

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Regelung eines Synchronmotors .....</b>	<b>4</b>
2.1	Aufbau eines permanentmagnetenerregten Synchronmotors.....	4
2.2	Raumzeigertransformation .....	6
2.3	Modellbildung des Synchronmotors.....	13
2.3.1	Mathematisches Modell der Motormechanik .....	13
2.3.2	Mathematisches Modell des Motorstromkreises.....	16
2.3.3	Ermittlung des Motordrehmoments.....	30
2.3.4	Elektrische und mechanische Winkelgeschwindigkeit.....	34
2.4	Analyse des Motormodells.....	35
2.4.1	Vorbereitende Annahmen für die Analyse .....	35
2.4.2	Analyse der Übertragungspfade des Modells.....	38
2.4.3	Simulation des Modells .....	45
2.4.4	Zusammenfassung der Analyse-Ergebnisse .....	47
2.5	Entwurf der Motorregelung .....	49
2.5.1	Integration einer magnetischen Entkopplung .....	50
2.5.2	Auslegung des Stromreglers.....	51
2.5.3	Auslegung des Drehzahlreglers.....	55
2.5.4	Ergänzung eines Vorfilters.....	59
2.6	Implementierung des geregelten Systems .....	61
2.7	Analyse des geregelten Systems .....	62
2.7.1	Analyse der Übertragungspfade des geregelten Systems .....	63
2.7.2	Simulation des geregelten Systems.....	67
<b>3</b>	<b>Hardwarenahe Simulation der Motorregelung .....</b>	<b>73</b>
3.1	Dreiphasiger Wechselrichter.....	76
3.2	Hallsensormodell .....	81
3.3	Stromsensormodell .....	86
3.4	Modulationsverfahren .....	88
3.4.1	Raumzeigermodulationsverfahrens .....	89

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
<b>4</b>	<b>Fahrer- und Antriebstrangmodellierung .....</b>	<b>135</b>
4.1	Modellierung und Implementierung des Tretlaggersensors .....	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
<b>5</b>	<b>Fahrdynamikmodellierung dreispuriger Fahrzeuge .....</b>	<b>167</b>
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 Schräglauwinkels .....	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
<b>6</b>	<b>Batteriemodellierung .....</b>	<b>205</b>
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
<b>7</b>	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>250</b>
<b>Anhang.....</b>		<b>251</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>		<b>261</b>