

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
A. Magnetisierungserscheinungen	1
1. Der Einphasentransformator	1
a. Magnetischer Kreis und Luftspalt 1 — b. Der Augenblickswert des Magnetisierungsstromes 3 — c. Der zeitliche Verlauf und der Effek- tivwert des Magnetisierungsstromes 4.	
2. Der symmetrische dreiphasige Kerntransformator	9
a. Sternschaltung mit Nulleiter, Dreieckschaltung 9 — b. Stern- schaltung ohne Nulleiter und ohne eine in Dreieck geschaltete Wicklung 11 — c. Sternschaltung ohne Nulleiter mit einer in Dreieck geschalteten Wicklung 14.	
3. Gegenseitige Beeinflussung von Magnetisierungsstrom und Spannungskurve	16
a. Einfluß der Spannungskurve 16 — b. Einfluß des Magnetisierungs- stromes auf die Spannungskurve 17.	
4. Der unsymmetrische dreiphasige Kerntransformator	21
a. Sternschaltung mit Nulleiter, Dreieckschaltung 21 — b. Stern- schaltung ohne Nulleiter und ohne eine in Dreieck geschaltete Wicklung 24 — c. Sternschaltung ohne Nulleiter mit einer in Dreieck geschalteten Wicklung 27 — d. Zusammenfassung und praktische Berechnung des effektiven Magnetisierungsstromes 30.	
5. Der Luftfluß und seine zusätzlichen Verluste	31
a. Der Leitwert für den Luftfluß 31 — b. Verluste im Ölkessel 33.	
6. Der fünfschenklige Transformator	36
a. Sternschaltung mit angeschlossenem Nulleiter oder Dreieckschal- tung 36 — b. Sternschaltung ohne Nulleiter 40.	
7. Der Dreiphasen-Manteltransformator	42
8. Der relative Magnetisierungsstrom	45
a. Näherungsgleichung 45 — b. Einfluß der Jochverstärkung 48 — c. Abhängigkeit von der Leistung 49.	
9. Der Einschaltstromstoß	49
a. Induktivität der Wicklung konstant 50 — b. Einfluß der Sätti- gungserscheinung 51.	
B. Streuungserscheinungen	55
1. Der Streublindwiderstand bei Stern- oder Dreieckschal- tung	55
a. Symmetrische Scheibenwicklung 57 — b. Unsymmetrische Scheibenwicklung 60 — c. Zylinderwicklung 61 — d. Der Blindspan- nungsverlust 64.	
2. Die Zickzackschaltung	66
a. Zweck der Zickzackschaltung 66 — b. Spannung und Strom der Sekundärseite 68 — c. Der Streublindwiderstand 70.	
3. Zusätzliche Verluste durch den Streufluß	73
a. In den Leitern bei symmetrischer Wicklung 73 — b. Im Öl- kessel bei symmetrischer Wicklung 75 — c. Im Ölkessel bei unsym-	

	Seite
metrischer Wicklung 78 — d. In den Leitern bei unsymmetrischer Wicklung 79.	
4. Die Kurzschlußerscheinungen.	80
a. Der Kurzschlußstrom 80 — b. Die Stromkräfte 83.	
C. Überspannungerscheinungen	90
1. Übersicht	90
2. Spannungsverteilung	91
a. Kapazitive Spannungsverteilung 91 — b. Die freien Schwingungen 94 — c. Praktische Folgerungen 99.	
3. Die Sprungwellenprobe	100
D. Betriebseigenschaften	101
1. Vektordiagramm und Spannungsänderung	101
2. Die Kreisdiagramme	103
a. Bei konstantem Strom und veränderlichem Phasenwinkel φ_2 104 — b. Bei konstantem Phasenwinkel φ_2 und veränderlichem Strom 105.	
3. Parallelbetrieb	106
a. Bedingungen für einen einwandfreien Parallelbetrieb 106 — b. Aufstellung der Stromgleichung für zwei Transformatoren 108 — c. Ungünstigste Werte von η und $\ddot{u}_\varepsilon$ 112 — d. Größter Differenzwinkel $ \varphi_{kI} - \varphi_{kII} $ 113 — e. Einfluß der relativen Magnetisierungsströme 115 — f. Einfluß der Ungleichheit der Übersetzungen 117 — g. Einfluß der Ungleichheit der Nenn-Kurzschlußspannungen 119 — h. Unterdrückung des zusätzlichen Belastungsstromes 120 — i. Parallelbetrieb von mehr als zwei Transformatoren 122 — k. Die Schaltgruppen der Transformatoren 124.	
E. Sonderschaltungen.	126
1. Der Transformator mit drei Wicklungen	126
2. Spartransformatoren	131
a. Die Sparschaltung 131 — b. Umschaltbare Wicklungen 133 — c. Spannungsdiagramm 134 — d. Dauerkurzschlußstrom 136.	
3. Umformung von Drei- in Zweiphasenstrom	137
a. Durch zwei Einphasen-Transformatoren 138 — b. Durch einen Dreiphasen-Transformator 143 — c. Durch einen Zweiphasen-Transformator 145.	
4. Die V-Schaltung.	147
5. Der Schubtransformator	148
F. Spannungsreglung	151
1. Die Spannungsreglung	151
2. Die grundsätzliche Schaltung der Stufenreglung.	152
a. Reglung am Haupttransformator 152 — b. Reglung in Zusatzschaltung 153 — c. Doppelschaltung 154.	
3. Vermeidung des Kurzschlusses von Wicklungsstufen	155
a. Durch Widerstände oder Drosselspulen 155 — b. Durch eingeschaltete Wicklungsteile 156.	
4. Ausführung bei Netztransformatoren	157
a. Anordnung besonderer Unterbrechungsschalter 157 — b. Schaltung von Jansen 158.	
5. Die Anordnung der Wicklungsteile	159
G. Experimentelle Untersuchung	161
1. Übersetzung und Schaltung	161
a. Übersetzung 161 — b. Schaltung 165.	

2. Leerlauf und Kurzschluß	166
a. Die Leistungsmessung 166 — b. Leerlaufverluste 168 — c. Der Luftfluß und seine Verluste 171 — d. Kurzschluß 173.	
3. Erwärmung	175
a. Allgemeine Bestimmungen 175 — b. Rückarbeitsverfahren 178 — c. Kunstschaltungen 181 — d. Leerlauf und Kurzschluß 185.	
4. Die Isolationsproben	186
a. Wicklungsprobe 186 — b. Sprungwellenprobe 187 — c. Windungsprobe 188.	
H. Aufbau des Transformators	188
1. Der Eisenkörper	189
a. Kern- und Manteltype 189 — b. Querschnittsform der Kerne und Joche 189 — c. Schichtung der Bleche 192 — d. Die Preßvorrichtungen 195.	
2. Die Wicklung	199
a. Die Scheibenspulen 199 — b. Aufbau der Wicklung 202 — c. Sonderausführungen 206.	
3. Zusammenbau und Zubehörteile	209
a. Gestell und Zusammenbau mit dem Ölkessel 209 — b. Der Ölkessel 210 — c. Das Transformatoröl 213 — d. Klemmen und Durchführungen 213 — e. Schutzeinrichtungen 214.	
J. Kühlung und Erwärmung	216
1. Kühlarten	216
a. Trockentransformatoren 216 — b. Selbstkühlung bei Öltransformatoren 217 — c. Künstliche Kühlung 219.	
2. Die Wärmeabgabe an das Kühlmittel	222
a. Abgabe an die umgebende Luft 222 — b. Der Wellblech- und Röhrenkessel 224 — c. Die künstliche Kühlung 225.	
3. Temperaturverteilung im Innern des Transformator	227
a. Überblick 227 — b. Temperaturverteilung im Eisen 228 — c. Temperaturverteilung in der Wicklung 231 — d. Die Wärmeabgabezahl für Öl 236.	
K. Beanspruchung und Wahl der Isolierung.	237
1. Die wichtigsten Eigenschaften der Isolierstoffe	237
a. Dielektrizitätskonstanten 237 — b. Durchschlagfestigkeit der Luft 238 — c. Durchschlagfestigkeit von Transformatoröl 239 — d. Durchschlagfestigkeit einiger fester Stoffe 239.	
2. Die elektrische Beanspruchung	241
a. Die Durchschlagspannung 241 — b. Die grundsätzlichen Elektrodenformen 241 — c. Einfluß der Randwirkung 242.	
3. Zusammengesetzte Isolierstoffe.	243
a. Der Raum zwischen den Wicklungen 243 — b. Bemessung der Isolierung 244 — c. Praktische Bemessung der Isolierwege 246.	
L. Entwurf	250
1. Hauptabmessungen	250
a. Querschnitt des Eisenkerns 250 — b. Die Längenabmessungen 252.	
2. Verhältnis der Stromdichten in Ober- und Unterspannungswicklung.	254
a. Scheibenwicklung 254 — b. Zylinderwicklung 256 — c. Zusammenfassung und Folgerungen 258 — d. Die Leiterquerschnitte von Ober- und Unterspannungswicklung 261.	

	Seite
3. Verteilung der Verluste auf Eisen und Wicklung	262
a. Leistung, magnetischer Kreis und Wicklung gegeben 263 — b. Gewicht des Wicklungsmetalls ein Minimum 265 — c. Größter Wirkungsgrad 266 — d. Praktische Folgerungen 267.	
4. Der wirtschaftliche Entwurf	269
a. Der wirtschaftlich günstigste Entwurf 269 — b. Der billigste Transformator 270 — c. Die elektromagnetischen Beanspruchungen 273.	
5. Beziehungen zwischen gewissen Größen des Transformators 274	274
a. Einfluß der linearen Vergrößerung des Transformators 275 —	
b. Einfluß gewisser Abänderungen 277.	
6. Gang der Berechnung	280
a. Berechnungsbeispiel 280 — b. Der billigste Transformator 287.	
Literaturverzeichnis	290
Abkürzungen von Namen und Zeitschriften	298
Bedeutung der verwendeten Formelzeichen	299
Namen- und Sachverzeichnis	310

Verzeichnis der Zahlentafeln.

1. Einzelwellen der Kurve des Magnetisierungsstromes bei verschiedenen Kerninduktionen. Hysterese vernachlässigt; Jochinduktion gleich Kerninduktion	6
2. Einzelwellen der Kurve des Magnetisierungsstromes bei einer Kerninduktion von 14000 Gauß mit Berücksichtigung der Hysterese. Jochinduktion gleich Kerninduktion	7
3. Relative Nenn-Kurzschlußspannung, ihre Wirkkomponente und Phasenwinkel zwischen beiden für die Einheitstransformatoren nach DIN VDE 2600	114
4. Verhältnis der zusätzlichen Belastungsströme bei n parallel arbeitenden Transformatoren zu denen bei zwei parallel arbeitenden Transformatoren im denkbar ungünstigsten Falle	124
Tafel I aus R. E. T. 1930, Schaltungen und Schaltgruppen der Transformatoren	125
5. Die Dauerkurzschlußströme bei Sparschaltung	137
6. Durchschnittliche Temperaturdifferenzen beim Öltransformator	228
7. Wärmeübergangszahlen für Öl	237
8. Durchschnittswerte der Dielektrizitätskonstanten	238
9. Mindestwerte der Durchschlagfestigkeit von Tafelpreßspan nach VDE 464	240
10. Mindestwerte der Durchschlagfestigkeit von Hartpapier nach VDE 509 und 510	240
11. Durchschnittswerte der Durchschlagfestigkeit von Pertinaxplatten der Firma Meirowsky & Co.	240
12. Auftretende elektrische Feldstärken bei verhältnismäßig kleinen Dicken des festen Isolierzylinders zwischen Unter- und Oberspannungswicklung	248
13. Auftretende elektrische Feldstärken, wenn die Dicke des festen Isolierzylinders zwischen Unter- und Oberspannungswicklung so bemessen ist, daß bei leitender Überbrückung der Ölschicht die Feldstärke im festen Isolierzylinder etwa 100 kV/cm beträgt.	248
14. Preise der verschiedenen Eisenbleche Ende 1931	271