

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1. Motivation	1
1.2. Anforderungen an die Simulationsmethodik	3
1.3. Stand der Wissenschaft	4
1.4. Eigener Ansatz	8
1.5. Aufbau der Arbeit	10
2. Grundlagen der Käfigläufer-Asynchronmaschine	11
2.1. Aufbau der Käfigläufer-Asynchronmaschine	12
2.2. Grundlegende Zusammenhänge und Wirkprinzip	12
2.3. Stromharmonische der Käfigläufer-Asynchronmaschine	15
3. Finite-Elemente-Modell einer Käfigläufer-Asynchronmaschine	21
3.1. Aufbau des FE-Modells	22
3.1.1. Eigenschaften der Beispielmachine	22
3.1.2. Vernetzung des FE-Modells	23
3.1.3. Verschaltung des FE-Modells	24
3.2. Parametrierung semi-analytischer Modelle	25
3.2.1. Auswahl von Frequenzkombinationen	26
3.2.2. Ansteuerung über den Betriebsbereich	28
3.2.3. Bereitstellung von Induktivitäten	33
3.3. Berechnung des Wirkungsgradkennfeldes	39
3.3.1. Interpolation der Daten aus der Parameterstudie	40
3.3.2. Berechnung der Maximalkennlinie	43
3.3.3. Berechnung des Kennfeldes mit verlustoptimaler Ansteuerung	44
3.4. Validierung des FE-Modells	46
3.4.1. Prüfstands Aufbau	46
3.4.2. Abgleich gegenüber Messungen	48
3.4.3. Anpassungen am FE-Modell	50
4. Semi-analytische Modelle der Käfigläufer-Asynchronmaschine	53
4.1. Überblick Modellvarianten	54
4.2. Modellierung von Statorkreis und Rotorkäfig	55
4.2.1. Modellierung ohne Wickelkopf- und Endringinduktivitäten	55
4.2.2. Modellierung mit Wickelkopf- und Endringinduktivitäten	62

4.3.	Interpolation von Strömen und Flussverkettungen	71
4.3.1.	Problemstellung	72
4.3.2.	Trigonometrische Interpolation in Drehwinkelrichtung	74
4.3.3.	Scattered Data Interpolation	76
4.3.4.	Kombinierte Anwendung der Interpolationsverfahren	79
4.4.	Vorstellung der Modellvarianten	83
4.4.1.	Modellvariante V1 mit Tayloransatz	83
4.4.2.	Modellvariante V2A mit Interpolation	86
4.4.3.	Modellvariante V2B mit Interpolation der Induktivitätsmatrix	88
4.4.4.	Modellvariante V3 mit Hybridansatz	91
5.	Anwendung und Validierung der semi-analytischen Modelle	95
5.1.	Berechnung von Stromverläufen	95
5.1.1.	Anregung mit sinusförmiger Spannung	96
5.1.2.	Anregung mit einem Invertermodell	104
5.2.	Bereitstellung zusätzlicher Signale	111
5.2.1.	Anregung mit sinusförmiger Spannung	114
5.2.2.	Anregung mit einem Invertermodell	120
5.3.	Berechnung von Stromwärmeverlusten	125
5.3.1.	Anregung mit sinusförmiger Spannung	127
5.3.2.	Anregung mit einem Invertermodell	128
5.4.	Berechnung von Eisenverlusten	129
5.4.1.	Anregung mit sinusförmiger Spannung	132
5.4.2.	Anregung mit einem Invertermodell	134
5.5.	Nachgelagerte stromgetriebene FE-Simulation	137
5.5.1.	Anregung mit sinusförmiger Spannung	138
5.5.2.	Anregung mit einem Invertermodell	139
6.	Zusammenfassung und Ausblick	143
	Literaturverzeichnis	i
	Abbildungsverzeichnis	vii
	Tabellenverzeichnis	xiii
A.	Anhang	xv
A.1.	Spezifische Eisenverluste	xv
A.2.	Finite-Elemente-Vollmodell	xv
A.3.	Verlustleistungskennfelder	xvii
A.4.	Prüfstandsausstattung	xviii
A.5.	Invertermodell	xix