

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenkonvention	III
Formelzeichenverzeichnis	IV
1 Einleitung	1
2 Stand der Wissenschaft und Technik und Einordnung der Dissertation	5
2.1 Magnetische Kräfte im Luftspalt	6
2.1.1 Drehfeldtheorie	6
2.1.2 Maxwell'sche Grenzflächenkraft	6
2.1.3 Zugspannungswellen	8
2.1.4 Stand der Wissenschaft und Technik	9
2.2 Strukturdynamisches Schwingungsverhalten	10
2.2.1 Kreisringmodell	11
2.2.2 Dünnwandiger Zylinder	13
2.2.3 Mehrmassenschwinger	14
2.2.4 Stand der Wissenschaft und Technik	16
2.3 Akustik	19
2.3.1 Schalldruckpegel und Schalldruckleistung	19
2.3.2 Abstrahlverhalten	20
2.3.3 Stand der Wissenschaft und Technik	20
2.4 Einordnung der Dissertation und Formulierung der Forschungsfragen	21
3 Grundlagen des strukturdynamischen Schwingungsverhaltens	25
3.1 Grundlagen der Schwingungsdynamik	25
3.1.1 Einmassenschwinger	26
3.1.2 Mehrmassenschwinger	31
3.1.3 Modalanalyse	40
3.2 Materialmodelle in Festkörpern	41
3.2.1 Masse	41
3.2.2 Dämpfung	42
3.2.3 Steifigkeit	47
4 Bewertungskriterien des Schwingungsverhaltens	50
4.1 Summenübertragungsfunktion	52
4.2 Eigenfrequenzen	53

4.3	Dämpfung	55
4.3.1	Messung	56
4.3.2	Modellierung	59
4.3.3	Modale Abweichung	60
4.4	Eigenformen	60
5	Experimentelle Modalanalyse	62
5.1	Prüfstand	62
5.2	Durchführung	64
5.3	Kraft- und Beschleunigungssensoren	66
5.4	Messfehler und -ungenauigkeiten	68
6	Numerische Modal- und harmonische Analyse	70
6.1	Simulationsmodelle	70
6.2	Materialmodellierung	71
6.2.1	Materialwerte	72
6.2.2	Blechkpaket	72
6.2.3	Separate Ständerzähne	73
6.2.4	Homogene Nutfüllung	74
6.2.5	Detaillierte Nutfüllung	75
6.3	Rand- und Kontaktbedingungen	76
6.3.1	Randbedingungen	76
6.3.2	Kontaktbedingungen	76
6.4	Vernetzung	77
6.5	Modalanalyse	79
6.6	Harmonische Analyse	80
7	Schwingungsverhalten der Ständer	83
7.1	Ständer ohne Wicklung	84
7.1.1	Ständer R1	85
7.1.2	Ständer F1	90
7.1.3	Ständer ZA1	90
7.1.4	Ständer ZB1	93
7.1.5	Erkenntnisse und Empfehlungen für die Berechnung	95
7.2	Ständer mit loser Wicklung	96
7.2.1	Ständer R2	97
7.2.2	Ständer F2	101
7.2.3	Ständer ZA2	101
7.2.4	Ständer ZB2	105
7.2.5	Erkenntnisse und Empfehlungen für die Berechnung	106
7.3	Ständer mit imprägnierter Wicklung	107
7.3.1	Ständer R3	109
7.3.2	Ständer F3	112
7.3.3	Ständer ZA3	115
7.3.4	Ständer ZB3	117

7.3.5	Erkenntnisse und Empfehlungen für die Berechnung	120
7.4	Ständer mit vollvergossener Wicklung	122
7.4.1	Ständer R4	124
7.4.2	Ständer F4	126
7.4.3	Ständer ZA4	129
7.4.4	Ständer ZB4	131
7.4.5	Erkenntnisse und Empfehlungen für die Berechnung	133
7.5	Zusammenfassung und Erklärung	135
7.5.1	Masse	135
7.5.2	Dämpfung	136
7.5.3	Steifigkeit	138
7.6	Erkenntnisse für die Dimensionierung elektrischer Maschinen	142
8	Weiterführende Untersuchungen zur Dämpfungsmodellierung	145
8.1	Ständer ohne Wicklung	146
8.2	Ständer mit loser Wicklung	148
8.3	Ständer mit imprägnierter Wicklung	149
8.4	Ständer mit vollvergossener Wicklung	151
8.5	Diskussion der Ergebnisse	152
9	Zusammenfassung und Ausblick	155
A	Anhang	159
A.1	Einleitung	159
A.2	Bewertungskriterien des Schwingungsverhaltens	160
A.2.1	Interpolation der Messergebnisse	160
A.3	Experimentelle Modalanalyse	161
A.3.1	Picket Fence Effect	161
A.3.2	Messrauschen im Leerlauf	161
A.3.3	Kraftverläufe der Modalhammeranschläge	163
A.3.4	Einfluss der elastischen Aufhängung	165
A.4	Numerische Modal- und harmonische Analyse	168
A.4.1	Berechnungsmodelle	168
A.4.2	Einfluss der Elementgrößen	169
A.5	Schwingungsverhalten der Ständer	171
A.5.1	Ständer ohne Wicklung	171
A.5.2	Ständer mit loser Wicklung	173
A.5.3	Ständer mit imprägnierter Wicklung	176
A.5.4	Ständer mit vollvergossener Wicklung	184
A.5.5	Zusammenfassung und Erkenntnisse	191
	Literaturverzeichnis	193