

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG.....	9
1.1	Permanentmagneterregte Synchronmaschine.....	9
1.2	Anforderungen in der Antriebstechnik.....	11
1.3	Motivation und Ziel der Arbeit.....	12
2	STAND DER TECHNIK	15
2.1	Klassifizierung der Drehmomentwelligkeit	15
2.2	Methoden zur Reduzierung der Drehmomentwelligkeit	16
2.2.1	Schrägung	16
2.2.2	Variation der Magnetbreite	19
2.2.3	Sehnung	22
2.2.4	Variation der Windungszahl	23
2.2.5	Korrekturstromspeisung.....	27
2.3	Berechnung der Drehmomentwelligkeit	28
2.3.1	Ankerfeld	29
2.3.2	Permanentmagneterregtes Luftspaltfeld.....	34
2.3.3	Mittleres Drehmoment	38
2.3.4	Drehmomentoverschwingungen	38
3	BERECHNUNGSVERFAHREN ZUR OPTIMIERUNG DER DREHMOMENTWELLIGKEIT MIT WINDUNGSZAHLVARIATION.....	41
3.1	Numerische Drehmomentberechnung.....	41
3.2	Analytische Drehmomentberechnung	42
3.3	Kombination von numerischer und analytischer Drehmomentberechnung	43
3.4	Optimierung mit Berechnungstool	45
3.4.1	Mittleres Drehmoment bestimmt 6. Harmonische	47
3.4.2	6. Harmonische bestimmt mittleres Drehmoment.....	47
3.4.3	6. und 12. Harmonische bestimmen mittleres Drehmoment	49
3.4.4	Optimaler Kompromiss unter Berücksichtigung von lokalen Minima der Harmonischen	49

4	ANWENDUNG AUF AUSGEWÄHLTE MOTORTOPOLOGIEN	52
4.1	Beschreibung des Rechengangs	54
4.2	Drehmomentberechnung bei 18 Nuten und 20 Pole.....	55
4.2.1	Analytische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite.....	56
4.2.2	Numerische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite.....	58
4.2.3	Vergleich von analytischer und numerischer Berechnung.....	59
4.2.4	Analytische Berechnung bei unterschiedlicher Magnet- und Zahnbreite	61
4.2.5	Numerische Berechnung bei unterschiedlicher Magnet- und Zahnbreite	62
4.3	Drehmomentberechnung bei 27 Nuten und 30 Pole.....	64
4.3.1	Analytische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite	64
4.3.2	Numerische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite.....	65
4.3.3	Vergleich von analytischer und numerischer Berechnung	67
4.4	Drehmomentberechnung bei 24 Nuten und 26 Pole.....	68
4.4.1	Analytische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite	69
4.4.2	Numerische Berechnung bei unterschiedlicher Magnetbreite.....	70
4.4.3	Vergleich von analytischer und numerischer Berechnung	72
5	REDUZIERUNG MAGNETVOLUMEN MIT NACHFOLGENDER OPTIMIERUNG DER DREHMOMENTWELLIGKEIT.....	74
5.1	Beschreibung des Rechengangs	75
5.2	Kompromissbildung zwischen Magnetvolumenreduzierung und Absenkung mittlerem Drehmoment	77
6	MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG.....	80
6.1	Beschreibung der Versuchsmaschine	80
6.2	Beschreibung der Versuchsanordnung	82
6.3	Messergebnisse	86
6.3.1	Schwingungsmessung bei 300 rpm	88
6.3.2	Schwingungsmessung bei 240 rpm	90
6.3.3	Schwingungsmessung bei 180 rpm	92
6.3.4	Beurteilung der Messergebnisse	94

7	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	96
8	ANHANG	98
8.1	Programmablaufplan.....	98
8.2	Technische Daten der exemplarisch beschriebenen Maschinen	102
8.3	Technische Daten der Versuchsmaschinen.....	103
8.4	Elektrische Messwerte der Versuchsmaschinen.....	104
9	FORMELVERZEICHNIS.....	105
10	LITERATURVERZEICHNIS	109
10.1	Grundlagen.....	109
10.2	Lärmwirkung	110
10.3	Drehmomentwelligkeit / Zahnpulentechnik.....	110
10.4	Patente.....	112
10.5	Software und Firmenunterlagen.....	113
	LEBENSLAUF	114