

Inhalt

	Seite
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Symbole und Abkürzungen	9
5 Auswirkung von Belastung über der Bemessungsleistung	11
5.1 Einleitung	11
5.2 Allgemeine Auswirkungen von Belastung über die Bemessungsleistung hinaus	11
5.3 Auswirkungen und Gefahren beim kurzzeitigen Notbetrieb	12
5.4 Auswirkungen von lang andauerndem Notbetrieb	12
5.5 Transformatorgröße	13
5.6 Nicht thermisch und thermisch stabilisiertes Isolierpapier	13
6 Relativer Lebensdauerverbrauch und Lebensdauer der Transformatorisolierung	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Relativer Lebensdauerverbrauch	15
6.3 Berechnung des Lebensdauerverbrauchs	16
6.4 Lebensdauer der Isolierung	16
7 Begrenzungen	16
7.1 Strom- und Temperaturbegrenzungen	16
7.2 Spezielle Grenzwerte für Verteilungstransformatoren	17
7.3 Spezielle Grenzwerte für Transformatoren mittlerer Leistung	18
7.4 Spezielle Grenzwerte für Transformatoren hoher Leistung	19
8 Ermittlung der Temperaturen	20
8.1 Übertemperatur des Heißpunktes im stationären Zustand	20
8.2 Temperaturen der obersten Ölschicht und des Heißpunktes bei schwankender Umgebungstemperatur und schwankenden Lastbedingungen	25
8.3 Umgebungstemperatur	30
9 Einfluss von Stufenschaltern	31
9.1 Allgemeines	31
9.2 Kurzschlussverluste	32
9.3 Verlustverhältnis	32
9.4 Lastfaktor	32
Anhang A (informativ) Berechnung der Wicklungs- und der Ölzeitkonstante	33
Anhang B (informativ) Praktisches Beispiel zum Verfahren mit Exponentialgleichungen	35
Anhang C (informativ) Erläuterung des Lösungsverfahrens Differentialgleichungen	40
Anhang D (informativ) Flussdiagramm zum Beispiel in Anhang B	49
Anhang E (informativ) Beispiel zur Berechnung und Darstellung der Überlastdaten	51
Literaturhinweise	55

	Seite
Bild 1 – Beschleunigte Alterung in Mineralöl in einem geschlossenen Gefäß bei 150 °C.....	14
Bild 2 – Temperaturverteilung	21
Bild 3 – Örtliche Übertemperaturen über der Lufttemperatur in einer 120-kV-Wicklung bei einem Lastfaktor von 1,6	22
Bild 4 – Örtliche Übertemperaturen über der Lufttemperatur in einer 410-kV-Wicklung bei einem Lastfaktor von 1,6	22
Bild 5 – Zwei Lichtwellenleiter-Messfühler, die in einem Abstandshalter befestigt wurden, bevor dieser an der 120-kV-Wicklung angebracht wurde.....	23
Bild 6 – Zickzackförmig gekühlte Scheibenwicklung, bei der der Abstand zwischen allen Scheibenabschnitten gleich ist und der den Fluss ausrichtende Dichtungsring im Zwischenraum zwischen den Scheibenabschnitten angebracht ist	24
Bild 7 – Draufsicht auf eine rechteckige Wicklung, bei der die Kühlkanäle im Bereich der Joche entfallen.....	24
Bild 8 – Temperaturverläufe nach sprunghaften Änderungen im Laststrom	26
Bild 9 – Funktion $f_2(t)$ mit den in Tabelle 5 angegebenen Kennwerten berechnet	28
Bild 10 – Blockdiagrammdarstellung der Differentialgleichungen.....	29
Bild 11 – Prinzip der Verluste in Abhängigkeit der gewählten Anzapfung	32
Bild B.1 – Verhalten der Heißpunkttemperatur bei sprunghaften Änderungen des Laststromes.....	38
Bild B.2 – Verhalten der Temperatur der obersten Ölschicht bei sprunghaften Änderungen des Laststromes.....	38
Bild C.1 – Grafische Darstellung der Eingangsdaten für das Beispiel.....	44
Bild C.2 – Grafische Darstellung der Ergebnisse des Beispiels	47
Bild E.1 – Transformatoren hoher Leistung mit OF-Kühlung: Zulässige Belastungen bei normalem Lebensdauerverbrauch	54
Tabelle 1 – Lebensdauer von Papier unter verschiedenen Bedingungen	14
Tabelle 2 – Relativer Lebensdauerverbrauch in Abhängigkeit der Heißpunkttemperatur	15
Tabelle 3 – Normale Lebensdauer der Isolierung eines gut getrockneten, sauerstofffreien, thermisch stabilisierten Isoliersystems bei Referenztemperatur von 110 °C	16
Tabelle 4 – Strom- und Temperaturgrenzwerte für die Belastung über die Bemessungsleistung hinaus.....	17
Tabelle 5 – Empfohlene thermische Kennwerte für Exponentialgleichungen.....	28
Tabelle 6 – Korrektur für erhöhte Umgebungstemperatur durch das Gehäuse	31
Tabelle B.1 – Lastverlauf des 250-MVA-Transformators.....	35
Tabelle B.2 – Temperaturen am Ende jedes Lastabschnittes	39
Tabelle C.1 – Eingangsdaten für das Beispiel	43
Tabelle C.2 – Ergebnisse des Beispiels.....	46
Tabelle E.1 – Beispielkennwerte bezogen auf die Belastbarkeit von Transformatoren	51
Tabelle E.2 – Beispieltabelle mit zulässigen Belastungen und entsprechendem täglichen Lebensdauerverbrauch (in „Normaltagen“) und der höchsten Heißpunkt-Übertemperatur während des Lastzyklus.....	53