
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 umrichter gespeisten 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