

Wichtige Hinweise zum Buch	13
Formelzeichen	15
1 Einleitung	19
1.1 Grundsätzliches zur Übertragung und rationellen Anwendung elektrischer Energie	19
1.2 Erläuterung der Begriffe »Blindleistung« und »Leistungsfaktor« ($\cos \varphi$)	19
2 Blindleistungsverbraucher und deren Blindleistungsbedarf	33
2.1 Allgemeines	33
2.2 Reihenblindleistungsverbraucher	33
2.3 Gemischte Reihen- und Parallelblindleistung	33
2.4 Blindleistungsbedarf induktiver Verbrauchseinrichtungen	36
3 Auswirkung der induktiven Blindleistung auf die Elektrizitätserzeugung, -übertragung und -verteilung	43
3.1 Strombelastung der Generatoren, der Stromübertragungs- und Verteilungseinrichtungen	43
3.2 Verlustleistung	44
3.2.1 Leitungsverluste	45
3.2.2 Transformatorverluste	46
3.3 Generatoren	48
3.4 Spannungsfall	49
3.4.1 Allgemeines	49
3.4.2 Spannungsfall und maximal übertragbare Leistung von Leitungen	50
3.4.2.1 Ermittlung des mittleren Leistungsfaktors	52
3.4.3 Spannungsfall am Transformator	53
3.5 Verfügbare Scheinleistung am Transformator	56
4 Elektrizitätswirtschaftliche Betrachtungen	61
4.1 Allgemeines	61
4.2 Strompreisentwicklung	63
5 Berücksichtigung der Blindleistung im Stromlieferungsvertrag	69
5.1 Allgemeines	69
5.2 Tarif- und Sondervertragskunden der EVU; Bestandteile der Strompreise	69

5.3	Blindstromfragen in den »Allgemeinen Versorgungsbedingungen« (AVBEltV)	71
5.4	Berücksichtigung des Blindstromverbrauchs in den Sonderverträgen der EVU	72
5.4.1	Allgemeines	72
5.4.2	Blindstromverbrauchs-Preisregelung bzw. -Klausel	72
5.4.3	Scheinleistungspreisregelung	75
5.4.4	Berechnung bei Minderverbrauch von Blindstrom	76
5.5	Bedeutung des Blindstroms für die Ermittlung der Anschlußkosten des EVU	76
5.5.1	Allgemeines	76
5.5.2	Baukostenzuschuß gemäß den »Allgemeinen Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden« (AVBEltV)	78
5.5.3	Baukostenzuschuß gemäß Sondervertrag	79
6	Messung des Leistungsfaktors sowie Verfahren zur Ermittlung der Blindleistung	81
7	Verbesserung des Leistungsfaktors	91
7.1	Grundlagen der Blindstromkompensation	91
7.2	Begrenzung der Blindleistung ohne Phasenverschiebung	92
7.3	Kompensierung der Blindleistung durch rotierende Phasenschieber	94
7.4	Kompensation der Blindleistung durch Kondensatoren	95
8	Ausführung, Schaltung und Leistung von Niederspannungskondensatoren	101
8.1	Allgemeines	101
8.1.1	Papier-Kondensatoren	105
8.1.2	Metallpapier-Kondensatoren	105
8.1.3	Metallisierte Kunststoffilm-Kondensatoren	107
8.2	Schaltung und Leistung von Kondensatoren	108
9	Bestimmung der erforderlichen Kondensatorleistung	115
9.1	Allgemeines	115
9.2	Berechnungsgrundlagen	115
9.3	Kompensation bei neu zu projektierenden Betriebsanlagen	119
10	Arten der Blindstromkompensation mit Ausführungshinweisen	125
10.1	Allgemeines	125
10.2	Einzelkompensation	125
10.2.1	Einzelkompensation von Asynchronmotoren	126
10.2.1.1	Grundlagen	126
10.2.1.2	Ausführungshinweise zur Einzelkompensation bei Motoren	129

10.2.2	Einzelkompensation von Transformatoren	136
10.2.3	Einzelkompensation von Schweißtransformatoren und Schweißgleichrichtern	139
10.2.4	Einzelkompensation von Entladungslampen	141
10.3	Gruppenkompensation	148
10.4	Zentralkompensation	153
10.5	Gemischte Kompensation	155
10.6	Vor- und Nachteile der Kompensationsarten	155
11	Kompensation bei bestehenden Betriebsanlagen	157
12	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kosten-Nutzen-Relation)	163
13	Regelung der Blindleistung	173
13.1	Allgemeines	173
13.2	Regelung der Blindleistung mit Blindleistungs-Relais	174
13.3	Regelung der Blindleistung mit Blindleistungs-Reglern	175
13.3.1	Allgemeines	175
13.3.2	Stufenzahl und Stufenleistung	177
13.3.3	Ansprechwert (C/k -Verhältnis)	183
13.3.4	Umkehrpunkt (Stillstands- $\cos \varphi$)	192
13.3.5	Kompensationsverlauf bei Reglern mit Verschiebung des Arbeitsbereichs (Unempfindlichkeitsbereichs)	192
13.3.6	Abschalten bei Spannungsausfall	196
13.4	Anschluß des Blindleistungs-Reglers	196
13.5	Blindleistungs-Regelung bei »gemischter Messung«	198
13.6	Blindleistungs-Regelung im Parallelbetrieb mit zwei Reglern ...	200
13.7	Bauformen der automatischen Kompensationsanlage	202
14	Entladevorrichtungen	211
15	Schutz der Kondensatoren und Kondensatoranlagen	223
15.1	Überstrom- und Kurzschlußschutz	223
15.2	Überspannungsschutz	223
15.3	Nullspannungsauslösung	224
15.4	Schutz gegen Übertemperatur	224
15.5	Schutz gegen innere Fehler (Wickeldurchschlag)	225
15.5.1	Schutz gegen Überspannungs-Durchschlag	225
15.5.2	Wärmeschutz (»Aufbauchungsschutz«)	226
16	Schalten von Kondensatoren	231
16.1	Allgemeines	231
16.2	Auswahl von Schaltgeräten	233

17	Normen, Bestimmungen, Regeln und Anschlußbedingungen bei der Installation von Kompensations-Kondensatoren ...	241
17.1	Allgemeines	241
17.2	Rechtliche Grundlagen und Errichtungsbestimmungen	241
17.2.1	VDE-Bestimmungen, Normen	242
17.2.2	Allgemeine Versorgungsbedingungen (AVBEltV) – Technische Anschlußbedingungen (TAB)	244
17.2.3	Technische Bedingungen im Sondervertrag des EVU	246
17.2.4	Einschlägige Regeln	248
18	Installation, Instandhaltung und Störungsquellen	251
18.1	Aufstellung und Anordnung von Kondensatoren	251
18.2	Anschluß und Betrieb von Kompensationsanlagen	254
18.2.1	Allgemeines	254
18.2.2	Stromwandlerauswahl und -einbau bei regelbaren Kompensationsanlagen	254
18.2.3	Anschluß und Absicherung	265
18.2.4	Reglereinstellung, Inbetriebnahme und Funktionsprüfung	274
18.3	Instandhaltung	276
18.4	Mögliche Störungsquellen und Störungsbehebung	284
19	Umwelt- und Brandschutz bei PCB-befüllten Kondensatoren	289
19.1	Allgemeines	289
19.2	Erläuterung der Begriffe PCB und Askarele	291
19.3	PCB-Verbotsverordnung	294
19.4	Verbleib der PCB-befüllten Leistungskondensatoren am Aufstellungsort	294
19.5	Vorbeugender Brandschutz	295
19.6	Maßnahmen bei PCB-Austritt von Kondensatoren	316
19.7	Maßnahmen im Brandfall	317
19.8	Entsorgung PCB-befüllter Kondensatoren	317
19.8.1	Allgemeines	317
19.8.2	Entsorgungsverpflichtung des Abfallbesitzers	324
19.8.3	Beförderung von PCB-befüllten Kondensatoren	327
19.9	Einige wichtige Gesetze, Verordnungen und Merkblätter	336
20	Blindstrom-Kompensation bei Eigenerzeugungsanlagen ...	341
20.1	Allgemeines	341
20.2	Blindleistungs-Regelung bei Eigenerzeugungsanlagen	343
21	Technische Besonderheiten beim Einsatz von Kompensationsanlagen	349
21.1	Allgemeines	349

21.2	Resonanzerscheinungen durch Kondensatoren	350
21.2.1	Schwingkreis	350
21.2.2	Resonanz	352
21.3	Resonanzerscheinungen durch Oberschwingungen	356
21.4	Maßnahmen zur Vermeidung der Resonanz mit Oberschwingungen	369
21.4.1	Allgemeines	369
21.4.2	Einbau von verdrosselten Kondensatoren	372
21.4.3	Einbau von Saugkreisen	376
21.5	Sperrung von Kondensatoren	403
21.5.1	Allgemeines	403
21.5.2	Einfluß von Kondensatoren	404
21.5.3	Bedingungen der EVU	406
21.5.4	Sperrschaltungen	407
21.5.5	Begriffe	417
21.6	Probleme bei der Tonfrequenz-Sperrung in ober-schwingungs- belasteten Netzen	418
21.7	Dynamische Blindleistungskompensation – Sonderausführung von Kondensatoranlagen	427
22	Literatur	431
22.1	Zitiertes Schrifttum	431
22.2	Übergeordnetes Schrifttum	434
23	Abkürzungen	443
23.1	Allgemeine Abkürzungen	443
23.2	Technische Abkürzungen	445
24	Stichwortverzeichnis	447