

Inhaltsverzeichnis

Tabellenverzeichnis	XIII
Abbildungsverzeichnis	XV
Abkürzungsverzeichnis	XIX
Symbolverzeichnis	XXI
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	2
1.2 Zielsetzung und Forschungsfragen	4
2 Berührungslose Energieübertragung	7
2.1 Induktive Energieübertragung	9
2.2 Grundlagen der Spulensysteme und Blindleistungskompensation	14
2.2.1 Grundwellenmodell der 1s2p-Kompensation	15
2.2.2 Grundwellenmodell der 1s2-Kompensation	19
2.3 Grundlagen der Leistungselektronik	23
2.3.1 Stand der Technik von Halbleitern	23
2.3.2 Eigenschaften von Wechsel- und Gleichrichter	26
3 Erweiterte Analyse des Energieübertragungssystems	31
3.1 Betrachtung von Harmonischen und Verlusten in Abhängigkeit der magnetischen Kopplung	32
3.1.1 Betrachtung von Harmonischen	32
3.1.2 Betrachtung von Verlusten	35
3.1.3 Gemeinsame Betrachtung von Harmonischen und Verlusten	36
3.1.4 Vergleich des 1s2- und 1s2p-Systems	40
3.2 Betrachtung einer Vertrimmung in Abhängigkeit der magnetischen Kopplung	42
3.2.1 Vertrimmung durch Fertigungstoleranzen	42
3.2.2 Vergleich des 1s2- und 1s2p-Systems	43

3.3	Betrachtung der Verluste in Abhängigkeit vom Lastwiderstand	45
3.3.1	Vergleich des 1s2- und 1s2p-Systems hinsichtlich einer Vertrimmung	48
3.4	Zusammenfassung der Ergebnisse	50
3.5	Relevanz für die Auslegung rotierender Energieübertragungssysteme	51
3.5.1	Temperaturabhängige Spulengüte	51
3.5.2	Stromübertragungsfunktion	51
3.5.3	Ausblick	52
4	Elektromagnetische Simulation rotierender Spulensysteme	53
4.1	Geometrien der Spulensysteme	54
4.2	Elektromagnetische Feldsimulation eines Spulensystems . . .	56
4.2.1	Elektromagnetische Randbedingungen	58
4.2.2	Modellierung der Systemverluste	59
4.2.3	Materialparameter	63
4.3	Methodisches Simulationsverfahren	64
4.3.1	Abbildung der Geometrien	64
4.3.2	Darstellung des Simulationsprozesses	65
4.4	Exemplarischer Vergleich der Spulensysteme	67
4.4.1	Definition der Randbedingungen	67
4.4.2	Darstellung der Simulationsergebnisse	71
4.4.3	Relevanz für die Auslegung rotierender Energieübertragungssysteme	73
5	Methoden zur Steigerung der Effizienz	77
5.1	Flussführung und Flussschirmung	77
5.1.1	Verwendete Materialien	77
5.1.2	Materialuntersuchung am Demonstrator	79
5.1.3	Ergebnis der Materialuntersuchung	80
5.2	Aktive Gleichrichtung	82
5.3	Steuer- und Regelungsstrategien	86
5.3.1	Ansteuerverfahren des Wechselrichters	86
5.3.2	Modellbasierte Regelung	89
6	Synchronmaschine mit integriertem Energieübertragungssystem	95
6.1	Mechanischer Aufbau der Synchronmaschine	95
6.1.1	Realisierung des ersten Prototyps	99
6.1.2	Prüfstandsmontage	102

6.2	Elektrisches Design des Energieübertragungssystems	102
6.3	Inbetriebnahme der Synchronmaschine	109
6.3.1	Verifizierung des Systemdesigns	110
6.3.2	Verifizierung der Stromregelung und Temperaturermittlung	113
7	Zusammenfassung	117
	Literaturverzeichnis	121
A	Anhang A	135
A.1	Komplexe Wechselstromtheorie	135
A.2	Systemtopologie	136
A.2.1	Abweichung im charakteristischen Widerstand durch die vereinfachte Berechnung	136
A.2.2	Wirkungsgrade der Topologien	138
A.2.3	Vergleich der Wirkungsgrade	141
A.3	Induktivitätsunabhängige Spulengüte	144
A.4	Weitere Ergebnisse der FEM-Simulation	145
A.5	Darstellung des Demonstrators	147
A.6	Kapazitäten eines MOSFETs	148
A.7	Darstellung des ersten und zweiten Prototyps	148
A.8	Erweiterte Messungen am zweiten Prototyp	150