

# Inhalt

1	<b>Vorbemerkung</b> .....	9
1.1	Die historische Entwicklung des Transformators .....	10
2	<b>Aufbau des Dreiphasentransformators</b> .....	15
2.1	Ausführungsformen der magnetischen Kreise des Dreiphasentransformators.....	15
2.2	Kernaufbau.....	18
2.3	Wicklungsaufbau .....	20
2.4	Erwärmung und Kühlung von Transformatoren.....	23
2.4.1	Belastungsgrenzen von Transformatoren .....	30
3	<b>Magnetisierungserscheinungen beim Dreiphasen- transformator</b> .....	35
3.1	Magnetisierungsströme und ihre Harmonischen.....	35
3.2	Schaltgruppen, Ausführung, Einsatz.....	37
3.3	Einfluss der Schaltgruppen auf die Magnetisierungsströme .....	38
3.3.1	Sternschaltung der Primärwicklung mit angeschlossenem Sternpunktleiter.....	39
3.3.2	Sternschaltung der Primärwicklung bei isoliertem Sternpunkt.....	43
3.3.3	Dreieckschaltung der Primärwicklung .....	45
3.4	Magnetische Durchflutung bei unsymmetrischer Belastung .....	48
4	<b>Der Zwe Wicklungstransformator bei sinusförmiger Speisung und Belastung</b> .....	53
4.1	Symmetrischer Betrieb .....	53
4.1.1	Betrieb am starren Netz .....	55
4.1.2	Kenngrößen des Transformators.....	58
4.1.3	Kurzschlussspannung und Kurzschlussimpedanz .....	59
4.1.4	Leerlaufimpedanz .....	60
4.2	Unsymmetrische Belastung .....	61
4.2.1	Mathematische Grundlagen zur Anwendung der Symmetrischen Komponenten .....	62
4.2.2	Impedanzen des Dreiphasentransformators .....	65
4.2.3	Praktische Anwendung der Symmetrischen Komponenten bei der Untersuchung der unsymmetrischen Belastung des Dreiphasentransformators .....	68
4.2.3.1	Zweiphasige Belastung.....	69
4.2.3.2	Einphasige Belastung.....	72

5	<b>Verluste und Wirkungsgrad des Transformators</b> .....	75
6	<b>Veränderung der Schwingungsform der Spannung und ihre Auswirkungen</b> .....	81
6.1	Auswirkungen auf das Elektroenergiesystem allgemein .....	82
6.2	Auswirkungen auf Elektrische Betriebsmittel .....	83
6.3	Nicht sinusförmige Belastung in Niederspannungsnetzen durch Massengeräte .....	85
7	<b>Dreiwicklungstransformatoren</b> .....	89
8	<b>Stromrichtertransformatoren</b> .....	93
8.1	Dreipuls-Gleichrichterschaltungen .....	95
8.2	Sechspuls-Gleichrichterschaltungen .....	96
8.3	Zwölfpuls-Gleichrichterschaltungen .....	98
8.4	Gleichrichterschaltungen höherer Pulszahl .....	101
9	<b>Spartransformatoren und Drosselpulen</b> .....	103
9.1	Spartransformatoren .....	103
9.2	Drosselpulen .....	107
9.2.1	Drosselpulen zur Strombegrenzung .....	107
9.2.2	Drosselpulen zur Sternpunktbehandlung .....	108
9.2.3	Kompensations-Drosselpulen .....	110
9.2.4	Drosselpulen für Saugkreisanlagen .....	110
10	<b>Stelltransformatoren</b> .....	113
10.1	Direkte Spannungseinstellung .....	114
10.2	Indirekte Spannungseinstellung .....	119
10.3	Lastflusssteuerung .....	119
10.4	Längsregelung .....	120
10.5	Querregelung .....	121
10.6	Schrägregelung .....	123
10.7	Hochstromstelltransformatoren .....	124
10.8	Scott-Transformator .....	126
11	<b>Betrieb von Leistungstransformatoren</b> .....	129
11.1	Parallelbetrieb von Dreiphasentransformatoren .....	129
11.2	Parallelschaltung von Stufentransformatoren .....	132
11.3	Transformatorschutz .....	135
11.3.1	Aufgaben des Transformatorschutzes .....	136
11.3.2	Kurzschlussfestigkeit .....	136
11.3.3	Differentialschutz .....	137
11.3.4	Buchholzschutz .....	143

---

11.3.5	Überstromzeitschutz.....	145
11.3.6	Schutz durch Schmelzsicherungen .....	147
11.3.7	Überlastschutz .....	147
11.3.8	Überspannungsschutz .....	148
11.3.9	Monitoringsysteme.....	151
11.4	Geräusentwicklung .....	153
11.5	Inbetriebnahme.....	156
11.6	Schaltgruppenprüfung.....	159
11.7	Instandhaltung.....	161
<b>12</b>	<b>Nicht stationäre Betriebsvorgänge .....</b>	<b>163</b>
12.1	Einschaltstrom des leerlaufenden Einphasentransformators .....	163
12.2	Resonanzüberspannung .....	166
12.3	Plötzlicher Klemmenkurzschluss des Transformators .....	167
12.4	Ausschalten des leerlaufenden Transformators .....	168
12.5	Wanderwellen in Transformatorwicklungen.....	170
<b>13</b>	<b>Messwerterfassung .....</b>	<b>177</b>
13.1	Spannungswandler.....	177
13.1.1	Schaltungen .....	180
13.1.2	Kapazitive Spannungswandler .....	181
13.2	Stromwandler.....	183
13.3	Schaltungen von Stromwandlern.....	188
13.4	Anordnung der Wandler in Schaltanlagen .....	188
<b>14</b>	<b>Formelzeichen und Zählpfeile.....</b>	<b>191</b>
14.1	Schreibweise physikalischer Größen.....	191
14.2	Verwendete Formelzeichen .....	191
14.3	Vorzeichenvereinbarung und Zählpfeilsystem.....	192
<b>Literatur.....</b>		<b>195</b>
<b>Stichwortverzeichnis .....</b>		<b>199</b>