

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Konstruktionsprinzipien und verwendete Werkstoffe.....	4
2.1	Kernmaterialien und –Bauformen	4
2.2	Transformatoren mit flüssigkeitsimprägnierter Isolierung	4
2.2.1	Feststoffe	5
2.2.2	Flüssigkeitsimprägnierte Transformatoren	7
2.2.3	Eigenschaften der verwendeten Isolierflüssigkeiten.....	9
3	Alterung und Zustandsbewertung von Transformatoren	12
3.1	Alterung von Transformatoren	12
3.1.1	Alterungskomponenten	12
3.1.2	Alterung der Isolierstoffe	13
3.1.2.1	Wärme (Pyrolyse)	14
3.1.2.2	Gase	14
3.1.2.3	Elektrisches Feld.....	15
3.1.2.4	Katalysatoren	16
3.1.2.5	Wasser (Hydrolyse)	16
3.2	Isolierstoffanalyse.....	19
3.2.1	Chemische Verfahren.....	20
3.2.2	Elektrische Verfahren	23
4	Reduktion von Alterungsmechanismen	28
4.1	Isolierstoffbehandlung in der Werkstatt	29
4.1.1	Diskussion der Prozedur	33
4.2	Isolierstoffbehandlung am Standort des Transformators.....	34
4.2.1	Wasserverteilung im Transformator	34
4.2.2	Reduktion von Alterungseffekten durch Aufbereitung der Isolierflüssigkeit	36
4.3	Alternative Verfahren zur kontinuierlichen Reduktion von Alterungseffekten	37
4.3.1	Zeolith	37
4.3.1.1	Wasseradsorption verschiedener Zeolithkonfigurationen	39
4.3.1.2	Beeinflussung der elektrischen und dielektrischen Eigenschaften der Isolierstoffe durch Zeolith.....	47
4.3.1.3	Einfluss des Zeoliths auf die Alterung der Isolierflüssigkeit.....	52
4.3.1.4	Konzept einer Nebenstrom-Trocknungsanlage mit Zeolith.....	55
4.3.2	Dehydrierung der Isoliermedien durch Ausnutzung des Wassergleichgewichts bei verschiedenen Temperaturen.....	58
4.3.2.1	Realisierung	58
4.3.2.2	Modellanordnung.....	60

4.3.2.3	Transformatormodelle	61
4.3.2.4	Einfluss auf die Feststoffisolierung	65
4.3.2.5	Anwendung am Transformator	66
5	Alterungsprävention	72
5.1	Verfahren für neue Transformatoren	72
5.1.1	Mischdielektrika	76
5.1.1.1	Unterschiedliche Isolierflüssigkeiten für Imprägnierung und Betrieb	85
5.1.1.2	Grenzflächenverhalten	91
5.1.2	Modifizierte Transformatorkonstruktion	94
5.2	Verfahren für bereits gealterte Transformatoren	97
5.2.1	Modifikation der Betriebsbedingungen	97
5.2.2	Modifikation der Isolierstoffe	98
5.2.3	Limitierung der durch die thermisch bedingten Volumenänderungen verursachten Alterungsschäden	100
5.2.3.1	Alterungsverhalten von Transformatorenöl unter Kohlendioxid	103
5.2.3.2	Elektrisches Verhalten von Transformatorenöl unter Kohlendioxid	110
5.2.3.3	Dielektrisches Verhalten von Transformatorenöl unter Kohlendioxid	114
6	Evaluierung der Verfahren	117
6.1	Evaluierung der Verfahren für neue Transformatoren	117
6.2	Evaluierung der Verfahren für bereits gealterte Transformatoren	118
7	Zusammenfassung	122
8	Literaturverzeichnis	126