

Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe und Abkürzungen.....	9
3.1 Begriffe	9
3.2 Abkürzungen	10
4 Klassifizierung	11
4.1 Allgemein.....	11
4.2 Übliche Betriebsbedingungen	11
4.3 Vorkehrungen bei unüblichen Betriebsbedingungen	12
5 Bemessungsdaten.....	12
5.1 Allgemein.....	12
5.2 Bemessungsleistung bei Bemessungsfrequenz und Belastbarkeit	12
5.3 Bemessungsspannung und Betriebsspannung.....	13
5.3.1 Transformator, gespeist von einem Wechselstromnetz	13
5.4 Bemessungsstrom.....	13
5.5 Phasenverschiebung und Anschlusskennzeichnung für Dreiphasentransformatoren.....	13
5.6 Leistungsschild.....	14
5.7 Anlagen mit Tertiärwicklungen, belastet mit Filter und Kompensation	14
5.8 Lastumschalter	15
6 Lastverluste und Spannungsfall in Transformatoren und Drosselspulen.....	15
6.1 Allgemein.....	15
6.2 Ermittlung der Lastverluste des Transformators bei Belastung mit überschwingungsbehaftetem Strom.....	15
6.3 Stromaufteilung, Verluste und Heißpunkt in Hochstromwicklungen	19
6.4 Wirkung der magnetischen Kopplung der Wicklungen auf deren Wirbelstromverluste infolge der Oberschwingungen in Transformatoren mit drei oder mehr Wicklungen auf demselben Kernschenkel.....	20
6.5 Verluste in Saugdrosseln, stromausgleichenden Drosselspulen, Reihenglättungsdrosseln und Transduktoren	26
6.6 Spannungsfall in Transformatoren und Drosselspulen	27
7 Prüfungen für Stromrichtertransformatoren.....	29
7.1 Allgemein.....	29
7.2 Messung der Kommutierungsreaktanz und Bestimmung des induktiven Spannungsfalls	30
7.3 Messung von Übersetzungsverhältnis und Phasenverschiebung	31
7.4 Dielektrische Prüfungen	31
7.5 Prüfung der Lastverluste	32
7.6 Erwärmungsprüfungen	32
8 Lastgeräuschpegel mit Transduktoren und/oder Saugdrosseln	35

Anhang A (informativ) Ermittlung der Lastverluste des Transformators im Betrieb bei nicht sinusförmigem Bemessungsstrom des Stromrichters aus Messungen mit dem Bemessungsstrom des Transformators bei Grundfrequenz	38
Anhang B (informativ) Kurzschluss-Prüfströme und Lastverluste in Transformatoren für Einwegstromrichter (Gesamtverlusteinspeisung)	58
Anhang C (informativ) Stromaufteilungsmessung in Hochstromventilwicklungen	59
Anhang D (informativ) Beispiele für Betriebsarten	67
Anhang E (informativ) Leitfaden für die Überprüfung der Auslegung	68
Anhang F (informativ) Ermittlung von Feldverlusten im Transformatorkegel. 3D-Simulation und Leitfaden für die Bewertung von Kesselverlusten und für die Berechnung von Kesselheißpunkten.....	71
Anhang G (informativ) Kurzschlussmessungen bei Gleichrichtertransformatoren mit eingebauten Transduktoren	72
Anhang H (informativ) Ermittlung des Transformatorspannungsverhältnisses und der Phasenverschiebung durch Messungen des Windungsverhältnisses.....	74
Anhang I (informativ) Schaltungen der Phasenverschiebung und Anschlussbezeichnungen von Stromrichtertransformatoren	78
Anhang J (normativ) Beziehung zwischen Bemessungsdaten IEC 61378-1 und IEC 60146-1-1	83
Literaturhinweise	91
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen	92

Bilder

Bild 1 – B6U- oder DB-6-Puls-Doppelbrückenschaltung.....	10
Bild 2 – DSS-6-Puls-Schaltung.....	11
Bild 3 – Streufelder eines Transformators mit drei Wicklungen mit eng gekoppelten Ventilwicklungen.....	22
Bild 4 – Streufelder eines Transformators mit drei Wicklungen mit entkoppelten Ventilwicklungen.....	23
Bild 5 – Streufelder eines Transformators mit drei Wicklungen mit lose gekoppelten doppelkonzentrischen Ventilwicklungen	24
Bild 6 – Streufelder eines Transformators mit drei Wicklungen mit lose gekoppelten Doppelstock-Ventilwicklungen.....	25
Bild 7 – Typische Transduktorregelkurve und Toleranzbereich (mit maximalem Spannungsfall beim Steuerstrom null).....	28
Bild A.1 – Querschnitt eines Wicklungsdrahts.....	40
Bild A.2 – Kennzeichnung der Wicklungsanschlüsse Y y0y6	43
Bild A.3 – Kennzeichnung der Wicklungsanschlüsse D d0y1	46
Bild A.4 – Ventilstrom DB-Anschluss, Form rechteckig, positiv	47
Bild A.5 – Ventilstrom DB-Anschluss, Form rechteckig, positiv und negativ	48
Bild A.6 – Ventilstrom DSS-Anschluss, Form rechteckig	52
Bild C.1 – Beispiel einer Hochstromventilwicklung und der Messgeräteaufstellung.....	60
Bild C.2 – Anordnung der Transformatorwicklungen	61
Bild C.3 – Messkreis der gleichphasigen Messung.....	62

	Seite
Bild C.4 – Messkreis der gegenphasigen Messung	62
Bild C.5 – Messungen und Vergleich mit den Simulationen mit der FEM-Software für die gleichphasige Stromverteilung	64
Bild C.6 – Messungen und Vergleich mit den Simulationen mit der FEM-Software für die gegenphasige Stromverteilung.....	66
Bild H.1 – Yd1-Schaltung.....	75
Bild H.2 – Yd11-Schaltung.....	75
Bild H.3 – Pd0+7,5-Schaltung	76
Bild H.4 – Oszilloskopschaltung	77
Bild H.5 – Oszilloskop mit Phase B +7,5°, nacheilend bezogen auf Phase A.....	77
Bild H.6 – Oszilloskop mit Phase B –7,5°, voreilend bezogen auf Phase A	77
Bild I.1 – Phasenverschiebung gegen den Uhrzeigersinn.....	78
Bild I.2 – Yd11-Schaltung	78
Bild I.3 – Yd1-Schaltung	78
Bild I.4 – Beispiel I.1 – Phasenverschiebung	79
Bild I.5 – Beispiel I.2 – Phasenverschiebung	79
Bild J.1 – DB-Schaltung, ideale rechteckige Stromabschnitte	83
Bild J.2 – DSS-Schaltung, rechteckige Stromabschnitte.....	84
 Tabellen	
Tabelle 1 – Schaltungen und Berechnungsfaktoren.....	36
Tabelle A.1 – Spezifizierte Oberschwingungsströme und Phasenverschiebung in den Ventilwicklungen.....	41
Tabelle A.2 – Widerstandsmessungen bei 20 °C Wicklungstemperatur	42
Tabelle A.3 – Spezifische Oberwellenströme und Phasenverschiebung in den Netz- und Ventilwicklungen.....	45
Tabelle A.4 – Messergebnisse des Prüfberichts	46
Tabelle A.5 – Resultierende Oberschwingungsströme	48
Tabelle A.6 – Resultierende Oberschwingungsströme	49
Tabelle A.7 – Resultierende Oberschwingungsströme	50
Tabelle A.8 – Detaillierte Transformatorlastverluste, Nennstellung, Tertiärseite lastfrei.....	51
Tabelle A.9 – Resultierende Oberschwingungsströme	53
Tabelle A.10 – Spezifizierte Oberschwingungsströme und Phasenverschiebung in den Netz- und Ventilwicklungen	54
Tabelle A.11 – Resultierende Oberschwingungsströme	55
Tabelle A.12 – Detaillierte Transformatorlastverluste, Nennstellung, Tertiärseite lastfrei.....	56
Tabelle C.1 – Messungen und Vergleich mit den Simulationen mit der FEM-Software für die gleichphasige Stromverteilung	63
Tabelle C.2 – Messungen und Vergleich mit den Simulationen mit der FEM-Software für die gegenphasige Stromverteilung.....	65
Table D.1 – Beispiele von Betriebsarten in verschiedenen Anwendungen.....	67

	Seite
Tabelle H.1 – Einzelphasenverhältnismessungen	74
Tabelle J.1 – Oberschwingungen bis zur 25. bei DB-6-Puls-Schaltung (ideale rechteckige Stromwellenform)	84
Tabelle J.2 – Oberschwingung bis zur 25. bei DSS-6-Puls-Schaltung (ideale rechteckige Stromwellenform)	85
Tabelle J.3 – Vergleichsbeispiel des Berechnungsfaktors	87
Tabelle J.4 – Berechnungsfaktorvergleich allgemeiner Faktoren	88