Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung **1**

1.1 Motivation 2
1.2 Zielsetzung 3
1.3 Vorgehensweise 7

2 Analyse elektrischer Isolationssysteme und Einordnung in den wissenschaftlichen Kontext **9**

2.1 Aufbau elektrischer Isolationssysteme für Niederspannungsmaschinen 9
2.1.1 Unterscheidung zwischen Komponenten- und Systemebene 14
2.1.2 Unterscheidung zwischen Isolationstyp I und Isolationstyp II 17
2.2 Schädigungsmechanismen elektrischer Isolationssysteme . . . 19
2.2.1 Grundlagen zu Schädigungsmechanismen 22
2.2.2 Aktuelle Forschungsarbeiten zu Schädigungsmechanismen 31
2.3 Belastung des Isolationssystems von umrichtergespeisten Traktionsmaschinen 35
2.3.1 Grundlagen zur Spannungsverteilung in Wicklungen . 36
2.3.2 Aktuelle Forschungsarbeiten zur Spannungsverteilung in Maschinenwicklungen 41
2.4 Zustandsbeurteilung elektrischer Isolationssysteme 42
2.4.1 Diskussion verschiedener Teilentladungsmesskonzepte 44

3 Modell der Lebensdauer elektrischer Isolationssysteme auf Komponentenebene **50**

3.1 Physikalische und statistische Modellierungsansätze 50
3.2 Einfaktormodell der Windungsisolierung 52
3.2.1 Beschleunigte thermische Alterungsprüfungen 53
3.2.2 Entwicklung und Parametrierung des Lebensdauermodells 60
3.3 Mehrfaktormodell mit der Methodik des Design of Experiments 65
3.3.1 Definition des Design of Experiments 66

3.3.2 Versuchsplanung mittels D-optimalem Design 66
3.3.3 Modellentwicklung mittels multipler Regression 70
3.4 Zwischenfazit und Beurteilung der Methoden 79

4 Modellierung realer Lastkollektive 81
4.1 Integration der Lastkollektive in Modelle zur Ausfallwahrscheinlichkeit 82
4.2 Modellierung der realen Spannungsverteilung in Statorwicklungen 96
4.3 Zwischenfazit und Beurteilung der Ergebnisse 103

5 Lebensdauer- und Teilentladungsuntersuchungen elektrischer Isolationssysteme auf Systemebene 106
5.1 Transfer von Teilentladungsmessungen zwischen Prüfkörpern auf Komponenten- und Systemebene 106
5.2 Bewertung verschiedener Isolationssysteme anhand von Teilentladungsmessungen 116
5.3 Lebensdaueruntersuchungen elektrischer Isolationssysteme auf Systemebene 129
5.4 Zwischenfazit und Beurteilung der Ergebnisse 131

6 Zuverlässigkeitsorientierter Entwurf einer PMSM 133
6.1 Auslegung des Kühlsystems für konstante thermische Randbedingungen 134
6.2 Effekte des Isolationssystems auf die Performance der PMSM 138
6.2.1 Sensitivitätsanalyse des Isolationssystems 139
6.2.2 Optimale Isolationskoordination 145
6.3 Zwischenfazit und Beurteilung der Ergebnisse 150

7 Zusammenfassung und Ausblick 153

Literatur 156

Abkürzungen und Symbole 172