

Handbuch Schutztechnik

Grundlagen · Schutzsysteme · Inbetriebsetzung

Obering. Wolfgang Doemeland

5., stark bearbeitete Auflage



Verlag Technik Berlin vde-verlag gmbh Berlin · Offenbach

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung in die Schutztechnik	15
1.1	Aufgabe	15
1.2	Begriffe	16
1.3	Einführende Betrachtungen	18
1.3.1	Bestimmungen zu Schutzsystemen	18
1.3.2	Wartungsaufgaben	18
1.4	Zuverlässigkeit	19
1.4.1	Versorgungszuverlässigkeit	19
1.4.2	Schutzzuverlässigkeit	20
1.5	Schutzfunktionen	21
1.5.1	Hauptschutz	21
1.5.2	Reserveschutz	21
1.5.3	Schalterversagerschutz	23
2	Grundlagen	24
2.1	Der Wechselstromkreis	24
2.2	Das Zeigerdiagramm	28
2.3	Das Drehstromsystem	31
2.4	Kurzschlußgrößen	34
2.4.1	Berechnungshinweise	34
2.4.2	Mechanische Beanspruchung	35
2.4.3	Thermische Beanspruchung	36
2.4.4	Maßnahmen zur Begrenzung	38
2.5	Schwingungsvorgänge in elektrischen Netzen	38
2.5.1	Oberschwingungen	39
2.5.2	Resonanzerscheinungen	41
2.5.3	Schaltvorgänge	43
2.5.4	Nichtlineare Schwingungen	44
2.6	Ansprechverhalten des Schutzes	45
2.6.1	Ansprechsicherheit	45
2.6.2	Ansprechselektivität	46
2.7	Elektromagnetische Verträglichkeit	47

3	Meßwerterfassung	49
3.1	Spannungswandler	49
3.1.1	Meßtechnische Kennwerte	51
3.1.2	Betriebsverhalten	52
3.1.3	Schaltungen	53
3.1.4	Erdung	57
3.1.5	Sonderausführungen	58
3.1.6	Prüfen der Wandler und Wandlerstromkreise	58
3.2	Stromwandler	60
3.2.1	Meßtechnische Kennwerte	61
3.2.2	Betriebsverhalten und Auswahl	66
3.2.3	Schaltungen	72
3.2.4	Erdung	74
3.2.5	Sonderausführungen	75
3.2.6	Prüfen der Wandler und Wandlerstromkreise	80
3.3	Anordnung der Strom- und Spannungswandler	82
3.4	Fehlerkriterien im Netz und ihre Erfassung	84
3.4.1	Netzgestaltung	84
3.4.2	Sternpunktbehandlung	86
3.4.3	Fehlerarten in Netzen	89
3.4.4	Ermittlung der Fehlerart	94
3.4.5	Ermittlung des Fehlerortes	96
3.4.6	Schutzrelaisplan	101
3.4.7	Staffelplan	104
3.4.8	Besonderheiten der Selektivität	106
4	Relais für Schutzaufgaben	110
4.1	Entwicklung der Schutzrelais	111
4.1.1	Analog-mechanische Relais	111
4.1.2	Analog-elektronische Relais	114
4.1.3	Digital-elektronische Relais	114
4.1.4	Vergleich der Generationen	117
4.2	Spannungsrelais	117
4.2.1	Unterspannungsrelais	118
4.2.2	Überspannungsrelais	118
4.2.3	Spannungsrelais zur Erdschlußfassung	119
4.3	Unabhängige Überstromrelais und -auslöser	120
4.3.1	Überstromrelais	121
4.3.2	Überstromzeitrelais	122
4.3.3	Überstromrichtungsrelais	123
4.3.4	Hochstromrelais	124
4.3.5	Primärauslöser und -relais	127

4.4	Abhängige Überstromrelais und -auslöser	128
4.4.1	Sekundärrelais	129
4.4.2	Schutz in Niederspannungsschaltgeräten	132
4.4.3	IDMT-Überstromrelais	135
4.4.4	Sicherungen in Anlagen bis 1000 V	138
4.4.5	Sicherungen in Anlagen über 1 kV	142
4.5	Vergleichsschutz	144
4.5.1	Stromdifferentialschutz	145
4.5.2	Spannungsdifferentialschutz	152
4.5.3	Phasenvergleichsschutz	152
4.5.4	Signalvergleichsschutz	153
4.6	Distanzschutz	155
4.6.1	Anrearten	157
4.6.2	Distanzmessung	159
4.6.3	Automatische Wiedereinschaltung	162
4.7	Buchholzschutz	164
5	Steuer- und Meldestromkreise	168
5.1	Stromlaufpläne	169
5.2	Gleichstromversorgung	172
5.3	Wechselstromversorgung	174
5.3.1	Wandlerstromauslösung	174
5.3.2	Kondensatorauslösung	176
5.4	Auslösestromkreise	177
5.5	Meldestromkreise	180
5.6	Nachweis des Isoliervermögens	181
5.6.1	Nachweis durch Prüfungen	182
5.6.2	Nachweis durch Messungen	182
5.7	Inbetriebsetzung	183
6	Motorschutzsysteme	184
6.1	Betriebsverhalten von Motoren	184
6.2	Auswahl und Einstellung der Schutzsysteme	186
6.2.1	Allgemeine Auswahl	186
6.2.2	Einstellung Überstromschutz	189
6.2.3	Überstromschutz in besonderen Betriebsstätten	191
6.2.4	Anlaufüberwachung	193
6.2.5	Spannungsüberwachung	194
6.2.6	Thermischer Wicklungsschutz	195
6.2.7	Weitere Schutzsysteme	197
6.3	Inbetriebsetzung	197

7	Transformatorschutzsysteme	199
7.1	Ausführung und Schaltung von Transformatoren	199
7.2	Betriebsverhalten der Transformatoren	201
7.3	Auswahl der Schutzsysteme und ihre Einstellung	205
7.3.1	Überstromschutz	205
7.3.2	Differentialschutz	208
7.3.3	Distanzschutz	211
7.3.4	Schutz durch Sicherungen	213
7.3.5	Temperaturüberwachung	215
7.3.6	Buchholzschutz	216
7.4	Inbetriebsetzung	216
7.5	Drosselpulen	217
7.5.1	Kurzschluß-Drosselpulen	217
7.5.2	Drosselpulen zur Sternpunktbehandlung	217
7.5.3	Kompensations-Drosselpulen	218
8	Leitungsschutzsysteme	220
8.1	Einfluß des Netzes auf die Auswahl	220
8.2	Auswahl der Schutzsysteme und ihre Einstellung	221
8.2.1	Überstromschutz	222
8.2.2	Überstromrichtungsschutz	225
8.2.3	Distanzschutz	226
8.3	Widerstände der Betriebsmittel	229
8.4	Aufstellen und Besonderheiten des Staffelplanes	238
8.5	Einsatzgrenzen des Distanzschutzes	245
8.6	Distanzschutz in vereinfachten Umspannwerken	245
8.7	Selektive Erdschlußfassung	249
8.7.1	Wattmetrische Erfassung	249
8.7.2	Erfassung der Erdschluß-Wischer	253
8.7.3	Fehlerortung durch Einleitung Doppelerdschluß	254
8.8	Schutz für Höchstspannungsleitungen	255
8.9	Inbetriebsetzung	256
9	Generatorschutzsysteme	259
9.1	Betriebsverhalten des Synchrongenerators	262
9.2	Ergänzungen zu den Steuer- und Meldestromkreisen	263

9.3	Entregung des Generators	264
9.3.1	Feldschwächung	265
9.3.2	Schwingungsentregung	266
9.3.3	Gegenerregung	267
9.4	Schutz gegen Überlastung und Kurzschluß	269
9.4.1	Überlastmeldung	269
9.4.2	Überstromzeitschutz	269
9.4.3	Überstromrichtungsschutz	270
9.4.4	Distanzschutz	270
9.4.5	Differentialschutz	272
9.5	Schutz gegen abweichende Spannungen und Frequenzen	273
9.5.1	Spannungssteigerungsschutz	274
9.5.2	Spannungsrückgangsschutz	274
9.5.3	Frequenzrückgangsschutz	274
9.6	Erdschlußschutz	275
9.6.1	Ständerschutz bei Sammelschienenbetrieb	276
9.6.2	Ständerschutz bei Blockbetrieb	279
9.6.3	Läuferschutz	282
9.7	Rückleistungsschutz	285
9.8	Schutz für Großgeneratoren	286
9.8.1	Schiefastschutz	286
9.8.2	Untererregungsschutz	289
9.8.3	100%-Erdschlußschutz	290
9.8.4	Läufererdschlußschutz	292
9.8.5	Polschlupfschutz	293
9.9	Inbetriebsetzung	294
10	Schutzsysteme für weitere Betriebsmittel	296
10.1	Kupplungen	296
10.1.1	Auswahl und Einstellung	297
10.1.2	Entkuppeln von Netzen	298
10.1.3	Inbetriebsetzung	301
10.2	Sammelschienensysteme	301
10.2.1	Signalvergleich	302
10.2.2	Stromvergleich	303
10.2.3	Hochimpedanzschutz	306
10.3	Erdschlußdrosseln	307
10.4	Leistungskondensatoren	308
10.4.1	Betriebsverhalten	308
10.4.2	Schutzsysteme	310
10.4.3	Inbetriebsetzung	312

10.5	Energieversorgungsnetze	312
10.5.1	Turbinenverhalten bei Überlastung	313
10.5.2	Frequenzüberwachung	314
10.5.3	Netzentlastung	315
10.5.4	Netzersatzanlagen	316
10.6	Leistungselektronische Einrichtungen	318
10.7	Sonderschutz von Schaltanlagen	319
10.7.1	Anlagen mit Metallkapselung	319
10.7.2	Anlagen mit Feststoffisolierung	321
10.7.3	Anlagen mit Gasisolierung	322
10.8	Netze mit niederohmiger Sternpunktterdung	323
10.8.1	Spezielle Voraussetzungen	324
10.8.2	Auswahl und Einstellung des Schutzes	326
10.8.3	Objektschutz	329
10.8.4	Inbetriebsetzung	331
10.9	Kurzzeitig niederohmige Sternpunktterdung	332
11	Arbeitssicherheit, Unfallverhütung, Brandschutz	333
11.1	Elektrische Betriebsstätten	334
11.1.1	Errichten	334
11.1.2	Betreiben	335
11.2	Geeignete Personen	337
11.3	Sicherheit der Arbeitsmittel	337
11.4	Arbeiten unter Spannung	340
11.5	Schalt- und Schutzwarten	341
11.5.1	Unfallverhütung	341
11.5.2	Erste Hilfe	341
11.5.3	Brandschutz	342
12	Messen und Prüfen	343
12.1	Meßmitteleinsatz	343
12.1.1	Meßgeräte und ihre Eigenschaften	345
12.1.2	Messen als Tätigkeit	348
12.1.3	Allgemeine Meßverfahren	350
12.1.4	Nachweis der Meßqualität	355
12.1.5	Relais-interne Messungen	356
12.2	Prüfungen	356
12.2.1	Prüfverfahren	357
12.2.2	Relaisprüfeinrichtungen	360
12.2.3	Prüftechnologien	362
12.2.4	Prüffristen	362
12.2.5	Besonderheiten der digitalen Schutztechnik	362

13	Nachweis der Prüfungen	366
13.1	Notwendigkeit	366
13.2	Protokollführung	366
13.3	Verwendung von Dateien	369
14	Statistik in der Schutztechnik	372
14.1	Fehler im Schutzsystem	372
14.1.1	Schutz-Dateien	373
14.1.2	Ausfalltendenzen	373
14.1.3	Fehlerstatistik	374
14.2	Fehler im Primärsystem	375
14.2.1	Relaisansprechemeldung	375
14.2.2	Ereigniszählung	376
14.2.3	Transienten-Erfassung	377
15	Tendenzen zur Schutztechnik	379
16	Anhang	380
16.1	Formelzeichen und Indizes	380
16.2	Das griechische Alphabet	382
16.3	Winkelfunktionen	383
16.4	Planung der Schutztechnik	383
17	Bildbeilage	386
	Literaturverzeichnis	402
	Sachwörterverzeichnis	405
	Inserentenverzeichnis	408