
Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Motivation	1
1.1	Zielsetzung und wissenschaftlicher Fortschritt	4
1.2	Aufbau der Arbeit	5
2	Der Aluminium-Elektrolytkondensator	7
2.1	Grundlagen des Kondensators und seine Bauarten	8
2.2	Der Aufbau des Elektrolytkondensators	9
2.2.1	Die Metallfolien des Elektrolytkondensators	11
2.2.2	Das Dielektrikum	11
2.2.3	Das Papier-Elektrolyt-Gemisch	13
2.3	Die Kenngrößen von Aluminium-Elektrolytkondensatoren	13
2.3.1	Die Kapazität	14
2.3.2	Der Leckwiderstand und der Leckstrom	15
2.3.3	Der äquivalente Serienwiderstand und der Verlustfaktor	16
2.3.4	Die äquivalente Serieninduktivität	18
2.3.5	Das Impedanzspektrum des Elektrolytkondensators	19
2.4	Alterungsmechanismen von Aluminium-Elektrolytkondensatoren	22
2.4.1	Alterungseffekte durch Temperaturbelastung	25
2.4.2	Alterungseffekte durch Rippelstrombelastung	25
2.4.3	Alterungseffekte durch Spannungsbelastung	26
2.5	Ausfallkriterien von Aluminium-Elektrolytkondensatoren	28
2.6	Lebensdauertests	30
2.7	Lebensdauermodelle von Aluminium-Elektrolytkondensatoren	31

3	Trend der Zuverlässigkeitsuntersuchung in der Elektronik	35
3.1	Klassische Methoden der Zuverlässigkeitsabschätzung	35
3.2	Aktuelle Methoden der Zuverlässigkeitsuntersuchung	38
4	Ermittlung des Belastungsprofils der Kondensatoren	45
4.1	Grundlegende Informationen des Kältemittelverdichters	46
4.2	Auslegung der Zwischenkreiskapazität der elektrischen Baugruppe	48
4.3	Das Belastungsprofil der zu untersuchenden Komponente	53
4.3.1	Zeitliche Belastung der elektrischen Baugruppe	53
4.3.2	Temperaturbelastung der elektrischen Baugruppe	57
4.3.3	Spannungsbelastung der Zwischenkreiskapazitäten	62
4.3.4	Rippelstrombelastung der Elektrolytkondensatoren	65
5	Neues Konzept der Zuverlässigkeitsabschätzung der Elektrolytkondensatoren	67
5.1	Multi-Domänen-Simulation in Verbindung mit einem Alterungsmodell	68
5.1.1	Modellierung der thermischen Domäne	70
5.1.2	Modellierung der physikalische-fluiden Domäne	71
5.1.3	Modellierung der elektrischen Domäne	71
5.1.4	Konzeptionierung des Lebensdauermodells	73
5.2	Konzeptionierung eines Zuverlässigkeitsprüfstands für Kondensatoren	76
5.2.1	Anforderungen an den Zuverlässigkeitsprüfstand	76
5.2.2	Umsetzung des Zuverlässigkeitsprüfstands	77
6	Empirische Parametererfassung zur Modellerstellung	79
6.1	Parametererfassung des elektrischen Verhaltens des Zwischenkreises	79
6.1.1	Das elektrische Ersatzschaltbild der Zwischenkreistopologie	80
6.1.2	Messung der parasitären Induktivitäten des Zwischenkreises	81
6.1.3	Validierung des elektrischen Verhaltens des Zwischenkreises	82
6.1.4	Diskussion der elektrischen Domäne	83
6.2	Erfassung der physikalisch-fluiden Domäne	84
6.2.1	Messdatenaufbereitung	85
6.2.2	Auswertung	87

6.2.3	Diskussion der physikalisch-fluiden Domäne	90
6.3	Parametererfassung des thermischen Verhaltens des Kondensators	91
6.3.1	Temperaturmessungen eines verlustbehafteten Kondensators	92
6.3.2	Auswertung	93
6.3.3	Ermittlung des Einflusses der Wärmeleitpaste	95
6.3.4	FEM-Simulation der thermischen Domäne	97
6.3.5	Diskussion der thermischen Domäne	99
6.4	Lebensdauermodell	100
6.4.1	Versuchsplan und Messungen	100
6.4.2	Auswertung der Parameterdrifteffekte	104
6.4.3	Validierung des Lebensdauermodells	107
6.4.4	Analyse des Spannungseinflusses auf die Parameterdrifteffekte	109
6.4.5	Diskussion des Lebensdauermodells	112
7	Durchführung der Zuverlässigkeitssimulation	115
7.1	Variationen der Zuverlässigkeitssimulation	115
7.2	Ergebnisse der Zuverlässigkeitssimulation	117
7.3	Validierung der Multi-Domain-Simulation	122
8	Zusammenfassung, Fazit und Ausblick	127
	Literaturverzeichnis	133