

# Inhaltsverzeichnis

- Abkürzungsverzeichnis ..... V
- Formelzeichen..... VII
- 1 Einführung .....1
  - 1.1 Ziele der Arbeit .....2
- 2 Elektromagnetische Eigenschaften des Statorkäfigs .....5
  - 2.1 Modellbildung .....6
  - 2.2 Bestromung der Stäbe.....8
  - 2.3 Strangzahl, parallele Zweige und Lochzahl .....10
  - 2.4 Strombelagsverteilung .....11
  - 2.5 Durchflutungsverteilung .....13
  - 2.6 Flussdichteverteilung im Luftspalt .....15
  - 2.7 Jochfluss und induzierte Spannung.....16
  - 2.8 Induktivitäten .....17
    - 2.8.1 Hauptinduktivität .....18
    - 2.8.2 Oberwellenstreuinduktivität .....19
    - 2.8.3 Nutstreuinduktivität.....20
    - 2.8.4 Wickelkopfstreuinduktivität.....25
  - 2.9 Ohmsche Widerstände .....31
    - 2.9.1 Ohmscher Widerstand eines Stabes .....31
    - 2.9.2 Ohmscher Widerstand des Kurzschlussringes.....33
  - 2.10 Modaltransformation symmetrischer Systeme .....35
    - 2.10.1 Transformationsvorschriften .....36
    - 2.10.2 Transformation harmonischer Größen .....37
    - 2.10.3 Ausrichtung von Projektionsachsen.....38
    - 2.10.4 Drehtransformation .....39
- 3 Grundlagen synchrone Reluktanzmaschinen .....41
  - 3.1 Grundprinzip .....42
  - 3.2 Lineares Modell basierend auf dem elektrischen Kreis .....43

3.3	<b>Drehmoment und Verschiebungsfaktor .....</b>	<b>45</b>
3.4	<b>Grenzkennlinien und Betriebsbereiche .....</b>	<b>48</b>
3.5	<b>Drehmoment- und Leistungscharakteristik .....</b>	<b>50</b>
3.6	<b>Abweichung vom idealen Verhalten .....</b>	<b>52</b>
3.7	<b>Ausführungsformen des Rotors .....</b>	<b>53</b>
4	<b>Lineares Modell basierend auf dem magnetischen Kreis.....</b>	<b>57</b>
4.1	<b>Modellbildung .....</b>	<b>58</b>
4.2	<b>Durchflutungsquellen .....</b>	<b>61</b>
4.3	<b>Magnetische Widerstände.....</b>	<b>63</b>
4.3.1	Joukowski Flussbarrieren.....	63
4.3.2	Joukowski-Abbildung .....	65
4.3.3	Magnetische Widerstände der Flussbarrieren .....	66
4.3.4	Magnetische Widerstände der Luftspaltanteile.....	68
4.4	<b>Gleichungssystem .....</b>	<b>68</b>
4.5	<b>Magnetische Spannungsverteilung der Flussbarrieren.....</b>	<b>70</b>
4.6	<b>Flussdichteverteilung im Luftspalt .....</b>	<b>74</b>
4.7	<b>Jochfluss und induzierte Spannung.....</b>	<b>76</b>
4.8	<b>Hauptinduktivitäten.....</b>	<b>77</b>
4.9	<b>Drehmoment .....</b>	<b>79</b>
5	<b>Polumschaltbarkeit.....</b>	<b>83</b>
5.1	<b>Periodische Komponenten und Mittelwerte verteilter Größen.....</b>	<b>84</b>
5.2	<b>Modellvereinfachungen .....</b>	<b>89</b>
5.3	<b>Beeinflussung der Polumschaltbarkeit .....</b>	<b>91</b>
5.4	<b>Tangentiale Kombination von geometrisch symmetrischen Sektoren.....</b>	<b>92</b>
5.4.1	Hauptflussverkettung.....	93
5.4.2	Magnetische Spannungsverteilung.....	103
5.4.3	Drehmoment.....	104
5.4.4	Unabhängige Superposition von Strombelagshauptwellen.....	107
5.4.5	Abschnittsweise Kombination von Halbwellen .....	108
5.5	<b>Tangentiale Kombination von geometrisch asymmetrischen Sektoren.....</b>	<b>110</b>
5.5.1	Hauptflussverkettung.....	112
5.5.2	Drehmoment.....	123
5.5.3	Abschnittsweise Kombination von Halbwellen .....	125
5.6	<b>Axiale Kombination von geometrisch asymmetrischen Sektoren .....</b>	<b>128</b>

<b>6</b>	<b>Elektromagnetischer Entwurf.....</b>	<b>129</b>
6.1	<b>Einfluss der Rotorgeometrie auf Zielgrößen des Entwurfs .....</b>	<b>130</b>
6.1.1	Geometrien für Flussbarrieren .....	130
6.1.2	Parametrierung des Rotors .....	132
6.1.3	Anzahl an Flussbarrieren je Sektor.....	134
6.1.4	Breite und Positionierung der Flussbarrieren .....	135
6.2	<b>Reduktion der Drehmomentwelligkeit.....</b>	<b>137</b>
6.2.1	Reduktion der Drehmomentwelligkeit auf Basis der Anzahl an Stäben.....	138
6.3	<b>Grobentwurf und weiterführende Optimierung .....</b>	<b>145</b>
6.3.1	Grobentwurf.....	146
6.3.2	Weiterführende Optimierung der Maschinengeometrien .....	149
<b>7</b>	<b>Evaluation der entworfenen Kandidaten.....</b>	<b>153</b>
7.1	<b>Erstellung von Kennlinien und Kennfeldern .....</b>	<b>154</b>
7.1.1	Modellierung elektrischer Maschinen .....	154
7.1.2	Optimierung der Freiheitsgrade in den Betriebspunkten.....	156
7.2	<b>Evaluation des Kandidaten K1 .....</b>	<b>159</b>
7.2.1	Bauraum und volumetrische Drehmomentdichte .....	159
7.2.2	Drehmoment- und Leistungskennlinien .....	161
7.2.3	Kennfelder .....	162
7.3	<b>Gegenüberstellung der Kandidaten.....</b>	<b>165</b>
7.3.1	Kennlinien bei maximalem Drehmoment.....	166
7.3.2	Kennlinien bei verschiedenen Drehmomenten.....	168
7.3.3	Wirkungsgradkennfelder .....	172
7.4	<b>Evaluation der Ansteuerungsverfahren über Fahrzyklussimulationen .....</b>	<b>174</b>
7.4.1	Fahrzeugmodell.....	174
7.4.2	Fahrzyklen .....	175
7.4.3	Vergleichende Fahrzyklussimulationen .....	177
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>179</b>
8.1	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>179</b>
8.2	<b>Ausblick.....</b>	<b>184</b>
<b>Abbildungsverzeichnis .....</b>		<b>i</b>
<b>Tabellenverzeichnis .....</b>		<b>vii</b>
<b>Literaturverzeichnis.....</b>		<b>ix</b>
<b>Vorveröffentlichungsliste .....</b>		<b>xxix</b>

Inhaltsverzeichnis

---

**Anhang.....xxxi**