

Inhaltsverzeichnis

- 1 Einleitung.....1
- 2 Regelung eines Synchronmotors4
 - 2.1 Aufbau eines permanentmagneterregten Synchronmotors.....4
 - 2.2 Raumzeigertransformation6
 - 2.3 Modellbildung des Synchronmotors.....13
 - 2.3.1 Mathematisches Modell der Motormechanik13
 - 2.3.2 Mathematisches Modell des Motorstromkreises.....16
 - 2.3.3 Ermittlung des Motordrehmoments30
 - 2.3.4 Elektrische und mechanische Winkelgeschwindigkeit.....34
 - 2.4 Analyse des Motormodells.....35
 - 2.4.1 Vorbereitende Annahmen für die Analyse35
 - 2.4.2 Analyse der Übertragungspfade des Modells.....38
 - 2.4.3 Simulation des Modells45
 - 2.4.4 Zusammenfassung der Analyse-Ergebnisse47
 - 2.5 Entwurf der Motorregelung49
 - 2.5.1 Integration einer magnetischen Entkopplung50
 - 2.5.2 Auslegung des Stromreglers.....51
 - 2.5.3 Auslegung des Drehzahlreglers.....55
 - 2.5.4 Ergänzung eines Vorfilters59
 - 2.6 Implementierung des geregelten Systems61
 - 2.7 Analyse des geregelten Systems62
 - 2.7.1 Analyse der Übertragungspfade des geregelten Systems63
 - 2.7.2 Simulation des geregelten Systems.....67
- 3 Hardwarenahe Simulation der Motorregelung73
 - 3.1 Dreiphasiger Wechselrichter.....76
 - 3.2 Hallsensormodell81
 - 3.3 Stromsensormodell.....86
 - 3.4 Modulationsverfahren88
 - 3.4.1 Raumzeigermodulationsverfahrens89

3.4.2	Implementierung der SVPWM Modulation.....	99
3.5	Rotorpositionsbestimmung durch Positionsextrapolation.....	109
3.6	Realisierung der digitalen Regelung.....	119
3.6.1	Zeitdiskrete Umsetzung der entworfenen Stromregelung	119
3.6.2	Stellgrößenbegrenzung und Anti-Windup-Mechanismus	124
3.6.3	Integration von Multitasking über einen Scheduler.....	127
3.6.4	Stromsensorerfassung.....	129
3.6.5	Vergleichssimulation	130
4	Fahrer- und Antriebstrangmodellierung	135
4.1	Modellierung und Implementierung des Tretlagersensors	139
4.1.1	Fahrzyklus	144
4.1.2	Fahrerpedaliermodell	147
4.1.3	Implementierung des Fahrermodells	151
4.2	Drehmomentsensorauswertung.....	154
4.2.1	Implementierung der Trittfrequenzauswertung	157
4.2.2	Implementierung der Drehmomentbestimmung	160
4.2.3	Führungsgrößenbestimmung.....	162
5	Fahrdynamikmodellierung dreispuriger Fahrzeuge	167
5.1	Nichtlineares Dreispurmodell in der Ebene	169
5.1.1	Topologie und Prinzip des Dreispurmodells	170
5.1.2	Bewegungsgleichungen des Dreispurmodells.....	173
5.1.3	Bestimmung des Schräglaufwinkels	179
5.2	Räumliches Modell des Fahrzeugaufbaus	182
5.2.1	Topologie und Prinzip des Fahrzeugaufbaumodells.....	182
5.2.2	Bewegungsgleichungen des Fahrzeugaufbaumodells	185
5.3	Laterales Reifenmodell	193
5.4	Implementierung des Fahrdynamikmodells.....	195
5.5	Simulation des Fahrdynamikmodells	199
6	Batteriemodellierung.....	205
6.1	Überblick über die Systemkomponenten einer Batterie	206
6.2	Modellierung von Batteriesystemen.....	208
6.2.1	Klassifikation der Modellierungsansätze.....	210

6.2.2	Umsetzung der Batteriemodellierungskategorien.....	212
6.3	Modellierung als impedanzbasiertes Ersatzschaltbild.....	214
6.3.1	Aufbau und Ersatzschaltbildelemente	214
6.3.2	Parametrierung von impedanzbasierten ESB-Modellen.....	217
6.3.3	Aussagekraft und Anwendung des Modellansatzes.....	228
6.4	Modellierung einer Lithiumionen-Batterie	229
6.4.1	Herleitung der Modellgleichungen	233
6.4.2	Implementierung des Modells in Simulink	242
7	Fazit und Ausblick	250
	Anhang.....	251
	Literaturverzeichnis.....	261