Inhalt

1 Grundlagen ____ 19
1.1 Allgemeines ____ 19
1.2 Herleitung der Leistungsbegriffe ____ 22
1.3 Leistungen bei oberschwingungshaltigen Größen ____ 25
1.4 Blindleistung, Verluste und Spannungsfall ____ 28
1.5 Reihen- und Parallelresonanzen ____ 34
1.6 Resonanzen in MS- und NS-Netzen ____ 42
1.7 Literatur ____ 44

2 Komponenten von Kompensationsanlagen ____ 45
2.1 Allgemeines ____ 45
2.2 Kondensatoren ____ 45
2.3 Entladeeinrichtungen ____ 52
2.4 Drosseln ____ 55
2.5 Schalten von Kondensatoren ____ 58
2.5.1 Allgemeines ____ 58
2.5.2 Kondensatorschütze ____ 60
2.5.3 Schalten von kompensierten Entladungslampen ____ 61
2.5.4 Thyristorgeschaltete Kompensation ____ 62
2.6 Mittelspannungskompensation ____ 64
2.7 Literatur ____ 67

3 Anlagentechnik ____ 69
3.1 Planung von Kompensationsanlagen ____ 69
3.1.1 Allgemeines ____ 69
3.1.2 Arten der Kompensation ____ 74
3.1.2.1 Allgemeines ____ 74

3.1.2.2 Einzelkompensation 74
3.1.2.3 Gruppenkompensation 79
3.1.2.4 Zentralkompensation 80
3.1.2.5 Gemischte Kompensation 81
3.1.2.6 Dynamische Kompensation 82
3.1.2.7 Motoranlaufkompensation 84
3.1.3 Ermittlung der benötigten Kompensationsleistung 85
3.1.4 Aufstellung und Anschluss 88
3.1.5 Auswahl und Anordnung von Stromwandlern 91
3.1.5.1 Auswahl der Stromwandler 91
3.1.5.2 Standardanordnung des Stromwandlers 92
3.1.5.3 Gemischte Messung zur Kompensation der Trafo-Blindleistung 94
3.1.5.4 Kaskadenschaltung für den gleichzeitigen Betrieb von Regelanlagen in Haupt- und Unterverteilungen 95
3.1.5.5 Stromwandleranordnung bei parallelen Einspeisungen 95
3.1.5.6 Parallelbetrieb von Anlagen 96
3.2 Betrieb von Kompensationsanlagen 99
3.2.1 Regelung 99
3.2.2 Installation und Inbetriebnahme 101
3.2.3 Betrieb und Wartung 106
3.2.4 Langzeitstabilität und Alterung 110
3.2.4.1 Einfluss der Umgebungstemperatur 110
3.2.4.2 Einfluss der Betriebsspannung 112
3.2.4.3 Einfluss des Verdrosselungsgrades 113
3.2.4.4 Einfluss der Schalthäufigkeit 117

3.3 Kosten von Kondensatoranlagen ____ 117
3.3.1 Auslegung und Kosten einer Kondensatoranlage ____ 117
3.3.2 Einsparung durch Reduktion von Blindarbeitskosten ____ 120
3.3.3 Einsparung durch Reduktion von Wirkarbeitskosten ____ 121
3.3.4 Einsparung durch Reduktion der Leistungsspitze ____ 121
3.3.5 Einsparung durch verringerte Investitionskosten ____ 122
3.3.6 Einsparung durch Verringerung der Anschlusskosten ____ 123
3.3.7 Beispiele aus der betrieblichen Praxis ____ 124
3.3.7.1 Die klassische Kompensation ____ 124
3.3.7.2 Anlage in einem Chemieunternehmen ____ 125
3.3.7.3 Eine Krananlage ____ 125
3.4 Umwelt- und Klimaschutz ____ 127
3.4.1 Hinweise für Kondensatoren mit PCB-haltiger Füllung ____ 127
3.4.2 Klimaschutz durch Steigerung der Energieeffizienz ____ 128
3.4.3 Steigerungen der Energie-Effizienz durch Blindleistungskompensation ____ 130
3.5 Literatur ____ 135

4 Bewertung der Versorgungsqualität ____ 137
4.1 Grundsätzliches ____ 137
4.2 Messberichte lesen und interpretieren ____ 141
4.2.1 Einführung ____ 141

4.3 Messwerte 143
4.3.1 Frequenzmessung 143
4.3.2 Messung der Spannungshöhe 145
4.3.3 Messung der Spannungsform 152
4.4 Literatur 157

5 Passive und aktive Filteranlagen 158
5.1 Grundsätzliches 158
5.2 Oberschwingungserzeuger 161
5.3 Filterwirkung verdrosselter Kompensationsanlagen (verstimmte Filter) 163
5.4 Passive Filterkreise 167
5.5 Aktive Filter 175
5.6 Vergleich von passiven und aktiven Filtern 185
5.7 Besonderheiten der 3. Oberschwingung und Filterkonzepte 187
5.8 Blindleistungsbereitstellung mit Leistungselektronik 193
5.8.1 Blindleistung im Verbundnetz 193
5.8.2 Grundlegendes zur Energieübertragung über Leitungen 195
5.8.3 FACTS 201
5.8.3.1 Grundlegendes 201
5.8.3.2 Parallelkompensation 202
5.8.3.3 Reihenkompensation 205
5.8.3.4 Phasendrehendes Betriebsmittel (Schrägregler) 208
5.8.4 Winkel- und Spannungsstabilität 211
5.8.5 Flexible AC Transmission Systems 214
5.8.6 DGFACTS – Spannungsregelung und Blindleistungsbereitstellung im Verteilnetz 219
5.9 Literatur 222

6 Begriffe und Berechnungsgleichungen zur Blindleistungskompensation _____ 224

Quellen und Literaturhinweise _____ 230

Normen _____ 230

Verzeichnis der im Buch erwähnten Gesetze, Verordnungen und Technischen Richtlinien _____ 231

Stichwortverzeichnis _____ 233