer abtastzeitvarianter Prozeßmodelle	104
5.3.4	Datenreduktion zur Verbesserung der Identifikation	106
5.3.5	Abtastzeitvariante diskrete Zustandvariablenfilter	107
5.3.6	Zustandsvariablenfilter mit Polynomapproximation	109
5.3.7	Abtastzeitvariante Parameterschätzung mit Zustandsvariablenfiltern	112
5.3.8	Auswahl des verwendeten Schätzverfahrens	113
5.4	Identifikation der Ladedruckdynamik eines Turbomotor	114
5.5	Zusammenfassung	117
6	Regler bei variabler Abtastung	118
6.1	Abtastzeitvariante Zustandsrückführung	118
6.2	Abtastzeitvariante parameteroptimierte Regler	121
6.2.1	Auslegung der abtastzeitvarianten-parameteroptimierten Regler	122
7	Aktive Antriebsstrangschwingungsdämpfung	125
7.1	Modellbildung des Antriebstrangs	125
7.1.1	Modellaufteilung	128
7.2	Struktur der aktiven Antriebsstrangschwingungsdämpfung	130
7.2.1	Auswahl des Bandpaßfilters	132
7.2.2	Online Drehmomentrekonstruktion für den Saugdieselmotor	133
7.2.3	Online Drehmomentrekonstruktion für den Turbodieselmotor	135
7.3	AASD als zeitsynchrones System	135
7.3.1	Zeitdiskrete Identifikation des Prozeßmodells	136
7.3.2	Zeitkontinuierliche Parameterschätzung	138
7.3.3	Rückführungsentwurf einer zeitdiskreten Rückführung	139
7.3.4	Applikation der Rückführung am Prozeß	143
7.4	AASD als winkelsynschrones System	146
7.4.1	Abtastzeitvariante Identifikation des Systems	147
7.4.2	Rückführungsentwurf für die winkelsynchrone AASD	150
7.4.3	Applikation der winkelsynchronen AASD am Prüfstand	152
7.5	Vergleich von zeit- und winkelsynschrone AASD Rückführung	152
7.5.1	Einsatz der AASD in einem Fahrzyklus	154
7.6	Zusammenfassung	156
8	Zusammenfassung	157
	Schrifttum	159