

## Inhalt

	Seite
Vorwort.....	2
Einleitung.....	12
1 Anwendungsbereich .....	13
2 Normative Verweisungen.....	13
3 Begriffe.....	14
3.1 Arten von Drosselspulen.....	14
3.2 Weitere Begriffe .....	15
4 Symbole und Abkürzungen.....	18
5 Betriebsbedingungen .....	19
5.1 Allgemeines .....	19
5.2 Seismische Bedingungen .....	20
6 Auslegung, Prüfung, Grenzabweichungen und Anwendung.....	20
7 Kompensationsdrosselspulen.....	21
7.1 Allgemeines .....	21
7.2 Bauart .....	21
7.3 Begriffe.....	22
7.4 Bemessungsdaten .....	23
7.4.1 Bemessungsspannung .....	23
7.4.2 Maximale Betriebsspannung .....	23
7.4.3 Bemessungsleistung.....	23
7.4.4 Nullreaktanz $X_0$ einer Dreiphasen-Drosselspule in Sternschaltung .....	23
7.4.5 Gegenreaktanz einer Dreiphasen-Drosselspule.....	24
7.4.6 Einschaltstrom .....	24
7.4.7 Linearität der Kompensationsdrosselspule.....	24
7.5 Erwärmung.....	24
7.6 Isolationspegel.....	24
7.7 Leistungsschilder .....	24
7.8 Prüfungen .....	25
7.8.1 Allgemeines .....	25
7.8.2 Stückprüfungen.....	25
7.8.3 Typprüfungen.....	25
7.8.4 Sonderprüfungen .....	26
7.8.5 Bestimmung der Reaktanz und der Linearität der Reaktanz.....	26
7.8.6 Verlustmessung (Stückprüfung, Sonderprüfung) .....	27
7.8.7 Messung der Oberschwingungen des Stroms (Sonderprüfung) .....	28
7.8.8 Messung der Nullreaktanz an Dreiphasen-Drosselspulen (Sonderprüfung).....	28
7.8.9 Messung der Gegenreaktanz an Dreiphasen-Drosselspulen (Sonderprüfung) .....	29

	Seite
7.8.10	Spannungsprüfungen ..... 29
7.8.11	Messung der Magnetisierungskennlinie (Sonderprüfung) ..... 32
7.8.12	Messung des Schallpegels (Typprüfung, Sonderprüfung) ..... 32
7.8.13	Schwingungsmessung (Typprüfung) ..... 33
7.8.14	Erwärmungsprüfung (Typprüfung)..... 34
7.9	Grenzabweichungen ..... 35
7.9.1	Allgemeines ..... 35
7.9.2	Grenzabweichungen der Reaktanz bei Bemessungsspannung und Bemessungsfrequenz ..... 35
7.9.3	Grenzabweichungen der Linearität der Reaktanz ..... 35
7.9.4	Grenzabweichung der Verluste ..... 35
8	Strombegrenzungs-drosselspulen und Sternpunktterdungs-drosselspulen ..... 35
8.1	Allgemeines ..... 35
8.2	Bauart ..... 36
8.3	Begriffe..... 36
8.4	Bemessungsdaten ..... 38
8.4.1	Bemessungsdauerstrom..... 38
8.4.2	Thermischer Bemessungskurzschlussstrom ..... 39
8.4.3	Dauer des thermischen Bemessungskurzschlussstroms ..... 39
8.4.4	Mechanischer Bemessungskurzschlussstrom..... 39
8.4.5	Bemessungskurzzeitstrom..... 39
8.4.6	Dauer des Bemessungskurzzeitstroms oder relative Einschaltdauer ..... 39
8.4.7	Kopplungsfaktor ..... 40
8.4.8	Bemessungskurzschlussimpedanz ..... 40
8.4.9	Bemessungskurzzeitimpedanz ..... 41
8.4.10	Bemessungsdauerimpedanz ..... 41
8.5	Überlastfestigkeit für thermischen und mechanischen Bemessungskurzschlussstrom ..... 41
8.6	Erwärmung..... 42
8.6.1	Erwärmung bei Bemessungsdauerstrom ..... 42
8.6.2	Temperatur aufgrund der Belastung mit thermischem Bemessungskurzschlussstrom und Bemessungskurzzeitstrom..... 42
8.7	Isolationspegel ..... 42
8.7.1	Allgemeines ..... 42
8.8	Leistungsschilder ..... 42
8.9	Prüfungen ..... 43
8.9.1	Allgemeines ..... 43
8.9.2	Stückprüfungen..... 43
8.9.3	Typprüfungen..... 44
8.9.4	Sonderprüfungen ..... 44
8.9.5	Messung der Impedanz bei Bemessungsdauerstrom (Stückprüfung) ..... 44

	Seite
8.9.6	Messung der Impedanz bei Bemessungskurzzeitstrom (Stückprüfung) ..... 45
8.9.7	Verlustmessung (Stückprüfung, Sonderprüfung) ..... 45
8.9.8	Prüfung mit angelegter Stehwechselfspannung (Stückprüfung, Sonderprüfung) ..... 46
8.9.9	Windungsprüfung von Strombegrenzungsdrosselspulen (Stückprüfung) ..... 47
8.9.10	Windungsprüfung von Sternpunktterdungsdrosselspulen (Stückprüfung) ..... 47
8.9.11	Erwärmungsprüfung bei Bemessungsdauerstrom (Typprüfung)..... 47
8.9.12	Blitzstoßspannungsprüfung für Strombegrenzungsdrosselspulen (Typprüfung) ..... 48
8.9.13	Kurzschlussstromprüfungen (Sonderprüfung)..... 49
8.9.14	Messung des Schallpegels bei Bemessungsdauerstrom (Sonderprüfung) ..... 50
8.9.15	Schwingungsmessung bei Bemessungsdauerstrom (Sonderprüfung) ..... 50
8.9.16	Schaltstoßspannungsprüfung (Sonderprüfung)..... 51
8.9.17	Zweiseitige Blitzstoßspannungsprüfung (Sonderprüfung)..... 51
8.9.18	Messung des Kopplungsfaktors (Sonderprüfung) ..... 51
8.9.19	Windungsprüfung unter Regen (Sonderprüfung) ..... 52
8.9.20	Prüfung mit angelegter Stehwechselfspannung unter Regen (Sonderprüfung)..... 52
8.9.21	Messung der Reaktanz der Wicklung von Luftspaltkerndrosselspulen und magnetisch geschirmten Luftdrosselspulen (Sonderprüfung)..... 52
8.10	Grenzabweichungen ..... 52
8.10.1	Grenzabweichung der Impedanzen von Drosselspulen ohne Kompensation der gegenseitigen Kopplung ..... 52
8.10.2	Grenzabweichung der Impedanzen von Drosselspulen mit Kompensation der gegenseitigen Kopplung ..... 53
8.10.3	Grenzabweichung der Verluste ..... 53
9	Filterkreisdrosselspulen, Dämpfungsdrosselspulen und Entladedrosselspulen für Kondensatoranwendungen ..... 53
9.1	Allgemeines ..... 53
9.2	Bauart ..... 54
9.3	Begriffe..... 54
9.4	Bemessungsdaten ..... 56
9.4.1	Netzfrequenter Bemessungsstrom ..... 56
9.4.2	Bemessungsstromspektrum ..... 56
9.4.3	Bemessungseinschaltstrom..... 57
9.4.4	Bemessungseinschaltfrequenz..... 57
9.4.5	Bemessungsentladestrom ..... 57
9.4.6	Bemessungsentladefrequenz ..... 57
9.4.7	Thermischer Bemessungskurzschlussstrom ..... 57
9.4.8	Bemessungsdauer des thermischen Kurzschlussstroms ..... 57
9.4.9	Mechanischer Bemessungskurzschlussstrom..... 58
9.4.10	Bemessungsinduktivität ..... 58
9.4.11	Gütefaktor ..... 58

	Seite
9.5 Eignung und Festigkeit für den thermischen und mechanischen Bemessungskurzschlussstrom .....	58
9.6 Überlastfestigkeit für Einschalt- oder Entladestrom.....	59
9.7 Erwärmung.....	59
9.7.1 Erwärmung bei äquivalentem Strom mit Netzfrequenz .....	59
9.7.2 Temperatur durch Beanspruchung mit dem thermischen Bemessungskurzschlussstrom .....	59
9.8 Isolationspegel .....	59
9.8.1 Allgemeines .....	59
9.8.2 Isolationsanforderungen .....	59
9.9 Leistungsschilder .....	60
9.10 Prüfungen .....	61
9.10.1 Allgemeines .....	61
9.10.2 Stückprüfungen.....	61
9.10.3 Typprüfungen.....	61
9.10.4 Sonderprüfungen .....	61
9.10.5 Messung der Induktivität (Stückprüfung, Typprüfung).....	61
9.10.6 Messung der Verluste und des Gütefaktors (Stückprüfung, Typprüfung) .....	62
9.10.7 Windungsprüfung (Stückprüfung).....	62
9.10.8 Erwärmungsprüfung bei Bemessungsdauerstrom (Typprüfung).....	63
9.10.9 Blitzstoßspannungsprüfung (Typprüfung) .....	63
9.10.10 Kurzschlussstromprüfungen (Sonderprüfung).....	63
9.10.11 Messung des Schallpegels bei Bemessungsdauerstrom (Sonderprüfung) .....	64
9.10.12 Prüfung mit angelegter Stehwechselfspannung (Sonderprüfung).....	65
9.10.13 Einschaltstromstehprüfung für Filterkreis- und Dämpfungsdrosselspulen (Sonderprüfung).....	66
9.10.14 Entladestromprüfung für Entladedrosselspulen (Sonderprüfung) .....	66
9.10.15 Modifizierte Kurzschluss-/Entladestromprüfung für Entladedrosselspulen (Sonderprüfung) .....	66
9.10.16 Mechanische Resonanzprüfung (Sonderprüfung).....	66
9.11 Grenzabweichungen .....	66
9.11.1 Grenzabweichung der Bemessungsinduktivität.....	66
9.11.2 Grenzabweichung der gemessenen Verluste und des gemessenen Gütefaktors .....	66
10 Erdungstransformator (Sternpunktbildner) .....	67
10.1 Allgemeines .....	67
10.2 Bauart .....	67
10.3 Begriffe.....	67
10.4 Bemessungsdaten .....	69
10.4.1 Bemessungsspannung .....	69
10.4.2 Maximale Betriebsspannung .....	69
10.4.3 Bemessungsnullimpedanz.....	69
10.4.4 Bemessungs-Dauersternpunktstrom .....	70

	Seite
10.4.5 Bemessungs-Kurzzeitsternpunktstrom .....	70
10.4.6 Bemessungsdauer des Kurzzeitsternpunktstroms .....	70
10.4.7 Bemessungsspannung der Sekundärwicklung.....	70
10.4.8 Weitere Bemessungsdaten für die Kombination von Erdungstransformator und Erdschlusslöschspule .....	71
10.5 Eignung und Festigkeit für Bemessungs-Kurzzeitsternpunktstrom .....	71
10.6 Erwärmung.....	71
10.6.1 Erwärmung bei Bemessungsspannung, Bemessungs-Dauersternpunktstrom und Bemessungsleistung der Sekundärwicklung .....	71
10.6.2 Temperatur nach Beanspruchung mit Bemessungs-Kurzzeitsternpunktstrom .....	71
10.7 Isolationspegel .....	72
10.8 Leistungsschilder .....	72
10.9 Prüfungen .....	73
10.9.1 Allgemeines .....	73
10.9.2 Stückprüfungen.....	73
10.9.3 Typprüfungen.....	73
10.9.4 Sonderprüfungen .....	73
10.9.5 Messung der Nullimpedanz (Stückprüfung) .....	74
10.9.6 Erwärmungsprüfungen (Typprüfung).....	74
10.9.7 Spannungsprüfungen (Stückprüfung, Typprüfung) .....	75
10.9.8 Nachweis der Festigkeit für Bemessungs-Kurzzeitsternpunktstrom (Sonderprüfung).....	75
10.9.9 Verlustmessung bei Bemessungs-Dauersternpunktstrom (Sonderprüfung).....	76
10.9.10 Messung des Sternpunktstroms mit dreiphasiger Erregung unter der Bedingung eines einphasigen Fehlers (Typprüfung).....	76
10.10 Grenzabweichungen .....	77
11 Erdschlusslöschspulen .....	77
11.1 Allgemeines .....	77
11.2 Bauart .....	77
11.3 Begriffe.....	77
11.4 Bemessungsdaten .....	78
11.4.1 Bemessungsspannung .....	78
11.4.2 Maximale Dauerspannung.....	78
11.4.3 Bemessungsstrom .....	78
11.4.4 Bemessungsstromdauer.....	79
11.4.5 Einstellbereich .....	79
11.4.6 Hilfswicklung .....	79
11.4.7 Sekundärwicklung.....	79
11.4.8 Linearität der Erdschlusslöschspule .....	79
11.5 Erwärmung.....	79
11.6 Isolationspegel.....	80

	Seite
11.7 Leistungsschilder .....	80
11.8 Prüfungen .....	81
11.8.1 Allgemeines .....	81
11.8.2 Stückprüfungen.....	81
11.8.3 Typprüfungen.....	81
11.8.4 Sonderprüfungen .....	81
11.8.5 Messung des Stroms bei Bemessungsspannung (Typprüfung), Messung des Stroms (Stückprüfung) .....	81
11.8.6 Messung der Leerlaufspannung von Hilfs- und Sekundärwicklungen (Stückprüfung).....	82
11.8.7 Erwärmungsprüfung (Typprüfung).....	82
11.8.8 Spannungsprüfung (Stückprüfung, Typprüfung) .....	82
11.8.9 Verlustmessung (Sonderprüfung).....	82
11.8.10 Messung der Linearität (Sonderprüfung).....	83
11.8.11 Messung des Schallpegels (Sonderprüfung).....	83
11.8.12 Dauerprüfungen der Einrichtungen für die Induktivitätseinstellung (Sonderprüfung).....	83
11.8.13 Nachweis der Festigkeit gegen dynamische Auswirkungen des Bemessungsstroms (Sonderprüfung).....	84
11.9 Grenzabweichungen .....	84
12 Glättungsdrosselspulen .....	84
12.1 Allgemeines .....	84
12.2 Bauart .....	85
12.3 Begriffe.....	85
12.4 Bemessungsdaten .....	86
12.4.1 Bemessungsgleichspannung.....	86
12.4.2 Maximale Betriebsgleichspannung.....	86
12.4.3 Bemessungsdauergleichstrom .....	86
12.4.4 Bemessungsdauerstromspektrum.....	86
12.4.5 Kurzzeitüberlastgleichstrom, Kurzzeitüberlaststromspektrum und Kurzzeitüberlaststromdauer oder -betriebsspiel.....	86
12.4.6 Transienter Bemessungsfehlerstrom.....	86
12.4.7 Inkrementelle Bemessungsinduktivität .....	87
12.4.8 Linearität der Glättungsdrosselspule .....	87
12.4.9 Zusätzliche Anforderungen an Drosselspulen mit Wicklungen mit direkter Flüssigkeitskühlung .....	87
12.5 Erwärmung.....	87
12.6 Isolationspegel.....	87
12.6.1 Blitzstoßspannungspegel.....	87
12.6.2 Schaltstoßspannungspegel .....	88
12.6.3 Stehgleichspannungspegel.....	88
12.6.4 Polaritätsumkehr-Stehspannungspegel.....	88

	Seite
12.6.5 Stehwechselfspannungspegel .....	88
12.7 Leistungsschilder .....	88
12.8 Prüfungen .....	89
12.8.1 Allgemeines .....	89
12.8.2 Stückprüfungen.....	89
12.8.3 Typprüfungen.....	90
12.8.4 Sonderprüfungen .....	90
12.8.5 Messung der inkrementellen Induktivität (Stückprüfung) .....	90
12.8.6 Messung des Oberschwingungsstromverlustes und Berechnung des Gesamtverlustes (Stückprüfung) .....	91
12.8.7 Prüfung mit angelegter Stehwechselfspannung (Stückprüfung) .....	92
12.8.8 Prüfung mit angelegter Stehgleichspannung an flüssigkeitsgefüllten Drosselspulen (Stückprüfung) .....	92
12.8.9 Polaritätsumkehrstehspannungsprüfung an flüssigkeitsgefüllten Drosselspulen (Stückprüfung) .....	93
12.8.10 Blitzstoßspannungsprüfung (Stückprüfung) .....	94
12.8.11 Schaltstoßspannungsprüfung (Stückprüfung, Typprüfung).....	94
12.8.12 Prüfung mit angelegter Stehgleichspannung unter Regen an Trockendrosselspulen (Typprüfung) .....	94
12.8.13 Erwärmungsprüfung (Typprüfung).....	94
12.8.14 Messung des Schallpegels (Sonderprüfung).....	96
12.8.15 Messung der Hochfrequenzimpedanz (Sonderprüfung) .....	96
12.8.16 Prüfung der Dichtheit des Flüssigkeitskühlkreislaufs an Glättungsdrosselspulen mit direkt flüssigkeitsgekühlten Wicklungen (Stückprüfung) .....	97
12.8.17 Messung des Druckabfalls an Drosselspulen mit direkt flüssigkeitsgekühlten Wicklungen (Typprüfung) .....	97
12.8.18 Prüfung mit transientem Fehlerstrom (Sonderprüfung).....	97
12.8.19 Prüfung mit abgeschnittener Stoßspannung an flüssigkeitsgefüllten Drosselspulen (Sonderprüfung).....	98
12.9 Grenzabweichungen .....	98
Anhang A (informativ) Informationen zum Schalten von Kompensationsdrosselspulen und zu Sonderanwendungen.....	99
Anhang B (informativ) Magnetisierungskennlinie von Drosselspulen.....	102
Anhang C (informativ) Gegenreaktanz, Kopplungsfaktor und Ersatzreaktanzen von Dreiphasen-Drosselspulen .....	109
Anhang D (informativ) Temperaturkorrektur der Verluste von flüssigkeitsgefüllten Luftspaltkerndrosselspulen und magnetisch geschirmten Luftdrosselspulen .....	112
Anhang E (normativ) Hochfrequenz-Windungsprüfung für Trockendrosselspulen .....	114
Anhang F (informativ) Kurzschlussprüfung.....	116
Anhang G (informativ) Widerstände – Kennwerte, Spezifikation und Prüfungen .....	118
Literaturhinweise .....	121
Anhang ZA (normativ) Normative Verweisungen auf internationale Publikationen mit ihren entsprechenden europäischen Publikationen.....	122

**Bilder**

Bild 1 – Arten der Magnetisierungskennlinien für Drosselspulen .....	16
Bild 2 – Parameter für eine nichtlineare Magnetisierungskennlinie .....	17
Bild 3 – Messung der Gegenreaktanz an Drehstrom-Drosselspulen oder Drehstrombänken aus drei Einphasen-Drosselspulen .....	29
Bild 4 – Prüfschaltung für die Leiter-Erde-Prüfung mit einphasiger Erregung .....	31
Bild 5 – Prüfschaltung für die Leiter-Leiter-Prüfung mit einphasiger Erregung .....	31
Bild 6 – Prüfschaltung mit einphasiger Erregung, geeignet für Drosselspulen mit magnetischer Schirmung zur Aufnahme des Nullflusses .....	31
Bild 7 – Messung der Gegenreaktanz an Dreiphasen-Drosselspulen oder Dreiphasenbänken aus drei Einphasen-Drosselspulen .....	52
Bild 8 – Prüfschaltung für einphasigen Fehler mit geerdetem Sternpunkt .....	76
Bild 9 – Prüfschaltung für einphasigen Fehler mit geerdeter Stromversorgung .....	76
Bild 10 – Messschaltung zur Bestimmung der inkrementellen Induktivität von zwei identischen Glättungsdrosselspulen .....	91
Bild 11 – Spannungsprofil der Doppelumkehrprüfung .....	93
Bild B.1 – Darstellung der Wellenformen von verkettetem Fluss und Strom, wenn eine sinusförmige Spannung an einer Drosselspule mit nichtlinearer Magnetisierungskennlinie nach Bild B.6 anliegt .....	103
Bild B.2 – Schaltung für die Messung der Magnetisierungskennlinie nach B.7.1 .....	106
Bild B.3 – Ersatzschaltung mit kurzgeschlossener Drosselspule .....	106
Bild B.4 – Gemessene Verläufe von Lade-Entladegleichstrom einer Drosselspule .....	107
Bild B.5 – Berechneter verketteter Fluss während der Entladeperiode .....	108
Bild B.6 – Magnetisierungskennlinie .....	108
Bild C.1 – Ersatzschaltung einer Dreiphasen-Drosselspule unter Berücksichtigung der magnetischen Kopplung zwischen den Wicklungssträngen .....	109
Bild E.1 – Prüfschaltung für die Hochfrequenz-Windungsprüfung und Beispielszillogramme .....	115

**Tabellen**

Tabelle 1 – Temperaturgrenzwerte für Wicklungsklemmen von Trockendrosselspulen .....	21
Tabelle 2 – Grenzabweichungen .....	77
Tabelle 3 – Grenzabweichungen .....	84
Tabelle C.1 – Reaktanz- und Flussverhältnisse für Drosselspulen mit gleicher magnetischer Kopplung .....	110
Tabelle C.2 – Kopplungswerte für Drosselspulen mit ungleicher magnetischer Kopplung .....	111