

Inhalt

Wichtige Hinweise zum Buch	15
Formelzeichen	19
1 Einleitung	25
1.1 Grundsätzliches zur Übertragung und rationellen Anwendung elektrischer Energie	25
1.2 Erläuterung der Begriffe »Blindleistung« und »Leistungsfaktor« ($\cos \varphi$)	25
2 Blindleistungsverbraucher und deren Blindleistungsbedarf	39
2.1 Allgemeines	39
2.2 Reihenblindleistungsverbraucher	39
2.3 Gemischte Reihen- und Parallelblindleistung	39
2.4 Blindleistungsbedarf induktiver Verbrauchseinrichtungen	42
3 Auswirkung der induktiven Blindleistung auf die Elektrizitätserzeugung, -übertragung und -verteilung	49
3.1 Strombelastung der Generatoren, der Stromübertragungs- und Verteilungseinrichtungen	49
3.2 Verlustleistung	50
3.2.1 Leitungsverluste	51
3.2.2 Transformatorverluste	52
3.3 Generatoren	54
3.4 Spannungsfall	55
3.4.1 Allgemeines	55
3.4.2 Spannungsfall und maximal übertragbare Leistung von Leitungen	56
3.4.2.1 Ermittlung des mittleren Leistungsfaktors	58
3.4.3 Spannungsfall am Transformator	59
3.5 Verfügbare Scheinleistung am Transformator	62
4 Elektrizitätswirtschaftliche Betrachtungen	67
4.1 Allgemeines	67
4.2 Strompreisentwicklung	69

5	Berücksichtigung der Blindleistung im Stromlieferungsvertrag	77
5.1	Allgemeines	77
5.2	Tarif- und Sondervertragskunden der EVU; Bestandteile der Strompreise	77
5.3	Blindstromfragen in den »Allgemeinen Versorgungsbedingungen« (AVBEltV) und in der Bundestarifordnung (BTOElt)	79
5.4	Berücksichtigung des Blindstromverbrauchs in den Sonderverträgen der EVU	80
5.4.1	Allgemeines	80
5.4.2	Blindstromverbrauchs-Preisregelung bzw. -Klausel	80
5.4.3	Scheinleistungspreisregelung	83
5.4.4	Berechnung bei Minderverbrauch von Blindstrom	84
5.5	Bedeutung des Blindstroms für die Ermittlung der Anschlußkosten des EVU	84
5.5.1	Allgemeines	84
5.5.2	Baukostenzuschuß gemäß den »Allgemeinen Bedingungen für die Elektrizitätsversorgung von Tarifkunden« (AVBEltV)	86
5.5.3	Baukostenzuschuß gemäß Sondervertrag	87
6	Messung des Leistungsfaktors sowie Verfahren zur Ermittlung der Blindleistung	91
7	Verbesserung des Leistungsfaktors	99
7.1	Grundlagen der Blindstromkompensation	99
7.2	Begrenzung der Blindleistung ohne Phasenverschiebung	100
7.3	Kompensierung der Blindleistung durch rotierende Phasenschieber	102
7.4	Kompensation der Blindleistung durch Kondensatoren	103
8	Ausführung, Schaltung und Leistung von Niederspannungskondensatoren	107
8.1	Allgemeines	107
8.1.1	Papier-Kondensatoren	111
8.1.2	Metallpapier-Kondensatoren	111
8.1.3	Metallisierte Kunststoffilm-Kondensatoren	113
8.2	Schaltung und Leistung von Kondensatoren	114
9	Bestimmung der erforderlichen Kondensatorleistung	119
9.1	Allgemeines	119
9.2	Berechnungsgrundlagen	119
9.3	Kompensation bei neu zu projektierenden Betriebsanlagen	123
10	Arten der Blindstromkompensation mit Ausführungshinweisen	131
10.1	Allgemeines	131

10.2	Einzelkompensation	131
10.2.1	Einzelkompensation von Asynchronmotoren	132
10.2.1.1	Grundlagen	132
10.2.1.2	Ausführungshinweise zur Einzelkompensation bei Motoren ...	135
10.2.2	Einzelkompensation von Transformatoren	142
10.2.3	Einzelkompensation von Schweißtransformatoren und Schweißgleichrichtern	145
10.2.4	Einzelkompensation von Entladungslampen	147
10.3	Gruppenkompensation	154
10.4	Zentralkompensation	159
10.5	Gemischte Kompensation	161
10.6	Vor- und Nachteile der Kompensationsarten	161
11	Kompensation bei bestehenden Betriebsanlagen	165
12	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen (Kosten-Nutzen-Relation)	173
13	Regelung der Blindleistung	181
13.1	Allgemeines	181
13.2	Regelung der Blindleistung mit Blindleistungs-Relais	182
13.3	Regelung der Blindleistung mit Blindleistungs-Reglern	183
13.3.1	Allgemeines	183
13.3.2	Stufenzahl und Stufenleistung	185
13.3.3	Ansprechwert (C/k -Verhältnis)	191
13.3.4	Umkehrpunkt (Stillstands- $\cos \varphi$)	199
13.3.5	Kompensationsverlauf bei Reglern mit Verschiebung des Arbeitsbereichs (Unempfindlichkeitsbereichs)	199
13.3.6	Abschalten bei Spannungsausfall	203
13.4	Anschluß des Blindleistungs-Reglers	203
13.5	Bauformen der automatischen Kompensationsanlage	206
14	Entladevorrichtungen	213
15	Schutz der Kondensatoren und Kondensatoranlagen	225
15.1	Überstrom- und Kurzschlußschutz	225
15.2	Überspannungsschutz	225
15.3	Nullspannungsauslösung	226
15.4	Schutz gegen Übertemperatur	226
15.5	Schutz gegen innere Fehler (Wickeldurchschlag)	227
15.5.1	Schutz gegen Überspannungs-Durchschlag	227
15.5.2	Wärmeschutz (»Aufbauchungsschutz«)	228
16	Schalten von Kondensatoren	235
16.1	Allgemeines	235
16.2	Auswahl von Schaltgeräten	237

17	Normen, Bestimmungen, Regeln und Anschlußbedingungen bei der Installation von Kompensations-Kondensatoren	245
17.1	Allgemeines	245
17.2	Rechtliche Grundlagen und Errichtungsbestimmungen	245
17.2.1	VDE-Bestimmungen, Normen	246
17.2.2	Allgemeine Versorgungsbedingungen (AVBEltV) – Technische Anschlußbedingungen (TAB)	248
17.2.3	Technische Bedingungen im Sondervertrag des EVU	250
17.2.4	Einschlägige Regeln	252
18	Installation, Wartung und Störungsquellen	257
18.1	Aufstellung und Anordnung von Kondensatoren	257
18.2	Anschluß und Betrieb von Kompensationsanlagen	260
18.2.1	Allgemeines	260
18.2.2	Stromwandlerauswahl und -einbau bei regelbaren Kompensationsanlagen	260
18.2.3	Anschluß und Absicherung	269
18.2.4	Reglereinstellung, Inbetriebnahme und Funktionsprüfung	277
18.3	Wartung	279
18.4	Mögliche Störungsquellen und Störungsbehebung	280
19	Umwelt- und Brandschutz bei PCB-befüllten Kondensatoren	285
19.1	Allgemeines	285
19.2	Erläuterung der Begriffe PCB und Askarele	286
19.3	Verbleib der PCB-befüllten Leistungskondensatoren am Aufstellungsort	288
19.4	Vorbeugender Brandschutz	289
19.5	Maßnahmen bei PCB-Austritt von Kondensatoren	305
19.6	Maßnahmen im Brandfall	306
19.7	Entsorgung PCB-befüllter Kondensatoren	306
19.8	Einige wichtige Gesetze, Verordnungen, Merkblätter und Ausblick	312
20	Blindstrom-Kompensation bei Eigenerzeugungsanlagen ..	317
20.1	Allgemeines	317
20.2	Blindleistungs-Regelung bei Eigenerzeugungsanlagen	317
21	Technische Besonderheiten beim Einsatz von Kompensationsanlagen	323
21.1	Allgemeines	323
21.2	Resonanzerscheinungen durch Kondensatoren	324
21.2.1	Schwingkreis	324
21.2.2	Resonanz	326
21.3	Resonanzerscheinungen durch Oberschwingungen	330

21.4	Maßnahmen zur Vermeidung der Resonanz mit Oberschwingungen	341
21.4.1	Allgemeines	341
21.4.2	Einbau von verdrosselten Kondensatoren	344
21.4.3	Einbau von Saugkreisen	347
21.5	Sperrung von Kondensatoren	362
21.5.1	Allgemeines	362
21.5.2	Einfluß von Kondensatoren	363
21.5.3	Bedingungen der EVU	364
21.5.4	Sperrschaltungen	366
21.5.5	Begriffe	375
21.6	Dynamische Blindleistungskompensation – Sonderausführung von Kondensatoranlagen	376
22	Literatur	381
22.1	Zitiertes Schrifttum	381
22.2	Übergeordnetes Schrifttum	384
23	Abkürzungen	391
23.1	Allgemeine Abkürzungen	391
23.2	Technische Abkürzungen	393
24	Stichwortverzeichnis	395