

Inhaltsverzeichnis

Formelzeichenverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Merkmale und Vorteile des neuartigen Generatorkonzepts	5
2.1 Wicklungskopfloser Turbogenerator	5
2.1.1 Kurzschlussring und Ständerwicklung	6
2.1.2 Gestaltung der Ständernuten	8
2.1.3 Isolierung der Ständerwicklung	8
2.1.4 Kühlkonzept	9
2.2 Mehrphasentransformator	12
2.2.1 Ermittlung der idealen Spulenwindungszahlen	13
2.2.2 Real ausführbare Wicklungsvarianten	15
2.3 Zusammenfassung	17
3 Gestaltung des Aktivteils	18
3.1 Analytische Dimensionierung des Ständerblechschnitts und der Ständerwicklung	18
3.2 Dimensionierung des Läufers	23
3.3 Nachbildung des Generatorkonzepts in einer FE-Software	25
3.4 In der Ständerwicklung induzierte Spannung	27
3.5 Auswirkung der Läufergestaltung auf die induzierte Spannung	29
3.5.1 Magnetische Flussdichte im Luftspalt	30
3.5.2 Einfluss der Läufergestaltung auf den Oberwellengehalt des Luftspaltfelds	31
3.6 Zusammenfassung	34
4 Gestaltung des Kurzschlussrings	36
4.1 Skin-Effekt	37
4.2 Proximity-Effekt	40
4.3 Massiver Kurzschlussring	43
4.3.1 Verlustbetrachtung des massiven Kurzschlussrings	43
4.3.2 Thermisches Modell des massiven Kurzschlussrings	48
4.3.3 Ergebnis der thermischen Berechnung des massiven Kurzschlussrings .	51
4.4 Hohler Kurzschlussring	52
4.4.1 Verlustbetrachtung des hohlen Kurzschlussrings	52
4.4.2 Thermisches Modell des hohlen Kurzschlussrings	53
4.4.3 Ergebnis der thermischen Berechnung des hohlen Kurzschlussrings .	56

VIII

4.5	Segmentierter Kurzschlussring	58
4.5.1	Verlustbetrachtung des segmentierten Kurzschlussrings	58
4.5.2	Thermisches Modell des segmentierten Kurzschlussrings	62
4.5.3	Ergebnis der thermischen Berechnung des segmentierten Kurzschlussrings	63
4.6	Zusammenfassung	64
5	Betriebsverhalten	67
5.1	Parametrierung des Gesamtsystems	67
5.2	Untersuchung des Betriebsverhaltens des Gesamtsystems	73
5.3	Oberschwingungsreduktion durch den Mehrphasentransformator	79
5.4	Verbindungsleitungen zwischen einem wicklungskopflosen Turbogenerator und einem Mehrphasentransformator	82
5.5	Verfahren zur Verlustberechnung	82
5.5.1	Stromwärmeverluste in der Erreger- und in der Ständerwicklung	83
5.5.2	Ummagnetisierungsverluste im Ständerblechpaket	84
5.5.3	Verluste durch Gasreibung	84
5.5.4	Oberflächenverluste durch Oberwellen des Luftspaltfelds	85
5.5.5	Verluste aufgrund von Stromoberschwingungen	88
5.6	Auswertung der Verlustberechnung	88
5.6.1	Überprüfung der Anwendbarkeit des analytischen Berechnungsverfah- rens für die Oberflächenverluste	88
5.6.2	Ergebnisse der Verlustberechnung	90
5.6.3	Maßnahme zur Reduzierung der Oberflächenverluste	91
5.7	Entwärmung und thermisches Verhalten	92
5.7.1	Grundkonzept	92
5.7.2	Wärmequellenetzwerk	95
5.7.3	Ergebnisse der thermischen Berechnungen	98
5.8	Fehlererkennung	104
5.8.1	Betrachtung der Netzströme	105
5.8.2	Betrachtung der Sternpunktspannungen	109
5.9	Zusammenfassung	114
6	Schlussfolgerungen	115
6.1	Gestaltungsempfehlungen	115
6.2	Skalierbarkeit und Grenzen des Konzepts	117
7	Zusammenfassung und Ausblick	119
A	Anhang	122
A.1	Geometrie der Kurzschlussringe des Beispielgenerators	122
A.2	Wicklungsgestaltung von Mehrphasentransformatoren für verschiedene Strang- zahlen	125
A.3	Verlustleistungen und Wärmeströme des Beispielgenerators	128
Literaturverzeichnis		129