

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenkonvention	X
Formelzeichenverzeichnis	XI
1 Einleitung	1
1.1 Thematische Einordnung	3
1.1.1 Verfahren auf Basis der magnetischen Anisotropie	3
1.1.2 Verfahren auf Basis der EMK	4
1.1.3 Berechnung der Schätzgrößen	5
1.1.4 Parametrierung und Inbetriebnahme	6
1.2 Zielsetzung der Arbeit	8
1.3 Gliederung der Arbeit	9
2 Modellierung des geberlosen Antriebssystems	10
2.1 Die permanentmagneterregte Synchronmaschine	10
2.1.1 Raumzeiger	10
2.1.2 Modell der PMSM mit Raumzeigern	13
2.2 Leistungselektronik	17
2.2.1 Pulsdauermodulation	18
2.2.2 Stromüberabtastung	21
2.2.3 Nichtlineare Übertragungseigenschaften des Wechselrichters	22
2.3 Aufbau des Antriebssystems	25
2.3.1 Prüfstand A	26
2.3.2 Prüfstand B	28
3 Anisotropie-basierte Rotorlageschätzung	31
3.1 Differentialgleichung der PMSM in geschätzten Koordinaten	31
3.2 Herleitung der Fehlergleichung	34
3.2.1 Gradientenabstiegsverfahren	35
3.2.2 Quasi-direkte Berechnungsmethode	36
3.3 Einfluss der Gegeninduktivität	40
3.3.1 Herleitung des resultierenden Rotorlageschätzfehlers	40
3.4 Parameterabhängigkeit	42
3.5 Kompensation stationärer Fehler	45
3.6 Experimentelle Ergebnisse	50
3.6.1 Qualitätskriterien der geberlosen Regelung	50
3.6.2 Prüfstand A	51
3.6.3 Prüfstand B	56

3.7	Zusammenfassung des Kapitels	60
4	EMK-basierte Rotorlageschätzung	61
4.1	Definition der Fehlergleichung	61
4.2	Implementierung des EMF-QD	64
4.2.1	Vereinfachung des Gradienten	65
4.2.2	Implementierte Struktur	68
4.3	Simulative Untersuchung	68
4.3.1	Untersuchung der Parameterabhängigkeit	71
4.4	Kompensation alternierender Stromsteigungen	73
4.5	Experimentelle Ergebnisse	78
4.5.1	Prüfstand A	78
4.5.2	Prüfstand B	82
4.6	Zusammenfassung des Kapitels	85
5	Kombiniertes Verfahren FDE/EMF-QD	86
5.1	Kombination der Verfahren FDE-QD und EMF-QD	86
5.2	Berücksichtigung der Signalintensität bei der Addition der Gradienten	87
5.3	Experimentelle Ergebnisse	92
5.3.1	Betrachtung der Dynamik der geberlosen Regelung	92
5.3.2	Untersuchung der Qualität der Schätzung im Betriebsbereich	100
5.4	Zusammenfassung des Kapitels	102
6	Auto-Commissioning	103
6.1	Ablauf des Auto-Commissionings	103
6.2	Kompensation des Abbildungsfehlers des Wechselrichters und Identifikation des Strangwiderstands	105
6.3	Identifikation der Induktivitätsmatrix	108
6.3.1	Initiale Ermittlung ohne Sättigungseinflüsse	108
6.3.2	Positive d-Achse identifizieren	112
6.3.3	Sättigungsabhängiger Verlauf der Selbstinduktivitäten	115
6.3.4	Identifikation der differentiellen Gegeninduktivität	120
6.4	Ermittlung der Flussverkettung der Permanentmagnete	127
6.5	Ermittlung der Massenträgheit des Antriebsstrangs	129
6.6	Parametrierung des Drehzahlregelkreises	130
6.6.1	Untersuchung der Dynamik von FDE-QD und EMF-QD	132
6.7	Zusammenfassung des Kapitels	134
7	Zusammenfassung	135
8	Ausblick	137
A	Anhang	138
A.1	Goertzel-Algorithmus	138
A.2	Flux Derivative Estimator Quasi-Direct (FDE-QD)	141
A.2.1	Herleitung L'_{dq}	141
A.2.2	Experimentelle Ergebnisse	142

A.3 Parametrierung des Stromreglers	142
A.4 FDE/EMF-QD	144
Literaturverzeichnis	148
Lebenslauf	157